E/CONF.71/3/Add.1

SECOND UNITED NATIONS REGIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE FOR THE AMERICAS

Mexico City, 3-14 September 1979

Volume II. Technical papers

SECONDE CONFÉRENCE CARTOGRAPHIQUE RÉGIONALE DES NATIONS UNIES POUR L'AMÉRIQUE

Mexico, 3-14 septembre 1979

Volume II. Communications techniques

SEGUNDA CONFERENCIA CARTOGRAFICA REGIONAL DE LAS NACIONES UNIDAS PARA AMERICAS

Ciudad de México, 3-14 de septiembre de 1979

Volumen II. Documentos técnicos

UNITED NATIONS/NATIONS UNIES/NACIONES UNIDAS

Department of Technical Co-operation for Development
Departement de la coopération technique pour le développement
Departamento de cooperación Técnica para el Desarrollo

SECOND UNITED NATIONS REGIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE FOR THE AMERICAS

Mexico City, 3-14 September 1979

Volume II. Technical papers

SECONDE CONFÉRENCE CARTOGRAPHIQUE RÉGIONALE DES NATIONS UNIES POUR L'AMÉRIQUE

Mexico, 3-14 septembre 1979

Volume II. Communications techniques

SEGUNDA CONFERENCIA CARTOGRAFICA REGIONAL DE LAS NACIONES UNIDAS PARA AMERICAS

Ciudad de México, 3-14 de septiembre de 1979

Volumen II. Documentos técnicos

UNITED NATIONS/NATIONS UNIES/NACIONES UNIDAS
New York/Nueva York, 1984

NOTE

Symbols of United Nations documents are composed of capital letters combined with figures. Mention of such a symbol indicates a reference to a United Nations document.

The designations employed and the presentation of material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

The term "country" as used in this publication also refers, as appropriate, to territories or areas.

Mention of firm names and commercial products does not imply the endorsement of the United Nations.

E/CONF.71/3/Add.1

UNITED NATIONS PUBLICATION

Sales No. E/F/S.82.I.14

04100

PREFACE

The official records of the Second United Nations Cartographic Conference for the Americas, held at Mexico City, from 3 to 14 September 1979, are issued in two volumes: volume I, *Report of the Conference*,[1] and the present publication, volume II, *Technical papers*, which contains the texts of the technical background papers submitted to the Conference by the participating Governments.

These technical papers are grouped according to the agenda item to which they relate.[2] They are reproduced in the language in which they were received (English, French or Spanish) and many are preceded by a summary in the two other languages. They have been edited in accordance with United Nations practice and requirements.

The designations employed and the presentation of the material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

The official records of the First United Nations Regional Cartographic Conference for the Americas have been published as E/CONF.67/3 (Sales Nos. E.77.I.13, F.77.I.13 and S.77.I.13) and E/CONF.67/3/Add.1 (Sales No. E/F/S.79.I.14).

[1] *Second United Nations Regional Cartographic Conference for the Americas*, vol. I, *Report of the Conference* (United Nations publication, Sales No. E.81.I.4).

[2] The agenda is reproduced in the annex.

* * *

PRÉFACE

Les documents officiels de la deuxième Conférence cartographique régionale des Nations Unies pour l'Amérique, qui s'est tenue à Mexico du 3 au 14 septembre 1979, sont publiés en deux volumes : le volume I, *Compte rendu de la Conférence*[1], et le présent volume II, *Communications techniques*, qui contient les documents techniques d'information présentés à la Conférence par les gouvernements participants.

Ces communications techniques sont groupées par points de l'ordre du jour de la Conférence[2]. Elles sont reproduites dans la langue dans laquelle elles ont été présentées (anglais, espagnol ou français) et précédée d'un résumé dans les deux autres langues. Elles ont été mises en forme suivant les usages en vigueur aux Nations Unies.

Les appellations employées dans cette publication ainsi que la présentation des données n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Les documents officiels de la première Conférence cartographique régionale des Nations Unies pour l'Amérique ont été publiés sous les cotes E/CONF.67/3 (numéros de vente : E.77.I.13, F.77.I.13 et S.77.I.13) et E/CONF.67/3/Add.1 (numéro de vente : E/F/S.79/I.4).

[1] *Deuxième Conférence cartographique régionale des Nations Unies pour l'Amérique*, vol. I : *Compte rendu de la Conférence* (publication des Nations Unies, numéro de vente : F.81.I.4).

[2] L'ordre du jour est reproduit à l'annexe.

* * *

PREFACIO

Los documentos oficiales de la Segunda Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para América, celebrada en Mexico, D.F., del 3 al 14 de septiembre de 1979, se publican en dos volúmenes: el volumen I, *Informe de la Conferencia*[1], y la presente publicación, volumen II, *Documentos técnicos*, en que figuran los textos de los documentos técnicos presentados a la Conferencia por los gobiernos participantes.

Estos documentos técnicos se han agrupado según el tema del programa a que se refieren[2]. Se reproducen en el idioma en que se recibieron (inglés, francés o español) y muchos de ellos van precedidos por un resumen en los otros idiomas. Se han preparado con arreglo a las prácticas y requisitos de las Naciones Unidas.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Los documentos oficiales de la Primera Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para América se han publicado con las signaturas E/CONF.67/3 (Nos. de venta: E.77.I.13, F.77.I.13 y S.77.I.13) y E/CONF.67/3/Add.1 (No. de venta: E/F/S.79.I.14).

[1] *Segunda Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para América*, vol. I, *Informe de la Conferencia* (publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: S.81.I.4).

[2] El programa se reproduce en el anexo.

CONTENTS

Page

Agenda item 6. COUNTRY REPORTS AND PROGRESS MADE SINCE THE FIRST CONFERENCE

Report on the cartographic activities of the United States of America, presented by the United States of America ... 1
Country report, presented by the Federal Republic of Germany ... 17
Report on cartographic activities in the Americas, presented by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland ... 20
El Servicio Geodésico Nacional, una necesidad para el desarrollo, presentado por México ... 30
Inventario de los recursos naturales como elemento de un Sistema Nacional de Información, presentado por México ... 32
Reseña de las actividades más importantes realizadas por el Instituto Geográfico Militar desde 1976 a 1978, presentado por Chile ... 34
Informe nacional, presentado por Cuba ... 45
Informe nacional, presentado por Uruguay ... 47
National report, presented by Canada ... 56
Informe nacional presentado por México ... 59
Informe del Instituto Geográfico Nacional, presentado por Guatemala ... 74
Rôle de la cartographie dans un pays en développement, présenté par la Haute-Volta ... 75
Status of surveying and mapping activities in Liberia, presented by Liberia ... 77
Geographic and Cadastral Institute, presented by Portugal ... 79

Agenda item 7. REVIEW OF THE LATEST TECHNIQUES AND RECENT DEVELOPMENTS RELATED TO:

(a) Geodesy and ground control (including satellite)

Trends in geodetic techniques in the United States of America, presented by the United States of America ... 87
National geodetic control diagrams—past, present and future, presented by the United States of America ... 96
Experience using Doppler positioning, presented by the Federal Republic of Germany 109
Application of the technique of motorized high-precision levelling, presented by the German Democratic Republic ... 121
Système de navigation pour le travail aérien, présenté par la France ... 123
Examen des techniques de pointe et des faits nouveaux : géodésie et stéréopréparation, notamment par satellite, présenté par la France ... 125
Proyecto para la formación de un banco de datos geodésico, presentado por México ... 127
Alturas geoidales, desviaciones de la vertical y anomalías de la gravedad derivadas de la solución GEM 10 del geopotencial, presentado por México ... 138
Mesures des déplacements de l'écorce terrestre : nouvelles mesures sur le reseau géodésique établi à travers une partie de la dépression d'Afar par l'IGN en 1972–1973, présenté par la France ... 144
Uso del posicionamiento Doppler por DETENAL, presentado por México ... 148
Topography, geodesy and cartography in the Union of Soviet Socialist Republics, presented by the Union of Soviet Socialist Republics ... 149
Principal requirements for geodetic networks for prognostic observations, presented by the Union of Soviet Socialist Republics ... 151
Informe nacional, presentado por Argentina ... 154
Recientes progresos en la nueva geodesia española, presentado por España ... 162
Mediciones de alta precisión en relación con los movimientos de la corteza terrestre, presentado por Argentina ... 168
The combination of inertial and Doppler systems for secondary surveys, presented by Canada ... 170

(b) Topographic mapping (including space imagery and conventional photography)

Ortho photo-mapping in Sweden, presented by Sweden ... 173
LANDSAT mapping and charting by the United States of America, presented by the United States of America ... 178

Page

Agenda item 7 (continued)

Technology of image mapping in the United States of America, presented by the United States of America ... 186
Joint topographic/bathymetric mapping in the United States of America, presented by the United States of America ... 190
Situation de la stéréo-orthophotographie, présenté par la France ... 196
Modèles de terrain et corrections géométriques des images SPOT, présenté par la France 202
Importancia del control fotográfico en la confección de los mapas topográficos, presentado por Cuba ... 207
Sistemas de cartografía topográfica para países no desarrollados: la experiencia mexicana en la última década, presentado por México ... 209
The potential of space imagery for solving cartographic problems, presented by the Federal Republic of Germany ... 226
The topographic mapping of Suriname, presented by Suriname ... 228
Rationalization of map production and map revision with modern automated and digitized photogrammetric instruments and technologies, presented by the German Democratic Republic ... 229

(c) Cadastral surveying and urban mapping

Cadastral survey and its cartographic portrayal in the United States of America, presented by the United States of America ... 234
Land registration projects in the Caribbean region, presented by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland ... 237
Production of planning documents for urban areas, presented by the Federal Republic of Germany ... 241
Establishment and maintenance of land-related information for a multipurpose cadastre based on electronic data processing, presented by the Federal Republic of Germany 258
Le système GITAN et la gestion des données urbaines, présenté par la France ... 264
Sistema de información catastral con fines múltiples en el Estado de Zacatecas, presentado por México ... 265
Una experiencia sobre la comparación de los métodos para la determinación del control fotogramétrico en la confección de planos para proyectos viales, presentado por Cuba ... 274
Mecanización del catastro topográfico parcelario, presentado por España ... 277
Cadastral surveying and mapping, presented by Suriname ... 286

(d) Hydrographic surveying and nautical charting

A report on the adequacy of coastal hydrographic data for charting the Americas, presented by the United States of America ... 287
A review of the bathymetric swath survey system, presented by the United States of America ... 292
Airborne laser hydrography, presented by the United States of America ... 297
New bathymetric chart of the world ocean, presented by the Union of Soviet Socialist Republics ... 301
La adquisición automática de datos en levantamientos hidrográficos, presentado por España ... 302

Agenda item 8. MAP PREPARATION AND REPRODUCTION (AUTOMATED CARTOGRAPHY, LAND IN FORMATION BANK, COMPUTER MAPPING).

Automated cartographic development in the United States of America, presented by the United States of America ... 308
A geographic information system for land-use data in the United States of America, presented by the United States of America ... 314
The Ordnance Survey topographic database concepts for the 1980s, presented by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland ... 323
Descripción de un sistema para procesamiento de información geográfica, presentado por México ... 332

Agenda item 8 (continued) Page

Cartografía con computadora y sistemas de información geográfica, presentado por México ... 339
El Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía en los trabajos de la nueva división político-administrativa, presentado por Cuba ... 351
Sistema de digitización y edición de bases cartográficas digitales en el Instituto Geográfico Nacional de España, presentado por España ... 352
SIGNA: sistema de información geográfica del Instituto Geográfico Nacional, presentado por España ... 355
Papel cartográfico para usos generales: una norma española, presentado por España ... 362
Informe nacional de España en el período 1974–1979, presentado por España ... 367
Computer-assisted interpretation of satellite imagery for determination of land-use data, presented by the Federal Republic of Germany ... 369

Agenda item 9. THEMATIC AND SMALL-SCALE MAPPING:

(a) Natural resources inventory and geoscientific mapping (including remote-sensing application)

Thematic mapping of satellite image data with the use of computers, presented by the Federal Republic of Germany ... 372
Applications de l'imagerie LANDSAT à l'étude et à la cartographie des forêts, présenté par la France ... 377
La géothématique, présenté par la France ... 379
Télédétection des résurgences d'eau douce en milieu marin, présenté par la France ... 381
Estado actual de los trabajos de teledetección en Cuba, presentado por Cuba ... 383
Utilization of space photo images for the national economy, presented by the Union of Soviet Socialist Republics ... 385
Remote-sensing possibilities and limitations, presented by the Federal Republic of Germany ... 388
Mapas temáticos: cartografía geocientífica para el inventario de los recursos naturales, presentado por Guatemala ... 395

(b) Small-scale mapping (including the International Map of the World on the Millionth Scale (IMW), the International Civil Aviation Organization (ICAO) and other international map series

Minimum safe altitude warning system, presented by the United States of America ... 401
The world map 1:2,500,000 as a basic map for special-purpose mapping, presented by the German Democratic Republic ... 409
L'utilisation d'un système de traitement d'images pour la cartographie à petite échelle à partir d'images spatiales, présenté par la France ... 411

(c) National and regional atlases

Mapas y atlas del medio ambiente, presentado por España ... 413
National atlas of Suriname, presented by Suriname ... 414

Agenda item 10. STANDARDIZATION OF GEOGRAPHICAL NAMES

Report of the United Nations Group of Experts on Geographical Names on the work of its eighth session ... 416
Preparation by electronic data processing of a concise gazetteer according to United Nations recommendations, presented by the Federal Republic of Germany ... 426
United States participation in international names programmes, presented by the United States of America ... 427
Le traitement automatisé de toponymes, présenté par la France ... 430
La normalización de los nombres geográficos: un mecanismo para lograrla, presentado por México ... 431
Standardization of toponymy in Suriname, presented by Suriname ... 435

Page

Agenda item 11 TECHNICAL ASSISTANCE (INCLUDING TRAINING)

Extension of postgraduate training in geodesy at the Federal University of Parana, Brazil, presented by the Federal Republic of Germany 437
The Inter-american Centre for Photo-interpretation project, presented by the Netherlands 439
Education and training in surveying, mapping and cadastral assistance in regard to the possibilities of the Federal Republic of Germany, presented by the Federal Republic of Germany 441
Centro Interamericano de Fotointerpretación, presentado por Colombia 443
Modern components in the ITC courses in photogrammetry, presented by the Netherlands 447
La preparación de expertos latinoamericanos, presentado por Colombia 448
A tape/slide cartographic learning package produced by the International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, presented by the Netherlands 456
Annex. Agenda/Ordre du jour/Programa 458

MAP SUPPLEMENT ..... Pocket of back cover

ILLUSTRATIONS*

Figure		*Page*
1.	Chile: gráfico de cartografía regular, escala 1:50.000	37
2.	Chile: gráfico de cartografía regular, escala 1:50.000, zona austral	38
3.	Chile: gráfico de ubicación de hojas carta regular 1:250.000	40
4.	Chile: gráfico de trabajos geodésicos y cartografía publicada, efectuados entre 1976 y 1979	44
5.	Uruguay: hojas del plan cartográfico nacional, escalas desde 1:200.000 a 1:20.000	50
6.	Uruguay: red de triangulación primer orden fundamental	51
7.	Uruguay: red de nivelación general	53
8.	Uruguay: hojas del plan cartográfico nacional, escala 1:100.000	54
9.	Uruguay: hojas del plan cartográfico nacional, escala 1:200.000	55
10.	México: nivelaciones y poligonales de primer orden, 1975 y 1979	60
11.	México: zonas cubiertas con poligonales y nivelaciones de segundo orden, 1975 y 1979	61
12.	México: estaciones Doppler, 1975, 1976 a 1978	62
13.	México: fotografía aérea 1:50.000 y menor, 1975 y 1979	64
14.	México: fotografía aérea 1:40.000 a 1:25.000, 1975 y 1979	65
15.	México: edición provisional carta topográfica 1:50.000, 1975 y 1979	66
16.	México: cartas impresas topografía 1:50.000, 1975 y 1979	67
17.	México: cartas impresas topográficas 1:250.000, 1975 y 1979; 1:100.000, 1979	68
18.	México: cartas impresas geología 1:50.000	69
19.	México: cartas impresas uso del suelo 1:50.000	70
20.	México: cartas impresas edafología 1:50.000	71
21.	México: cartas impresas uso potencial 1:50.000	72
22.	Mexico: cartas impresas frontera agrícola 1:50.000	73
23.	Haute-Volta : adaptation du Piper PA 31-350 "Navajo chieftain" pour les prises de vues aériennes	76
24.	Portugal: part of the first-order geodetic network, reobserved 1970	80
25.	Portugal: first-order geodetic network, 1970	81
26.	Portugal: geometric levelling network	82
27.	Portugal: index sheet to the map of Portugal 1:50,000	83
28.	Portugal: index sheet to the map of Portugal 1:100,000	84
29.	United States of America: Hassler's diagram of the country's first geodetic control survey (1816–1817)	97
30.	United States of America: partial representation of figure 29 depicting land features	98
31.	United States of America: geodetic network along the New York/Connecticut coastline	100
32.	United States of America: growth of geodetic networks	101
33.	United States of America: progress sketch, Boundary Survey, Connecticut, New York and Massachusetts (1863–1865)	102
34.	United States of America: geodetic networks status map (1925)	103
35.	United States of America: New York State triangulation diagram (partial representation)	104
36.	United States of America: New York State levelling diagram (partial representation)	105
37.	United States of America: coastal map, New York Harbour, Chart 369 (1970)	106
38.	United States of America: 1° × 2° diagram, New York NK 18-12 (1973)	107
39.	Federal Republic of Germany: network of the FRG/Austrian Doppler Observation Campaign (DODOC)	108
40.	Federal Republic of Germany: EDOC I, EDOC II and EROS stations	112
41.	Federal Republic of Germany: EROS stations	113
42.	Federal Republic of Germany: SURGE SEASAT tracking stations	114
43.	México: Zona 75: vértices de triangulación y de poligonal	129
44.	México: división de zonas	130
45.	México: red de nivelación primaria	132
46.	México: actualización y manejo de la información geodésica	135
47.	México: almacenamiento de la información	136
48.	México: el geoide y superficies relativas	139
49.	France : mesures sur le nouveau réseau (mars 1979)	146
50.	France : comparaison des nivellements entre les missions 1972–1973 et 1978–1979	147
51.	España: red Doppler, España	166

* Except for slight revisions made for conformity with United Nations usage, the figures appearing in this volume have been reproduced without alteration from the papers submitted by Governments

Figure		Page
52.	Sweden: screened areas on the map of Sweden are covered with ortho photo maps	176
53.	Sweden: forest map at a scale of 1:10,000 based on ortho photo map	177
54.	United States of America: LANDSAT multispectral scanner arrangement	180
55.	United States of America: LANDSAT-3 return beam vidicon (RBV) coverage pattern	180
56.	United States of America: LANDSAT-3 return beam vidicon (RBV) camera orientation	181
57.	United States of America: topographic/bathymetric maps	192
58.	United States of America: portion of 1:24,000-scale topographic/bathymetric map	193
59.	United States of America: portion of 1:100,000-scale topographic/bathymetric map	194
60.	United States of America: portion of 1:250,000-scale topographic/bathymetric map	195
61.	Cuba: esquema de distribución	208
62.	México: esquema general de un sistema de información	212
63.	México: esquema operativo de un sistema de cartografía topográfico	213
64.	México: Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL)- divisiones de zonas	216
65.	México: estadísticas del proceso de selección y entrenamiento	218
66.	México: triangulación aérea por turno	220
67.	México: diagrama del procedimiento de mapas topográficos 1:50 000	221
68.	México: producciones totales anuales	222
69.	México: gráfica de producción mensual por operador	223
70.	México: evolución de la exactitud altimétrica de la carta topográfica 1:50 000	225
71.	United States of America: generalized diagram of the rectangular system of surveys	236
72.	Federal Republic of Germany: extract from the Deutsche Grundkarte 1:5,000—representation of planimetry	243
73.	Federal Republic of Germany: extract from the Deutsche Grundkarte 1:5,000— representation of terrain	244
74.	Federal Republic of Germany: extract from the legend for the Deutsche Grundkarte 1:5,000	245
75.	Federal Republic of Germany: selected symbols from the list of 19 January 1965	246
76.	Federal Republic of Germany: example for the representation of stipulations on the development plan	247
77.	Federal Republic of Germany: extract from the reduction of the Deutsche Grundkarte 1:5,000 to the scale of 1:10,000	249
78.	Federal Republic of Germany: extract from an enlargement of the Deutsche Grundkarte 1:5,000 to the scale of 1:2,500	250
79.	Federal Republic of Germany: extract from a general map for a flight area for the production of the Deutsche Grundkarte 1:5,000, based on the Topographische Karte 1:25,000, showing the survey control points and the sheet line system	251
80.	Federal Republic of Germany: schematic representation of a photo flight	252
81.	Federal Republic of Germany: diagram and table of data for photo flight planning	253
82.	Federal Republic of Germany: example of a photo flight index (navigation map), showing the sheets of the Deutsche Grundkarte 1:5,000 to be prepared and the direction of flight based on the Topographische Karte 1:50,000	254
83.	Federal Republic of Germany: extract from a signalization map based on the Topographische Karte 1:25,000, showing the single map sheets of the Deutsche Grundkarte 1:5,000 and photogrammetric stereo models	255
84.	Federal Republic of Germany: extract from a planimetric evaluation (machine drawing) for the Deutsche Grundkarte 1:5,000	256
85.	Federal Republic of Germany: extract from an altimetric evaluation (machine drawing) for the Deutsche Grundkarte 1:5,000	257
86.	Federal Republic of Germany: the significance of the land register for other areas (multipurpose register)	260
87.	Federal Republic of Germany: simplified flow-chart of a procedure for cadastral revision	262
88.	México: Estado de Zacatecas (ubicación)	266
89.	México: formatos de la carta topográfica 1:50 000, la carta catastral 1:20 000 y los pares estereoscópicos	267
90.	México: ficha catastral (carta estatal)	269
91.	México: ficha catastral (carta estatal), reverso	270
92.	México: ficha catastral (carta urbana)	271
93.	México: Estado de Zacatecas (recorte de la carta catastral urbana)	272
94.	México: sistema estatal de información catastral	273
95.	United States of America: international seaborne trade—western hemisphere	288
96.	United States of America: sources used by the Defense Mapping Agency in charting the Americas, 1979	288

Figure		Page
97.	United States of America: Bathymetric Swath Survey System (BS^3)	293
98.	United States of America: actual hydro chart shoaling contour recording	296
99.	España: buque hidrográfico-oceanográfico tipo Tofiño	305
100.	España: bote automatizado	305
101.	España: diagrama de bloque de los sistemas instalados en los buques tipo Tofiño	306
102.	España: solución problema hidrográfico	306
103.	España: datos de la pantalla de video	306
104.	United States of America: status of land use and land cover mapping	315
105.	United States of America: part of a land use and land cover map, Charleston, West Virginia, 1:250,000 scale	316
106.	United States of America: topological elements of a polygon map	318
107.	United States of America: general structure of a map file of the Geographic Information Retrieval and Analysis System (GIRAS)	319
108.	United States of America: graphic input procedures for GIRAS	320
109.	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland: Local Authority Management Information System (LAMIS)	326
110.	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland: example of a path selection through a network	327
111.	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland: example of network path	328
112.	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland: Ordnance Survey map, 1:1,250	330
113.	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland: raw data from FASTRAK digitization of Ordnance Survey map 1:1,250	331
114.	México: descripción del universo físico en temas de interés	333
115.	México: digitalización de propiedades	335
116.	México: normalización de un tema	335
117.	México: generación del mapa numérico	336
118.	México: mapas numéricos de los temas de interés	337
119.	México: generación del árbol reconfigurable	338
120.	México: consultas	339
121.	México: mapa con impresora de líneas y caracteres especiales	341
122.	México: proceso de producción de mapas por medio de computadoras	345
123.	México: mapa topográfico producido por medios semiautomatizados	348
124.	México: un sistema de geoprocesamiento	349
125.	España: selección de segmentos que limitan zonas	357
126.	España: composición de un registro-base de datos: original y cuadrícula	358
127.	España: base de datos: altitud	359
128.	España: esquema de flujo de datos para mapas	360
129.	España: norma española: papel cartográfico para usos generales	364
130.	Federal Republic of Germany: area under investigation	373
131.	Federal Republic of Germany: infra-red channel 6 of the LANDSAT scene for 9 August 1975, showing the location of the area under investigation	374
132.	Federal Republic of Germany: rectified LANDSAT scene, taken on 9 August 1975 (does not cover entire map sheet CC 7110)	375
133.	Federal Republic of Germany: false colour composite of two rectified LANDSAT scenes taken on 9 and 28 August 1975, coinciding with map sheet CC 7110	**
134.	Federal Republic of Germany: directed data reduction to extract special information included in the original image data. The four spectral bands have been reduced to one channel, which was treated with an algorithm for edge enhancement	376
135.	Federal Republic of Germany: results of the land classification data obtained from LANDSAT, overlaid with a topographic map	**
136.	Federal Republic of Germany: land-use inventory for the community of Mannheim and the county of Bad Neustadt an der Weinstrasse	**
137.	France : images LANDSAT originales, Nord-Est de la France (Verdun)	**
138.	France : première composante principale C1 (les feuillus apparaissent en sombre)	**
139.	France : seconde composante principale C2 (les résineux apparaissent en noir)	**
140.	France : masque des forêts obtenu après classification supervisée des images bicanaux (C1 + C2, C1)	**
141.	France : étude des incendies de forêts dans le Sud de la France : extrait de l'image originale (canaux 7, 5, 4), Sud-Ouest de Perpignan (les incendies apparaissent en sombre)	**
142.	France : même zone après classification supervisée : les différentes classes correspondant aux incendies ont été agrégées; cependant, l'aspect "pointilliste" de la classification persiste	**

**See MAP SUPPLEMENT in pocket at end of volume.

Figure		Page
143.	France : masque des incendies après agrégation des autres classes en un seul ensemble	**
144.	France : environs de Cassis, échelle 1/100 000	**
145.	France : résurgences froides des calanques de Bestouan et de Port Miou, aux environs de Cassis, enregistrement d'hiver	**
146.	France : résurgences froides des calanques de Bestouan et de Port Miou, aux environs de Cassis, enregistrement d'été	**
147.	Federal Republic of Germany: transmission of energy through the atmosphere as a function of wavelength. Wavelength regions of high transmittance are atmospheric windows; gases responsible for absorption are noted	389
148.	Federal Republic of Germany: remote sensing system including the LANDSAT multispectral scanner	389
149.	Federal Republic of Germany: false colour composite of a geometrically corrected LANDSAT scene of western Afghanistan, taken on 1 March 1977	**
150.	Federal Republic of Germany: result of the land classification for the northern test area (upper left of figure 149)	**
151.	Federal Republic of Germany: result of the land classification for the southern test area (lower right of figure 149)	**
152.	Federal Republic of Germany: result of the land classification for the total area of figure 149	**
153. 154. 155.	Federal Republic of Germany: false colour composite of a LANDSAT scene in southern Sudan, using the first three components of imagery taken on 10 November 1972, 10 December 1975 and 20 February 1976	**
156.	Federal Republic of Germany: multi-temporal composite of the LANDSAT scene as in figures 153, 154 and 155 in southern Sudan, composed of components of imagery taken in three different years	**
157.	Federal Republic of Germany: false colour composite of a LANDSAT scene in central Turkey	**
158.	Federal Republic of Germany: section of an image of a Heat Capacity Mapping Mission (HCMM), covering the same area as figure 135	**
159.	Federal Republic of Germany: superposition of HCMM and LANDSAT image data, covering the same area as figure 135	**
160.	Federal Republic of Germany: airborne radar imagery of an agriculturally used area	392
161.	Federal Republic of Germany: SEASAT SAR satellite imagery from the area of Niagara Falls on 20 September 1978	393
162.	Federal Republic of Germany: METEOSAT image data recorded in the visible portion of the spectrum	394
163.	Federal Republic of Germany: METEOSAT image data recorded in the water vapour portion of the spectrum	394
164.	Federal Republic of Germany: METEOSAT image data recorded in the infra-red portion of the spectrum	394
165.	Guatemala: composición de color, datos de LANDSAT 2	**
166.	Guatemala: mapa de cobertura de clases espectrales	**
167.	Guatemala: recorte de una hoja del mapa codificado de clases espectrales, escala 1:50.000	**
168.	Guatemala: edición experimental de un mapa de cobertura básica de la Tierra, escala 1:50.000	**
169.	United States of America: Minimum Safe Altitude Warning System: general terrain obstacle monitoring service	402
170.	United States of America: artificial grid mathematically superimposed on an Automated Radar Terminal System	404
171.	United States of America: subdivision of the grid of figure 170 ("bin") demonstrating the necessary minimum safe flight altitude	405
172.	United States of America: terrain data analysis	406
173.	United States of America: generalized National Map Accuracy Standards process flow chart	407
174.	United States of America: Minimum Safe Altitude Warning System: obstacle verification process	408
175.	France : Photocarte au 1/250 000 (Khartoum) réalisée à partir d'un système de traitement d'images spatiales	**
176.	Colombia: esquema de la estructura orgánica del Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF)	445

**See MAP SUPPLEMENT in pocket at end of volume.

AGENDA ITEM 6

Country reports and progress made by countries since the First Conference

REPORT ON THE CARTOGRAPHIC ACTIVITIES OF THE UNITED STATES OF AMERICA *

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

Les principaux efforts déployés par les Etats-Unis d'Amérique dans le domaine de la géodésie au cours de la période considérée ont porté sur un nouvel ajustement du "North American Horizontal Datum" (Niveau de référence horizontal pour l'Amérique du Nord) et sur la redéfinition du "North American Vertical Reference System" (Système de référence vertical pour l'Amérique du Nord).

La série de cartes topographiques quadrangulaires de 7′ 30″ de côté reste la série fondamentale du Programme cartographique national. De nouvelles échelles intermédiaires de 1/50 000 et 1/1 000 000 ont été introduites pour l'établissement de cartes quadrangulaires et de cartes des comtés. La série de cartes à l'échelle de 1/250 000 fournit une couverture complète du territoire des Etats-Unis d'Amérique.

Les progrès accomplis aux Etats-Unis dans le domaine de la cartographie et de la géodésie sont résumés dans le rapport, qui indique les nouvelles réalisations enregistrées et les nouveaux matériels mis au point dans les domaines concernant la cartographie, la photogrammétrie et la géodésie automatisées.

En 1978, la Section nationale pour les Etats-Unis de la Commission de cartographie de l'Institut panaméricain de géographie et d'histoire a parrainé un colloque sur la cartographie automatisée à Washington, D.C. De nombreux fonctionnaires et spécialistes des services cartographiques de pays latino-américains ont participé à ce colloque, dont le programme comprenait des visites aux ateliers et laboratoires du Service géologique des Etats-Unis, du Service océanographique national et du Service cartographique du Département de la défense.

Le Service interaméricain de géodésie prévoit d'organiser en mai 1979 une semaine d'échanges techniques à Panama (Panama). On s'attend à une large participation latino-américaine.

Le rapport contient des renseignements provenant de tous les organismes nationaux concernés des Etats-Unis d'Amérique, y compris les suivants :

United States Geological Survey (Service géologique des Etats-Unis)

National Ocean Survey (Service océanographique national)

National Geodetic Survey (Service national de géodésie)

Defense Mapping Agency (Service cartographique du Defense Department)

Inter American Geodetic Survey (Service interaméricain de géodésie)

Naval Oceanographic Office (Bureau d'océanographie des forces navales)

RESUMEN

En materia de geodesia, los esfuerzos principales de los Estados Unidos de América durante el período sobre el que se informa estuvieron dirigidos hacia el nuevo ajuste de la Referencia Norteamericana Horizontal y la redefinición del Sistema de Referencia Norteamericana Vertical.

La serie de mapas topográficos cuadrangulares de 7,5 minutos sigue siendo la serie básica del Programa Cartográfico Nacional. Nuevas escalas intermedias de 1:50.000 y 1:1.000.000 se introdujeron con los formatos cuadrangulares y de condado. La serie en escala 1:250.000 provee cobertura completa de los Estados Unidos.

Los progresos realizados en los Estados Unidos en materia de cartografía y geodesia se resumen en el presente informe y se incluyen nuevos progresos y equipos en esferas relacionadas con la cartografía automática, la fotogrametría y la geodesia.

En 1978, la Sección Nacional de los Estados Unidos de la Comisión de Cartografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia patrocinó un Simposio sobre Cartografía Automática en Washington, D.C. Asistieron al Simposio muchos funcionarios cartográficos y personal clave de América Latina, y se realizaron visitas a las instalaciones de producción de la Dirección de Relevamientos Geológicos de los Estados Unidos, la Dirección Nacional de Relevamientos Oceánicos y el Organismo Cartográfico de Defensa.

En mayo de 1979, el Servicio Geodésico Interamericano proyecta patrocinar una semana de intercambio tecnológico en la ciudad de Panamá, en Panamá. Se prevé que asistan muchos participantes de América Latina.

Este informe contiene información procedente de todos los organismos nacionales de los Estados Unidos de América, a saber:

Dirección de Levantamientos Geológicos de los Estados Unidos

Dirección Nacional de Relevamientos Oceánicos

Dirección Geodésica Nacional

Organismo Cartográfico de Defensa

* The original text of this paper appeared as document E/CONF.71/L.8.

Engineer Topographic Laboratory (Laboratoire de topographie du Génie)
Rome Air Development Centre (Centre de développement aéronautique de Rome)
Air Force Geophysics Lab (Laboratoire de géophysique des forces aériennes)

Servicio Geodésico Interamericano
Oficina Oceanográfica Naval
Laboratorio Topográfico de Ingeniería
Centro de Desarrollo Aéreo de Roma
Laboratorio de Geofísica de la Fuerza Aérea

GEODESY

Adjustment of the North American Horizontal Datum

The new adjustment and redefinition of the North American Horizontal Geodetic Datum will span the United States, Canada, Greenland, Mexico and the republics of Central America, and perhaps a substantial part of the Caribbean area. Agreements with Canada and Mexico are in the process of being finalized at this time.

This enormous task requires converting about 2,500,000 field observations to computer-readable form. Approximately 1,500,000 observations, representing 145,000 stations, have been keyed and validated.

Portions of the NGS data base are operational, including 175,000 geodetic positions, and about 150,000 descriptions have been keypunched and edited. Observations that have been digitized and adjusted on a field-project basis will also be entered into the data base.

Field work for new adjustment

A program to observe arcs of triangulation, traverse and trilateration in those parts of the national network where the framework required strengthening is continuing. This program also includes provisions for astronomic observations and the measurements of base lines where evaluations indicate additional scale and orientation are required.

To this end, first-order traverses in the Adirondack Mountains of New York; northeast Florida; from Alexandria, Louisiana, to Natchez, Mississippi; and a first-order arc between Marksville, Louisiana, and Woodville, Mississippi, were completed. In the vicinity of Bainbridge, New York, a first-order arc was observed using trilateration methods.

The 150 Doppler stations which will be included in the adjustment have been observed. Almost all supporting arcs and traverses originally planned east of the Mississippi will be observed. The number of arcs and traverses planned west of the Mississippi, however, will be reduced.

One hundred astronomic stations were to be observed to support the program of predicting the deflection of the vertical. These deflections are required to reduce horizontal directions to the reference ellipsoid. Forty-three of these stations have been observed to date.

The United States has determined 200 astronomic stations from March 1976 to the present. These observations, in support of the new NAD adjustment, include Laplace, Doppler, baseline and high elevation stations.

Entry of astronomic positions and azimuths into NGS horizontal data base has been completed for 24 states. Preprocessing of astronomic records, in preparation for data base entry, has been completed for an additional 19 states.

Gravity observations in the eastern portion of the United States are being validated and entered into a temporary data base. These observations will in turn be used in a numerical integration scheme through the Vening Meinesz equations to compute the deflection of the vertical at each horizontal station. These deflections will be combined in a least-squares sense with the appropriate astro-geodetic deflections to form final predicted deflections. Preliminary results indicate that accuracies of two arc seconds can be obtained easily, even in areas of rugged topography.

Horizontal control

High Precision Transcontinental Traverse

After more than one and a half decades of continuous effort, the High Precision Traverse was completed in November 1976. This survey, undoubtedly the most accurate attempted to date, is approximately 22,000 km in length and will serve as the base for the National Horizontal Control Network and as a fundamental standard to which other surveying systems will be calibrated. A spur line along the United States/Mexico boundary in southern California and a spur line north from the border to the vicinity of Santa Barbara, established to High Precision Traverse specifications, has been completed. This loop of more than 300 km will provide a highly accurate standard for studies in a very active tectonic area.

Constrained adjustments

During the reporting period, data for 18,860 stations determined from the adjustments of 220 projects were constrained to the NAD 1927 and added to the published files. Among the major surveys completed were urban networks for Salem, Oregon; Lansing, Michigan; and Kansas City, Missouri. Two very large multinetwork systems were adjusted in single computations. One network was in south-western Alaska and involved 1,700 stations; the second network was in southern Louisiana and involved 1,750 stations. Two large projects in Maine; a major portion of the State of Georgia; a large area and traverse network in White Sands, New Mexico; and the north-west area of Louisiana have also been completed. In addition, all data for the High Precision Traverse have been adjusted to the NAD 1927.

Continuing surveys

A metropolitan area-type survey under a co-operative agreement in Portage County, Ohio, was completed. Similar co-operative type projects were accomplished in Jefferson County, Colorado; Chicago, Illinois; Lansing, Michigan; and Lapeer to Port Huron, Michigan. Also, first-order area coverage accomplished under co-operative agreements with the States of Connecticut and Georgia continued. First-order traverse was completed along the primary levee from Cairo, Illinois, to Osceola, Arkansas. A first-order, mixed-mode survey was observed in south-central Missouri using different types of portable towers and masts in a continuing review of the use of portable equipment.

Re-establishment of lost or disturbed monuments on the north/south Mason-Dixon boundary between Maryland and Delaware was completed.

The traverse along the United States/Mexico boundary was completed with connections to all boundary monuments. This high-accuracy survey, when reobserved in the future, will provide a better means to evaluate tectonic activities in this highly seismic area. Resurveys to study crustal movement along the San Andreas fault system were made at the VERAS and UNION sites. A study to examine the possibility that the San Andreas fault line returns to the California mainland near Shelter Cove was made.

Special surveys

In co-operation with the Jet Propulsion Laboratory of Pasadena, two Very Long Base Line Interferometry (VLBI) sites at Palos Verdes and Malibu were connected by surveys with long distance geodimeter measurements, levelling and gravity observations to compare VLBI derived vectors with vectors computed from conventional surveys. Astronomic positions and azimuths were observed at both sites. Remeasurement of the distance observations is scheduled.

The project at the Stanford Linear Accelerator, undertaken for the Lawrence Berkeley Laboratory, involved positioning 12 instrument locations to millimeter accuracy relative to the center of the array. The locations are situated as much as 30 m beneath the surface. This survey was undertaken in two parts. The first part was a limited effort for use in construction purposes. The second part, or high-precision endeavour, was to locate the instrument positions.

At McDonald Observatory, a series of radial lines ranging from 32 km to 93 km in length were observed. Future remeasurements are planned in an effort to detect the occurrence of crustal motion. As part of this project, a trilateration network over the observatory site was established following field procedures which will provide a further evaluation of the length ratio concept for measuring distances to a high relative accuracy. The radial lines were measured in a similar fashion. This project will provide an opportunity to compare lengths measured using conventional equipment and a multi-wavelength device.

A quadrilateral was observed at Sperryville, Virginia, to evaluate the concept of trilateration using relative distances. The positions and elevations of five obstructions to aircraft in the vicinity of Andrews Air Force Base were surveyed for use as a test grid for photogrammetric compilation.

Calibration base lines

The establishment of base lines for the calibration of electronic distance measuring equipment and tapes in co-operation with states, counties, cities and local professional societies continued. Calibration base lines were measured in 17 states, bringing the total measured to over 100 base lines that have been measured under this programme.

Astronomic position accuracy study

A study was conducted to determine the attainable accuracy of convenient astronomic positions. Only highly qualified observers using Wild T4 theodolites and refined techniques were employed. Repeated simultaneous observations by two to three observers were made at one station. A total of 38 first-order astronomic latitude determinations and 37 first-order longitude determinations were made during a four-month period for evaluation. A final report will analyse the observations and accuracy figures for both first-order and modified first-order astronomic latitude and longitude determinations. This report will suggest new procedures and instrumentation to improve the accuracy of astronomic position observations.

Blue book

The programme to incorporate survey data into the National Geodetic Data Center (NGDC) continued. To be acceptable for NGDC, surveys must conform to national standards and the results must be in computer-readable format. Projects received from the Bureau of Land Management; United States Geological Survey; International Boundary Commission; North Carolina Geodetic Survey; the Highway Departments for the states of Arizona, California, Florida, Georgia, Louisiana, Minnesota and New Mexico; Los Angeles County, California; Monroe County, New York; and other local organizations will be processed according to priority.

Vertical control

The number of operating field parties has increased from two to four, and the number of levelling units now totals 12. The increased survey capability was needed in order to accomplish a relevelling of southern California within a short period of time, and to accomplish the seven-year relevelling of the primary network to support the programme to redefine the North American Vertical Reference System.

The following significant levellings were accomplished:

(*a*) Relevelling along the Red River, in Louisiana, to provide elevation data for flood-control planning;

(*b*) A survey in the vicinity of McDonald Observatory to serve as a future basis for separating local elevation change from regional or continental improvements detected by laser ranging;

(*c*) A levelling in southern New Mexico to serve as a basis for monitoring crustal movements in the vicinity of nuclear waste disposal sites;

(*d*) Relevelling in the vicinity of New Orleans, Louisiana, to update the basis for flood-control planning;

(*e*) Relevelling in Louisiana to establish a basis for monitoring future vertical movements related to storage of nuclear waste in salt domes;

(*f*) Project SLOPE to compare oceanographic and geodetic levelling extending from San Francisco to San Luis Obispo.

Numerous surveys accomplished by state agencies are to be included in the national network. Most of the contributions have come from the Florida Department of Natural Resources, the North Carolina Geodetic Survey, the Minnesota Department of Highways and the Louisiana Department of Transportation and Development.

A 4,640-km relevelling of southern California has been accomplished to detect elevation changes and perhaps make possible the prediction of tectonic events when future levellings indicate abnormal ground deformation. This was the largest levelling project ever undertaken, requiring 42 levelling teams to finish the task within three and a half months.

Relevelling is also being conducted in the Houston/Galveston subsidence region. The survey involves the co-operation of many survey agencies. The intent of this survey will be to update estimates of subsidence due to water withdrawal, to delineate the affected area and to assess the potential for disastrous storm flooding in the coastal areas.

Surveys have been initiated in the north-eastern United States to relevel approximately 100,000 km of primary lines in the vertical network which will be utilized in the National Geodetic Vertical Datum (NGVD) Readjustment Program. The NGVD programme will be accomplished in the years 1978-1985 and includes keying and editing of descriptions and observational data from previous surveys, storing the keyed information in data base files and a general adjustment of the entire network to obtain new elevations for publication.

Federal and contract levelling teams will level 500 km along the Texas Gulf coast to provide information for United States energy-related programmes.

A new observing procedure for single-run levelling was developed, tested and adopted. Improved field procedures, involving different rod types and automated recording equipment, will facilitate detection of reading errors and blunders. The new method is less costly than double-run levelling and, consequently, area coverage can be increased without excessive loss of precision. This technique is particularly suitable for the NGVD Readjustment Program.

A new benchmark designed to avoid disturbance by surface-soil movements—e.g., frost heave, shrinkage and swelling—was introduced into the National Vertical Control Network in 1978.

Geodetic instrumentation

Improvement in Electronic Distance Measuring Equipment (EDME)

Significant progress has been made in the improvement of electronic distance-measuring devices. The most recent innovation has been a state-of-the-art, multi-wavelength distance measuring instrument, the Terrameter (made by Terra Technology Corporation, Seattle, Washington) which uses two colour lasers and one microwave to simultaneously compute the correct distance, eliminating the first-order effects of temperature, pressure and relative humidity fluctuations along a measured line. Field tests with the prototype show a standard deviation of less than 1 part in 10 on lines up to 15 km in length. DMA has contracted for delivery of one instrument in mid-1979.

Inertial surveying systems

Adaptation of inertial navigation systems to ground-surveying problems promises to provide the needed accuracy and to make control surveys far more productive. Ground positions, elevations, gravity and the deflection of the vertical data can be established automatically by inertial measuring systems at normal land vehicle speeds or at airborne speeds up to 175 miles per hour.

A Litton Auto-Surveyor has been used for tests oriented to USGS map-control requirements. The military version of the system was tested in Maine to establish mapping control for a 21,300 km^2 area, nearly one quarter of the State.

The Aerial Profiling of Terrain Surveying System has been designed to obtain an accuracy of 0.15-m vertically and 0.60-m horizontally based upon an inertial navigation subsystem which uses a laser unit for airborne calibration. The ground profile is determined by a laser altimeter whose readings are related to aircraft position by computer. The requirement for this system was prompted by a need for obtaining terrain profiles for flood-plain delineations. Other field applications include establishing new mapping control and evaluating the accuracy of old maps.

Geodetic network maintenance

About 3,000 vertical control marks and 3,000 horizontal control stations were visited and found in good condition by maintenance personnel. A total of nearly 1,600 marks was preserved or relocated. In addition, about 300 vertical control marks were reset by private, state and county engineers.

The National Geodetic Survey received about 25,000 reports on condition of survey mark cards. Nearly 10,000 witness posts and signs were issued to private surveyors to be set near horizontal and vertical control points. Service for maintenance was requested by users for about 800 marks.

Satellite geodesy

The United States is supporting technological investigations covering a broad spectrum of geodetic disciplines, including radar altimetry data from the GEOS-3, which will contribute significantly to the upgrading of the geoidal model over the open ocean areas of the world.

Along with the satellite altimetry developments, the United States has been continuing efforts in satellite to satellite tracking, having developed the "NAVPAC" receiver for use with the Navy Navigation Satellite System and the "GPSPAC" receiver under development for eventual employment with the Global Positioning System. Both the NAVPAC and the GPSPAC will provide an enhanced capability for platform positioning to high accuracy in three dimensions.

NAVSTAR Global Positioning System Mobile Test Van GPS/MTV Operation

Testing of a GPS/MTV at the Yuma Proving Ground, Yuma, Arizona, is currently under way. This MTV, which houses a GPS X-receiver, began tracking the NAVSTAR satellites in October 1978 in positioning experiments. These data will be used in the design of an optimum receiver to meet future world-wide point positioning requirements.

Doppler satellite positions were established at 60 sites in the United States, Puerto Rico, the Virgin Islands and Navassa Island; seven of them in south-central Alaska, in support of earthquake horizontal control adjustment. Seven additional stations were established jointly with Canada along the western part of the United States/Canadian border.

The Inter-American Geodetic Survey (IAGS) has assisted associate agencies in establishing approximately 400 stations since the prior report. A total of 12 points in the Central American and Caribbean area was established for the NAD datum readjustment. Thirteen additional points were established in Central America that could be used in the adjustment.

JMR-1 Doppler survey system

DMA has developed a hardware modification to remove high clock drift from the Doppler timing data, and the standard deviation of the range residuals has been subsequently reduced. Two of the systems belonging to DMA have been modified resulting in improved accuracies. The remaining DMA systems will eventually be changed. The test results have been independently validated by the JMR Company.

Near-Real-Time Doppler Data Reduction

Doppler data reduction, testing and development of operational procedures using the Hewlett-Packard 21MX series minicomputer have been carried out during the past three years. Near-real-time positions have been used in the editing and quality control of field data. In addition, these preliminary field positions are required to support contingency plans. An evaluation still must be made of the relative merits of the minicomputer versus the miniprocessor in field operations, before the procurement of additional near-real-time Doppler systems in the future.

Integration of Doppler satellite and inertial positioning techniques

In the years since 1972, Doppler satellite positioning techniques have been used throughout the western hemisphere for the establishment of basic geodetic control. In 1977 field parties demonstrated the economy and efficiency of integrating both the Doppler Satellite Positioning System (DSPS) and the Inertial Positioning System (IPS) to accomplish control of higher and lower order to satisfy the needs of total mapping or special purpose requirements over large areas. Doppler stations are typically located at 20- to 30-mile intervals, with the desired densification being supplied by land vehicle or helicopter-borne IPS, depending on the topography. Further refinement of instrumentation and procedures should soon provide any country with an economically feasible capability of producing adequate mapping control in almost any area where existing mapping is inadequate or where there is none.

Gravity

By 1 January 1976, the reobservations of the United States Gravity Base Network were completed. A complete report on this project will be prepared by NGS.

Gravity observations were repeated in 1976 and again in 1977 over level lines in southern California in the continuing investigation of gravity changes associated with land subsidence.

In the spring of 1978, repeat observations were made along level lines in the Houston/Galveston area, also for the purpose of investigating land subsidence.

Between 20 January 1978 and 20 May 1978, survey teams from several federal agencies made high-precision gravity observations over the level lines of the Southern California Relevelling Project (SCRP).

Gravity observations in the north-eastern United States were begun in August 1978 in conjunction with relevelling operations, leading to a readjustment of the National Vertical Datum. This project is scheduled to continue over the next seven years and will consist of some 60,000 gravity point values.

Work has begun on a complete screening of all the gravity data at present in the NGS gravity data base. The goal is to identify and flag duplicate data and erroneous data to increase the reliability of the overall quality of the data base.

The United States participates in the various gravity gradiometer programmes currently under development. The development programmes are expected to produce fieldable, moving-base gravity gradiometers in the early 1980s. The gradiometers should provide greatly improved measurement of the gravity field for correction and adjustment of field-induced errors to advanced inertial measuring systems.

An absolute gravity survey was established at selected key stations throughout the continental United States. That survey was performed by a team of scientists from Italy, using the Sakuma absolute gravity instrument. Sites surveyed included stations at Boston, Bismarck, Denver, San Francisco, Holloman Air Force Base and Miami. DMA has funded the development of a United States instrument for the measurement of absolute gravity. That instrument, a research product of the Air Force Geophysics Laboratory, will be used in a nation-wide survey to confirm and calibrate the measurements made by the Italian team. This apparatus has just completed absolute measurements at Holloman Air Force Base, Denver and San Francisco.

Geomagnetics

Three ongoing efforts in geomagnetics constitute the major activity by the United States for the reporting period. First, a review of all user needs and applications for geomagnetic data is being conducted. This analysis should help to determine areas for future supporting research and development. Secondly, DMA is conducting an investigation of the temporal variations in the earth's geomagnetic field. These variations will be analysed by the Naval Oceanographic Office, and will consider both the time-varying properties of the field and the casual factors associated therewith. Thirdly, DMA is sponsoring the Naval Research Laboratory effort to derive bathymetry from deep ocean aeromagnetic survey data. This will be done by means of an algorithm which indicates the distance between the sensor and the magnetic basement rock beneath the sea floor.

AERONAUTICAL CHARTING

Tactical Pilotage Charts (TPC), 1:500,000 scale

Complete coverage of the conterminous United States and Alaska has been produced. The National Ocean Survey (NOS) maintains 54 base charts for both civil and military editions and publishes the civil version (sectional chart). The 23 TPC charts required to cover parts of Central America, Cuba, West Indies and northern South America have been published.

Operational Navigation Charts (ONC), 1:1,000,000 scale

Complete ONC coverage of the Americas has been produced except for island charts M-29, P-29, U-17 and U-18. Production and maintenance responsibility for the Americas ONC is shared by DMA, NOS, DLS/Canada and DMS/United Kingdom. Coverage consists of 75

charts. Full coverage of all the charts in this series is currently programmed for completion by 1980.

Jet Navigation Charts (JNC), 1:2,000,000 scale

The Jet Navigation Charts replaced the USAF JN and USN V-30 charts. There are 25 JNCs covering the area of interest. All are published.

USAF Jet Navigation Chart (JNC-A), 1:3,000,000 scale

Three JNC-A charts covering the area of interest are available. These charts (JNC-A 3, 4 and 5) are similar in design to the JNC but provide expanded coverage because of their smaller scale.

LORAN Charts

Various LORAN charts are required with coverage in the northern hemisphere.

Continental Entry Charts (CEC), 1:2,000,000 scale. The three charts required are CEC-1 (covering the eastern United States coast), CEC-2 (the western United States coast) and CEC-3 (United States Gulf coast). All are published. Series will be discontinued 31 December 1980.

USAF LORAN Navigation Chart (LJC), 1:2,000,000 scale. Three charts covering Alaska, the Arctic Islands of Canada and Greenland have been published. The area of coverage of these charts corresponds to that of JN-6 (JNC-6), JN-7 (JNC-7) and JNC-16. Series will be discontinued 31 December 1980.

LORAN C Navigation Chart (LCC), 1:3,000,000 scale. Two charts covering Canada and Greenland have been published. The area of coverage of these charts corresponds to that of JNC-A 3 and 4. They are revised, as required, to update LORAN C data.

Global Navigation and Planning Charts (GNC), 1:5,000,000 scale. Complete coverage of the Americas is provided by this series of charts. They are revised, as required, to update base and aeronautical overprint data.

Global LORAN Navigation Charts (GLC), 1:5,000,000 scale. Eight charts in the northern hemisphere have been published. The area of coverage corresponds to that of JNCs 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10 and 13. Series will be discontinued 31 December 1980.

Global LORAN C Navigation Charts (GLC), 1:5,000,000 scale. Ten charts in the northern hemisphere have been published. The area of coverage corresponds to that of GNCs 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 13. This series will be retained until GPS requires obsolescence.

Instrument Approach Procedure Charts in bound volumes

Instrument Approach Procedure Charts are now available in bound volumes designed for civil aviation—the bound volume format replaces the looseleaf version. The 15 bound volumes provide complete conterminous (48 states) United States coverage (including Puerto Rico and the Virgin Islands). The bound volumes are issued every 56 days. Changes to procedures between the 56-day publication dates are reflected in a single Change Notice volume issued 28 days after the 56-day volumes.

Airport/Facility Directory

The new *Airport/Facility Directory* replaces parts II and III of the *Airman's Information Manual*. The *Directory* is available in seven volumes, each covering a specific geographical region of the conterminous United States. These bound volumes provide information on each airport's associated city and state, runway characteristics, and lighting, communications and radio navigational aids. Each volume is reissued in its entirety every 56 days.

VFR terminal area charts

At present 22 charts covering high density traffic areas are published. During 1979, four charts are scheduled for completion. The series is to expand to 44 charts by 1983.

Enroute low-altitude charts

During this reporting period, Military Training Routes (MTR) are being depicted on this series. Plans are being formulated to depict MTRs on the VFR/IFR Wall Planning Chart, Sectional Charts, WACs and TACs.

HYDROGRAPHY AND OCEANOGRAPHY

Bathymetric maps—United States Outer Continental Shelf (OCS)

To support the United States offshore energy development programme, NOS produced 16 1:250,000-scale bathymetric maps covering potential leasing areas in the Gulf of Mexico and north and south-east Atlantic Ocean. These 16 maps, together with 38 others previously produced, bring to 54 the number of new, detailed bathymetric maps prepared under this programme. All the maps are produced in metric units and contain the United States Department of the Interior's Bureau of Land Management (BLM) offshore lease block grid. BLM is responsible for administering the United States OCS lease sale programme and uses the bathymetric maps to prepare environmental impact statements for the lease areas. NOS has an ongoing commitment to provide bathymetric maps to support the OCS programmes and other United States deep-ocean resource development projects.

Navigational charts

DMA concluded a Bilateral Modified Facsimile Chart Reproduction Agreement with Ecuador. In the western hemisphere, the United States now has such agreements with Argentina, Brazil, Canada, Chile, Colombia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Peru, Mexico and Nicaragua.

Charts reproduced by the United States under these agreements for western hemisphere areas during the reporting period total 231 as follows: 62 Brazil nautical charts; 133 Canada; 13 Chile; one El Salvador; three Colombia; seven Mexico; two Netherlands; two Ecuador; two Argentina; three French; one Nicaragua; and two British.

During this reporting period, the United States continued to maintain world-wide nautical chart coverage at a level of approximately 5,000 charts. Of this total, approximately 1,290 issues involved coverage of the western hemisphere.

There was continued effort directed towards the improvement and maintenance of this body of charts by the production of nearly 3,000 new charts and new editions of nautical charts currently on issue. Of these, three large-scale harbour charts were produced in Latin America under the Harbor Survey Assistance Program. These five charts, together with 11 others previously published, bring to 16 the number of new charts prepared under this programme. In addition, 39 nautical charts were published for this area.

During 1977 and 1978, the United States 200-mile Fishery Conservation Zone limit was printed on 38 of 47 selected nautical charts (1:600,000 scale and smaller) which will provide complete coverage of the offshore waters of Alaska, Hawaii, Puerto Rico and the contiguous United States. The three-nautical mile (territorial sea) and twelve-nautical mile (contiguous zone) seaward boundaries were printed on 80 of 161 selected navigational charts (scale range between 1:80,000 and 1:200,000) covering the coastal waters off the contiguous United States, Alaska, Hawaii, Guam and Puerto Rico

The first United States metric chart (14800) of Lake Ontario was published in March 1978 at a scale of 1:400,000. It was compiled by the Canadian Hydrographic Service and printed by NOS. (The English version is printed on the reverse side.) The new chart is the result of a co-operative charting effort between NOS and Canadian charting authorities to standardize nautical chart information.

A new 1:100,000 scale metric and English version nautical chart (18460) covering the Strait of Juan de Fuca was published. The chart is printed in a back-to-back format—metric side and English (fathoms) side. This chart can be classified as a bathymetric/nautical chart because more bottom contours are combined with the soundings to show the water depths. This concept provides the user with a more detailed picture of the bottom topography, to aid deep-draft vessels in selecting better navigational routes. Production of this chart was made possible through the co-operation of the Canadian Hydrography Service, which conducted hydrographic surveys covering the Canadian waters of the Strait of Juan de Fuca. The shore line, low water lines, soundings, depth contours, land contours and symbols on this chart were compiled and constructed in reproducible form by the NOS Automated Nautical Chart System.

During this period maintenance of the nautical charts covering the United States and its possessions, including the Great Lakes, was continued and 1,186 new editions were published. There are nearly 300 charts for which new editions are published every 12 months.

Reformatting of the 86 NOS small-craft charts for recreational boaters into the road map type design continues. This redesign will save cost in reproduction and is easier for the recreational boater to use and store.

New colours for improved visibility of charted detail were adopted for all nautical charts in that the 13 colours originally used in printing nautical charts have been reduced to five standard colours

International Chart Series

Under the agreement with the International Hydrographic Organization (IHO) the United States published a new 1:10,000 scale International Chart 50 covering the eastern part of the north Pacific Ocean. This is the fifth and final chart to be produced, the other four being published in 1976.

International organization

To co-ordinate and establish standard procedures in charting United States and Canadian waters, the United States/Canada Hydrographic Commission was established in April 1977. The Commission consists of different committees and groups that are responsible for planning, design, specification and other cartographic/hydrographic functions. Exchanges of personnel between NOS and the Canadian Hydrographic Service are taking place. This on-site training provides a better insight on the cartographic concepts used by both countries.

LORAN-C on nautical charts

Among the new editions the United States has published in the past two years are 123 coastal, general and sailing charts showing the new LORAN-C configurations of the west coast, Alaska, the Gulf of Mexico and the east coast. Ten of the 123 are small-scale charts which provide coverage of the latter two areas. By the end of 1979, the lattices for the new LORAN-C configurations on the remaining Gulf of Mexico and Atlantic 1:80,000 and smaller charts should be published.

Nautical publications

Notice to Mariners

Notice to Mariners is an official document issued weekly to advise mariners of important matters affecting navigational safety, including new hydrographic discoveries, changes in channels and navigational aids. The information in the *Notice* is presented in a format that allows easy correction of charts, *Sailing Directions*, light list and other nautical publications, aboard ocean-going ships. The NOS Aids to Navigation Section issued over 9,000 notices and 230 chartlets for publication in the 17 United States Coast Guard Districts' Local Notice to Mariners and DMAs weekly *Notice to Mariners*. To expedite the printing and reduce the cost of publishing chartlets, they are now being printed in monochrome.

Sailing Directions

This series of publications is being recompiled into a new style designed for fast deep-draft ships equipped with modern navigational equipment. Upon completion of the programme the 70 volumes of world-wide coverage will be reduced to 43 new volumes. During 1978, the present nine *Sailing Directions* for the Indian Ocean will be replaced by the new type, making a total of 28 new-style volumes.

Coast Pilot

This series of publications consists of nine books. A total of 19 new editions have been published during this reporting period. Included among these is the new *Coast Pilot* No. 6 of the Great Lakes. The *Coast Pilots* are published from a variety of information and field inspection surveys performed by the NOAA Corps Officers attached to the Coast Pilot Branch. A field inspection was com-

pleted covering the Great Lakes area and, in Alaska, Dixon Entrance to Cape Spencer.

Aerial photographs are being shown in NOS *Coast Pilots* to better familiarize the user with harbour entrances and significant navigation features. These photographs now appear in *Coast Pilot* Nos. 3, 7 and 9. A new edition of *Distance Between U.S. Ports* was also published.

New catalogue

A new map and chart catalogue, No. 5, "Bathymetric Maps and Special Purpose Charts", was published. This catalogue shows the different map products available to the public other than the normal nautical charts. In addition to bathymetric map coverage, it includes storm evacuation maps, marine seaward boundary charts, current charts, marine weather charts, mineral lease block charts and other special information.

Electronic navigation

Omega plotting charts

Omega stations A Norway, B Liberia, C Hawaii, D North Dakota, E La Reunion, F Argentina and H Japan are on air and operating at 10 kW radiated power. Station Trinidad, operating at 1 kW, has been transmitting in the G segment since 1976 and is now scheduled to terminate on 30 June 1978. Station G Australia is scheduled to come on air during 1980.

The number of 7,500 series charts now on issue has been reduced to those showing coverage for station Trinidad (33 charts); 116 charts are now completed in the 7600-7700 series. There are now on issue 235 Omega lattice tables and 147 Propagation Correction Tables for 10.2 kHz. The 3.4 kHz PPC tables are being replaced by tables for 13.6 kHz. By 31 December 1978 there will be 68 13.6 kHz PPC tables on issue.

Omega publications

DMA provides coverage with tables of charting and co-ordinates and predicted propagation correction (PPC) for the world which, for convenience, has been divided into 26 areas. Charting co-ordinate and PPC tables for stations not on the air are under construction and will be available when the stations are declared operational.

Nautical charting

The NOS objectives for the Marine Data Systems Project (MDSP) are to design, develop and prepare for operational use a balanced automated nautical charting system. The Project is scheduled for completion in 1980. The accomplishments to date are subdivided into three major areas:

Data acquisition and processing;
Evaluation; storage and compilation;
Automated graphics.

Data acquisition

The hydrographic survey data acquisition systems HYDROPLOT and digital sextant systems are fully operational, and have been prepared by MDSP for the National Ocean Survey Office of Fleet Operations. At this reporting a 30 per cent improvement in overall data acquisition operations has been realized by use of the HYDROPLOT equipment and software system. An upgraded data processing system has been installed at the Atlantic Marine Center (AMC), Norfolk, Virginia, and when fully on line will be compatible with the system at the Pacific Marine Center (PMC).

A savings of 30 per cent in processing time over former manual techniques of data reduction, smooth sheet plotting and data verification has been achieved, to date, with additional savings to be effected by upgrading the Marine Center systems.

A Calma digitalizing system was installed at both Centers, to enable each Center to forward survey graphic products and final survey data in digital form suitable for direct entry into the nautical charting data bank.

One hundred and seventy-four magnetic tapes containing hydrographic survey data are now available to the public at the National Geophysical and Solar Terrestrial Data Center.

Evaluation, storage and compilation

Conversion of the active nautical chart file of 3,207 hydrographic surveys from graphic to digital format is complete. Further processing to prepare these surveys for data bank degree-block creation will soon be completed.

NOS plans to furnish National Archives with copies of digital nautical chart data. To date, 65 magnetic tapes containing topographic and hydrographic data have been forwarded. Thus NOS has a safety copy of these data, should the need arise.

Automation of nautical charting data files is accomplished by subdividing the charted information into five general categories of data: base, navigation, waterway, topographic and label (nomenclature). Each of these categories is collected in a systematic manner from source documents. To date, 958 base overlays and 613 navigation overlays have been completed. The waterway and topographic overlays are collected together. Sixty-six of these combination overlays have been completed. The nomenclature for 86 charts has been digitized and 18 have been accepted.

A contract has been awarded to procure an Automated Information System (AIS) having cartographic work stations. A basic system with two cartographic CRT work stations was completed in 1978. Software development is in progress. The complete system with 10 cartographic work stations is scheduled for 1980 which will complete the conversion from manual to automated chart compilation and data storage operations.

Automated graphics

NOS completed implementation of a five-table computer controlled graphic digitizing system. This system also has CRT displays to facilitate and verify accuracy of conversion of data from graphic to digital format.

Special overlays for oil pipelines and mineral lease blocks have been automated for incorporation into existing chart publications for the Gulf of Mexico.

Computer-assisted publication of Charts 11375 (414), 11374 (874), 11372 (876), 11373 (1267) (Gulf of Mexico area), 18765 (5060), and International Chart 50 in the Pacific area, 17368 (8175) in Alaska and Lake Erie Chart 14820 have been completed. Chart 50 was the first chart

printed using the raster plotter to prepare the reproducibles.

The two vector-motion flatbed plotters are now being used mostly for check plots of digitized data, while the raster plotter has been used since March 1977 operationally to produce chart negatives for hyperbolic LORAN navigation lattices, small-craft chart facilities, and channel depth tabulations. Improvements continue to be made in the efficiency of the lineal-to-raster conversion programme.

Coastal mapping

In April 1975, NOS and USGS combined their mapping skills to produce jointly a new modern series of 1:24,000, 1:100,000 and 1:250,000 scale topo/bathy maps covering the coastal zone of the United States. These multipurpose maps show on one single map USGS land topography and NOS bathymetry, thus providing a detailed picture of the total physical environment in a specific area.

During this reporting period, 11 1:250,000 scale topo/bathy maps were jointly produced, bringing the total of these sheets that have been published to 13.

The first 1:24,000 and 1:100,000 scale maps covering the Georgia coast may be printed early in 1979. The 1:100,000 topo/bathy maps will be an all metric product, and the 1:24,000 and 1:25,000 will be a combination metric/United Sates Customary version—topography in feet, bathymetry in meters.

Orthophoto imagery will be used on the 1:24,000 maps when possible to provide more land detail. Depth gradient tints will be used to enhance the bathymetric contours. Depending on the slope of the bottom and the scale of the map, the bathymetry contour intervals of this series will range from ½-m to 100-m intervals.

Special operations

Two Air Photo Missions accomplished over 30,000 miles of photography as part of the Shoreline Mapping and Airport Obstruction Programs. This included colour, infra-red, and panchromatic.

The Marine Boundary Program continued in Florida with a targeted completion date of 1980. This programme is about 50 per cent complete.

Storm Evacuation Mapping in flood-prone areas of the east and Gulf coasts is about 40 per cent complete. Seventy-six maps are in publication. With a production goal of 12 maps per year, the programme will be finished in 1986. While the Great Lakes area is not a special programme, it has been emphasized during the year. Seventy-five per cent of the shore line on Lake Superior has been revised, using both advanced and conventional 1:60,000 scale photography.

Chart topography and photobathymetry in the area of St. Croix, Virgin Islands, is under way. It is anticipated that compilation will be completed by March 1979.

Research and development

High Precision Laser Mensuration, a new, highly precise mensuration system using laser light, was installed on the NOS Mann Automatic Stellar Comparator (MASC). The laser system uses a Hewlett-Packard dual-frequency design that is capable of recording positional accuracies of better than ½ μm in the controlled environment of MASC. In the retrofit design, MASC leadscrews were retained for transport of the stages, and the laser system was mounted so as to adhere to Abbe's principle and provide positional information through the use of interferometers. The interferometers have the capability of detecting changes in distance of one fourth wavelength of the laser light, or about 0.2 μm. The project is at present in the system calibration phase.

High-precision analytical photogrammetry

The *U*ltra-Precise *N*umerical *PHO*togrammetric *G*eodesy (UNPHOG) test project over Casa Grande, Arizona, range was completed. The UNPHOG system produced geodetic ground positions by photogrammetric techniques with results that equate to a geodetic accuracy of better than one part in 35,000 for the 1 6-km spacing of known points.

Computer-aided photobathymetry

Studies were initiated to evaluate the accuracy of photobathymetry using newly developed computer programs designed to compensate for the effect of refraction at the water/air surface. Efforts continue to develop operational procedures for a production system.

Hydrographic surveys

The NOS Hydrography Manual was revised and the fourth edition published in March 1978. This manual is available from the Superintendent of Documents, United States Government Printing Office, Washington, D.C. 20420.

Hydrography accomplished by NOS during the reporting period included basic surveys in the Gulf of Mexico, along the Atlantic and Pacific coasts, Alaska, the Great Lakes, and major harbours of the United States Revisory and chart evaluation surveys continued in the Great Lakes and major harbours in the east coast.

Additionally, during 1977, major survey projects in Lake Huron and southern Cook Inlet, Alaska, were begun and continued into 1978. The Gulf of Mexico and San Francisco Bay are the most recent major projects which started during 1978 and will continue for a number of years.

State hydrologic unit maps

A series of uniform, nationally consistent state hydrologic unit maps that accurately delineate the hydrographic boundaries of major river basins in the United States was published. These maps are published at a scale of 1:500,000 and provide a standardized base for use by water-resources organizations throughout the 50 states and Puerto Rico.

The four-colour maps show a distinct numeric code assigned to each river basin and provide information about drainage, culture, hydrography, and hydrologic boundaries for each of 21 regions and 222 subregions designated by the Water Resources Council. They also depict 352 accounting units within the National Water Data Network and approximately 2,100 cataloguing units of the USGS Catalog of Information on Water Data.

Hydrographic airborne laser sounder

DMA is preparing specifications for a hydrographic airborne laser sounder for use in collecting depth data in coastal waters without the use of photography. This will be a prototype model using off-the-shelf technology to conduct field tests and develop requirements for a follow-on operational system. Areas particularly to be evaluated include automatic data processing and compatibility with a naval aircraft.

The development of a hybrid laser/multispectral scanner airborne bathymetry system at the Naval Coastal Systems Laboratory has begun. The objective is to achieve hydrographic accuracy bathymetry using a multispectral scanner, similar to the one in the LANDSAT satellite. This scanner will be depth calibrated with a pulsed laser and used in an airplane. The current effort is to develop specifications for a scanner system to be optimized for hydrographic applications.

Hydrographic applications of LANDSAT

There is a rapidly growing gap between world-wide hydrographic data collection capabilities and increased needs for more accurate and more detailed nautical charts. Remote sensor systems such as the Multispectral Scanner (MSS) on the NASA LANDSAT can be used to augment the limited shipboard surveying resources, and to reduce the gap.

The NASA/Cousteau Ocean Bathymetry Experiment and subsequent experiments demonstrated that data from the MSS could be effectively applied to the revision of nautical charts to improve navigational safety. To date, only LANDSAT MSS data in the film format have been used to revise a chart, but even then a number of major discrepancies were revealed in the existing chart. Major new reefs were discovered and other reefs were found to be charted more than eight miles from their true positions.

The LANDSAT Multispectral Scanner was not designed for bathymetry and therefore has limitations in both resolution and penetration capability, but it can provide much useful information. Arrangements are now being made to have the Department of the Interior's EROS Data Center provide a "Standard Ocean" image product which has the LANDSAT digital data converted to a photographic image in such a way as to optimize the hydrographic information content of the imagery. Thus shallow sea areas may be more easily discerned on the green and red bands of the MSS and ocean surface details will be more apparent on the film products than on the current standard EROS film product which shows land detail best.

Training

The NOS is not funded to conduct a formal training programme for foreign students but will consider such training requests on a case-by-case basis. The requesting country must pay all expenses (travel, lodging, food, salaries etc.). In 1977 and 1978, NOS conducted year-long on-the-job training programmes for members of the Japanese Hydrographic Office and Canadian Hydrographic Service. Additionally, NOS assisted the Naval Oceanographic Office in their foreign-student training programmes by providing short-term training for foreign officials from the Republic of Korea, Colombia and Peru.

The Navy Postgraduate School at Monterey, California, offers a two-year course leading to a Master of Science degree in Oceanography with an option in Hydrography—M.S. in Oceanography (Hydrography). The programme admits commissioned officers of foreign countries and civilian government employees and commissioned officers of the United States. Course work includes study of surveying and the supporting sciences of photogrammetry, hydrography, tides, cartography etc. Foreign officials—both commissioned officers and civilians—may attend the Naval Oceanographic Office course for foreign officers taught at Bay St. Louis, Mississippi. This course teaches all phases of hydrographic survey by actual field work and introduces the student to chart compilation and production methods.

TOPOGRAPHIC MAPPING

The United States National Mapping Program

Large-scale mapping

During the reporting period, 3,598 new standard USGS topographic maps were published. Most of the maps are in the 7.5-minute series, 1:24,000 scale (15-minute series, 1:62,500 scale until replaced; 1:63,360 and 1:25,000 in Alaska). In addition to meeting the needs of many users, these are the basic maps from which smaller-scale and special maps are usually derived. As national coverage in the 7.5-minute series increases, the revision mapping workload increases. About 3,200 of these 7.5-minute maps were published in the reporting period. Besides line maps, about 1,200 orthophotoquads were prepared. Thirteen of the 50 states now have complete map coverage at 1:24,000 scale. The United States will also complete about 2,100 15-minute metric topographic maps at 1:50,000 scale.

Intermediate-scale mapping

To meet the need for basic map data at various levels of detail and at scales between 1:24,000 and 1:25,000, the intermediate-scale map series was introduced in 1975. These maps are prepared with up to 26 feature-separation drawings, any combination of which can be used to produce a special map with a desired level of content. The feature symbolization was specially designed to facilitate digitization. By the end of 1978, intermediate-scale maps for about one third of the conterminous United States were either completed or in production.

1:250,000-scale mapping

The 1:250,000 topographic map series provides the largest-scale complete coverage available for the United States and for this reason the series is valuable to many federal and state agencies. The maps are also used by the United States for preparing state base maps, various geologic maps, and special-purpose maps, such as those showing land use and land cover information. In the reporting period 105 revisions were published. Terrain data digitized from the contours on the 1:250,000-scale maps are available on magnetic tape.

Special maps

Coastal Mapping Handbook was published by the United States in 1978. The *Handbook* includes general guide-lines for mapping coastal areas, sources of technical assistance and data, and product samples.

The United States is experimentally mapping wetlands in Florida, Georgia, Mississippi and South Dakota, areas which vary significantly in vegetation and other characteristics.

The United States also produces national park maps—normally standard topographic maps combined into one or more sheets covering the park area with, in some cases, companion shaded-relief editions. During the reporting period four park maps were revised. Some of these maps are designed to be folded and packaged in pocket-size plastic jackets.

Central and South America

The following summarizes United States topographic production in Central and South America since the last reporting period:

Central America

Large-scale topographic maps—4 sheets published
Medium-scale topographic maps—5 sheets published
Large-scale city plans—11 sheets published

South America

Large-scale topographic maps—422 sheets published
Medium-scale topographic maps—102 sheets published
Large-scale city plans—20 sheets published

United States military topographic maps

During the period in review, defence mapping programmes for the United States primarily involved the revision and reformatting of existing mapping of military installations and training areas. A total of 746 large-scale topographic maps were published.

Aerial photography

In an attempt to finish aerial cartographic coverage of Central and South America, IAGS implemented plans with Bolivia, Colombia, Ecuador, Panama and Peru to utilize their newly acquired sophisticated aircraft to complete the once-over aerial mapping photographic coverage required for each country. Approximately 55,000 sq mi of acceptable mapping photography was obtained.

During the reporting period USGS contracted for 2.6 million km^2 of aerial photography. Three fourths of the photographs were taken from altitudes higher than 11,700 m for photoinspection and photorevision of published maps and for photomapping. The aerial mapping cameras used by private contractors on photomissions for civilian government agencies were tested by the USGS Optical Calibration Laboratory. The Laboratory tested and calibrated 265 complete cameras and 27 lenses.

In the past, aerial camera lens resolution usually has been determined in a laboratory under ideal conditions. To obtain real-world data, permanent resolution targets, standard bar and Siemens star, were painted on the roof of the USGS National Center to measure resolution obtained under operational conditions. A low contrast ratio of 2.5:1, which approximates the contrast normally obtained in photographs used for mapping, was selected.

International co-operation

USGS provided technical assistance and training in surveying and mapping to a number of countries. Some examples include seminars and workshops on mapping requirements and on the preparation of cartographic products using LANDSAT materials, conducted at selected locations in Latin America. A horizontal control network was established in co-operation with the United States Department of Energy and Mexico's Federal Electricity Commission, for a crustal strain and subsidence study. Eighteen experimental simulated natural colour photo-image maps at 1:25,000 scale were published to provide new map coverage of the United States/Canada border from St. Regis, New York, to East Richford, Vermont, as part of a co-operative project between USGS and the United States Customs Service.

USGS is in its twenty-second consecutive year of providing surveying and cartographic support to the United States Antarctic Research Program, sponsored by the National Science Foundation. One of the Antarctic projects was a co-operative effort with the British Antarctic Survey to obtain control for LANDSAT image maps in Western Antarctica.

New sales index

The present system of providing information on the availability and coverage of cartographic data was critically reviewed. The first result is a new format for state map sales indexes, redesigned to improve readability and economy of maintenance. The new Virginia index map in black, grey, and red is much easier to read than the former light-green rendition with black overprint. One standard fold will replace the 11-fold sizes now used. New type-faces were chosen, and insets were added to show coverage in several map series. Two companion catalogues, one for published maps and the other for map data, with detachable order forms, will accompany the new index maps.

CARTOGRAPHY

Digital cartographic data

In 1976 USGS began equipping its mapping centres for digitizing mapped information (planimetric features such as the public land net) or for digitizing directly from aerial photographs (topographic features such as drainage and relief). An interim structure for the Digital Cartographic Data Base is being designed for use with new hardware. Special-purpose cartographic data bases are being acquired from the Bureau of the Census and other agencies and adapted for USGS use. A pilot project is being carried on, in connection with research on energy sources, to determine how best to digitize terrain elevations and planimetric data. The objective is to combine the surface data with digitized subsurface data on geologic structures in a National Coal Resources Data System to provide statistics on coal volume and overburden.

To fulfil specific requests for digital cartographic data, evaluate user application, and refine data formats, nine

pilot production projects covering various parts of the country are in progress. Examples of the projects are 33 7.5-minute quadrangles in Kentucky, Montana, Virginia, West Virginia and Wyoming that were digitized to support the National Coal Resource Data Bank, and 400 quadrangles in south-eastern California that were digitized to support a land management plan for the Bureau of Land Management, California Desert Planning Staff.

USGS is digitizing several categories of data at 1:500,000 scale of the states of Idaho and Utah to support geothermal energy evaluations. A special research activity associated with this project is investigating the use of control points from large-scale materials to improve the positional accuracy of the digital data files.

The United States Center of Astrogeology at Flagstaff, Arizona, has been developing techniques for digitally correlating imagery and elevation data to form a new altered image. A stereographic pair of LANDSAT images was produced by digitally introducing relief displacement (parallax) into one image; when the original and processed images are viewed together, the observer sees a stereo-image. Another application is the production of shaded-relief renditions of maps. The digital terrain data are converted to values of slope, which are used to compute the brightness levels (based on the desired sun angle and direction) that control production of the shaded image. Computer-generated shaded-relief maps were prepared that range in scale from 1:24,000 to 1:250,000.

Digitized stereo-models of the Packwood SE, Idaho, 7.5-minute quadrangle are being processed to investigate the feasibility of obtaining final scribed drawings from a digitized photogrammetric system. Computer programs that transform the independent digitized stereo-model data into format that can be manipulated by the Digital Data Edit System have been written. The editing system interactively smooths the linear information to final tolerances before the feature separate drawings are scribed by an automatic plotter.

Automated cartography

DMA black and white raster scanner plotters will soon undergo operational test and evaluation. In addition, a five-colour scanner was delivered in January 1979. This colour scanner will be a part of the Foreign Chart Processing System that will permit nautical chart updating and conversion using a completely raster scanning, editing and plotting system.

An Electron Beam Recorder will soon go under contract for delivery to DMA. It will permit electron beam exposure of both lineal and raster digital data to five-micron accuracy on 70 mm and 125 × 200 mm film.

The Engineer Topographic Laboratories at Fort Belvoir, Virginia, are replacing the automated type placement systems that have been in production for the past 12 years. The new systems will contain typewriters and digitizing tables to key and position the names plus cathode-ray tube printheads attached to precision plotters for exposing them.

Use of the voice to store data rather than the fingers for keystroking great volumes of information is becoming a reality in engineering operations. A voice digitizer, which has a vocabulary consisting of the numbers 1 through 10 and a limited set of instructions ("erase", "punch", etc.), is in use for recording bathymetric (ocean depth) data. An operator whose voice pattern has been previously stored in the computer's memory bank can have both hands free while reading off bottom-depth soundings. While at present limited to sounding data, the system has been demonstrated able to accept other kinds of information, natural features (such as reefs) and man-made objects (buoys, piers, wrecks).

A prototype scanning cursor that will precisely position digital data while it is being traced to within three mm of its exact position is now undergoing testing. The final production version is expected to speed up the manual digitizing process by approximately three times.

The United States continues development in the field of automated cartography such that the following instrumentation and techniques are under development:

Pre-Processor for Cartographic Data (PRECAD)—This procedure utilizes a PDP 11/45 resident computer to sort multistation input data and to convert these data from a vector encoded format to an absolute co-ordinate format. The procedure replaces the UNIVAC 1108 computer mainframe software resulting in a shortened production pipeline and a reduction in the number of magnetic tapes required.

Automated Graphic Digitizing System (AGDS)—The AGDS is a major advance in the collection of large volumes of digital cartographic data. The tedious and time-consuming manual digitizing function is largely replaced by high-resolution raster scanning techniques. The system contains a processor dedicated to the task of vectorizing the new raster data. The AGDS also contains several powerful interactive edit subsystems allowing for CRT verification and real-time feature tagging and file updates.

CRT Print Head—A high-resolution cathode-ray tube is mounted on a Concord precision plotter. This procedure is designed to produce colour-separated film sheets from digital names/symbols data. The system will provide access to digital type alphanumerics and symbols stored on magnetic disc to draw electronically a raster representation of each character or symbol, thus eliminating off-line photocomposition of characters or symbols.

Digital Ortho-Rectification Program System (DORPS)—The DORPS is designed to compute the horizontal ground positions of selected features (points or lines) which have been digitized from unrectified photographs.

Versatec Plotter Model 9-1600—The Versatec Model 9-1600 electrostatic plotter plots electrostatically, like a raster scan, as opposed to a pen plotter. Electrostatic plotting speed is unaffected by data density and is about 20 times faster than a pen plotter. The Versatec will be used primarily to verify very dense terrain elevation profiles.

Computer plotting programs—A number of special computer programs have been developed for specific plotters. These include a program for projection, graticule, grid, magnetic declination, and optionally plotting geodetic control on the Concord plotter. The software can produce data of reproduction quality for standard and non-standard 1:25,000, 1:50,000 and 1:250,000 map series.

File Maintenance System (FMS)—The File Maintenance System permits sets of terrain elevation data to be merged, modified, edited and displayed. The system operates in Fortran on a Univac 1108 computer and is designed so that a user can accomplish any of the above tasks through a set of functions known as "directives".

"Directives" can be used to smooth, reject or delete bad points and to interpolate or fill in points in areas where there are none. For example, the vertical datum of an area can be altered to change all elevations within that area.

Thematic cartography

Land-use and land-cover and associated maps

The United States is producing a series of land-use and land-cover maps compiled at 1:125,000 scale. Associated maps showing federal lands, hydrologic units, counties, and census county subdivisions are also being compiled for each land-use and land-cover map produced. The maps are keyed to the standard topographic map series at 1:250,000 scale and, for selected areas, to the new base maps being prepared at 1:100,000 scale. By September 1978 land-use and land-cover data had been compiled for 202 quadrangles, and 103 quadrangles were in production.

The first colour-coded land-use and land-cover map, of Kansas City, Missouri/Kansas, was published in 1978. Level I land uses are colour-coded using a modified version of the World Land Use Survey colour scheme. Level II land uses are classified using a two-digit numeral such as "21", which signifies crop land and pasture.

Land-use and land-cover maps and associated maps are being digitized in a polygon format. Polygons can be converted to grid cells of varying sizes to derive land-use and land-cover statistical data. After the maps are digitized, computerized graphic displays and statistical data on current land use and land cover are available for use in conjunction with other data. Statistical data are compiled for counties, for areas of federal ownership, by river basins and sub-basins, and by statistical units such as census tracts or other census county subdivisions.

A land-use and land-cover map of the Atlanta metropolitan region, compiled by conventional photointerpretation, was chosen to demonstrate the use of laser scanning and plotting equipment to prepare a polygon style thematic map for publication. A by-product of the scan-digitizing for this map is area measurement of the land-cover classes, which are included on the published maps.

The Central Atlantic Regional Ecological Test Site Project has been completed. This programme was a five-year demonstration project for introducing into regional land planning and management data from remote sensors carried on LANDSAT and high-altitude aircraft. This demonstration project was carried out by means of an environmental information systems model under which land-use maps were prepared from remotely sensed data, digitized, processed, and linked to other environmental and social data sets and to environmental consequences.

Accuracy analyses were made for land-use and land-cover maps at 1:24,000 and 1:100,000 scales. There was an accuracy of 90 per cent at the scale of 1:100,000; 87 per cent at 1:24,000 scale. The accuracy of the interpretations was consistent from category to category.

A computer program to design statistical samples for selecting test points to evaluate the accuracy of land-use and land-cover maps was also developed. Initial sample selection is based on a systematic, stratified, unaligned sampling technique. The analysis includes selecting the smallest sample needed to validate statistically the accuracy of a given category. For an under-represented category, the program randomly selects the remaining sample points from all classified polygons in the category. In addition, the program performs all of the post field test analysis that had previously required long periods of tedious computation.

USGS has conducted extensive research into the various aspects of land-use and land-cover change detection as a first step towards establishing an operational programme of map-updating. In addition to general research into alternative approaches, several specific studies were undertaken. The first study indicated an optimum revision cycle of three to four years. A second study of the impact of phosphate mining on the landscape showed the conversion of land from agricultural to intensive mining and industrial uses; accumulation of massive amounts of tailings; the construction of public service facilities; and the proliferation of mobile homes in urban centres. A third study was conducted to test the operational feasibility and effectiveness of using LANDSAT digital data for change detection and map revision. The results showed that LANDSAT digital analysis techniques were adequate for identifying changes where they were substantial and where they occurred over large areas. However, the results were marginal in small areas or in those with little change. A number of "false changes" were identified from the LANDSAT analysis. The difficulties encountered suggest that continued development and testing are needed.

Duval County, Florida, including the Jacksonville metropolitan area, was selected for an experiment to interface Geological Survey land-use and land-cover data with Bureau of the Census population and related demographic data using a computer. Results of this experiment showed that residential population density patterns are more meaningful than the usual density patterns for urban areas as a whole.

Land-use and land-cover change measurements on most of the barrier islands along the Atlantic and Gulf coasts were prepared for the Heritage Conservation and Recreation Service. Measurements for the period 1945-1955 were prepared from aerial photographs taken during those years and compared with land-use and land-cover measurements prepared in 1978. Urbanization and other types of development were tabulated as an aid in recreation planning.

Geographic Information Retrieval and Analysis System

The USGS Geography Program continued research and development work on a Geographic Information Retrieval and Analysis System (GIRAS) to extend and improve its capability for computer-aided storage, editing, manipulation, and retrieval of a geographic data base for land resource planning and management as well as for analysis of land-use patterns, trends, and problems. Nineteen land-use and land-cover sets were digitized and edited with GIRAS, totalling 1,295,000 km^2 in the 48 contiguous states.

PHOTOGRAMMETRY

Advanced Image-Correlation System

USGS acquired a Gestalt Photo Mapper II (GPM2), the first production model in the world. The GPM2 automatically corrects for the distortion in aerial imagery and concurrently produces orthophotographs and the correspond-

ing terrain data in contour and digital (magnetic-tape) form. The entire process is executed under computer control with the operator intervening occasionally to assist in correlating the images. Production time is related to various characteristics of the aerial photographs and of the terrain pictured. Production trials led to several improvements in software and physical facilities; i.e., a clean-room environment for the photograph scanning and printing elements.

Other equipment

The current trend towards automation is most evident in this area, as witnessed by the development of the experimental AS-11B-X automated stereo-mapper. The production version of the AS-11B-X, along with its supporting data processing system, will provide an order of magnitude improvement in production times for digital terrain elevation data. Currently under design is an advanced interactive editing system to optimize editing of both raw and processed terrain data.

DMA also has several other types of equipment relying upon automatic stereo image matching. The Optical Power Spectrum Analyzer (OPSA) is being developed to support these systems by screening photographs before input, with the objective of identifying problem areas prior to processing.

Photogrammetric systems are now being designed to accept imagery in either film or digital format. Currently under consideration is the Universal Rectifier, which is a departure from the specialized electro-optical design of current rectifiers to provide a much more flexible capability.

Kreowite Processor Model CPE31-EK2-2

The Kreowite Processor has been procured and is being installed in DMA. It will be used to process Kodak Ektacolor 74RC paper, to be used for intermediate aerial photographic products. The maximum format of these paper prints is 30 in. wide by any length. The processor may be used to produce paper prints of all sizes from 8 × 10 in. through the maximum format. This will permit more consistent results for colour prints at varying scales. It will also allow faster production rates for differing formats and save chemicals, as compared to the present developing tray methods.

Pako Processor, Model 2140

This Pako Processor designed for handling black and white RC paper has been installed at DMA. The equipment allows for production of continuous rolls of highly dimensionally stable photographic paper products with improved quality and a high production rate.

Kodak Versamat Film Processor, Model 1811

The changing of the chemicals used within the colour Versamat Processor from the standard Kodak Ektachrome E-6 type to conventional black and white chemicals permits production of sheet Eastman Print Film 4588 and 4421 Film Positives. The use of the Versamat 1811 with black and white chemicals allows a faster production rate, enabling the otherwise impossible completion of large volume projects. The change-over of chemicals causes no loss to the permanent colour capability of the processor. Thorough draining and cleaning of the processor, before refilling with the E-6 chemicals, is the only requirement.

Kodak Versamat Reversal Film Processor, Model 711

The Versamat Reversal Film Processor 711 has been in continuous use for four years. It is an excellent system resulting in the elimination of manual processing procedures while maintaining improved quality and high production rates.

Latady 3X Printer

The Latady 3X Printer has recently been modified and is at present being tested. The electronic dodging capability has been removed and a quartz iodide light source has been installed. The new light source provides maximum illumination and has reduced exposure requirements from approximately 240 sec to 12 sec, with an expected maximum of 24 sec.

Remote sensing and earth resources studies

Earth Resources Observation Systems Program

The Earth Resources Observation Systems (EROS) Program is dedicated to exploring and developing aerospace technology in resource inventory and mapping. It has encouraged the development of new techniques for making LANDSAT image maps and mosaics of the United States and other areas of the world.

EROS sponsored workshops on image processing and LANDSAT mosaic technology at IAGS Headquarters, Panama, and the construction of the Santiago/Mendoza, Chile/Argentina, LANDSAT mosaic. The mosaic has sparked greater use of LANDSAT in South America and has led to the development of a plan with the Pan American Institute of Geography and History (PAIGH) to construct image maps of the continent.

The EROS Program helped provide training in remote sensing and LANDSAT mosaic construction leading to the preparation of a mosaic of Central America sponsored by the Inter-American Development Bank. The mosaic became a base for overlays showing structural geology, forest distribution, and surface water distribution. The most noteworthy graphic showed that logging is rapidly diminishing the Honduran forests.

Imagery from LANDSAT and other earth-viewing satellites in near-polar orbits can now be prepared on a space oblique Mercator projection that makes it possible to print the images on a mathematically defined format. These satellites generate a narrow strip of imagery (186 km wide) in an oblique spiral around the earth. The space oblique Mercator projection is a cylinder that moves to maintain contact with the satellite ground track on a rotating earth. The ground track serves as the "equator" of the projection, which is conformal within a few degrees of the track. Two sets of equations have been formulated—one set treats the general case of any polar-orbiting satellite; the other set is specifically applied to LANDSAT.

A 1:500,000 scale satellite image mosaic of Georgia that shows the general extent of the flood plains was prepared for state use in regional geologic studies. A fundamental problem is determining the best way to process

LANDSAT data for distribution in image form. A second edition of the upper Chesapeake Bay satellite image map shows the improvement due to digital image processing. Other experiments indicated that conventional photoprocessing of spectral records into a colour composite may not be optimum for some mapping purposes. Consultation and co-ordination with mapmakers and others throughout the world indicate that cartographic applications of LANDSAT data are manifold and accelerating. Experience shows, however, that LANDSAT imagery must be supplemented by other more detailed and larger-scale data to provide cartographers with all the information they need to produce complete topographic maps at scales of 1:250,000 and larger.

Success in applying colour to LANDSAT multispectral imagery shifted attention back to the earliest method of obtaining colour pictures from black and white records. That method is to obtain at least two spectrally filtered records of the same area on black and white film and apply suitable colour inks on a printing press. In this way, the United States is experimentally adding colour to orthophotoquads. Real contract and high resolution are obtained by taking simultaneous aerial pictures on panchromatic and black and white infra-red films. The colour contracts provided in lithoprinting help the user interpret the perhaps unfamiliar aerial view. This technique was used to prepare image maps for the United States Customs Service along a 320-km strip of the United States/Canada border.

The informational content of LANDSAT cartographic products has been studied with respect to image-enhancement techniques. Landmarks chosen from topographic maps of northern Virginia were compared with the corresponding points on four differently processed colour images of the upper Chesapeake Bay. The original LANDSAT image was recorded in 1972. The variations in detectability of selected features on the small-scale images indicate that enhancement materially increased the informational content of the images. Edge enhancement, although it causes anomalies, further increases the interpretability of cultural and natural features that have continuous edges. An unexpected finding is that one-dimensional edge enhancement approaches the results obtained by two-dimensional edge enhancement.

As part of a continuing investigation of possible applications of LANDSAT imagery to cartographic problems, experimental editions have demonstrated that small-scale charts of shallow-sea areas can be prepared quickly and accurately. These areas are difficult and expensive to chart by conventional methods. This finding is of interest to the agencies responsible for nautical charting.

LANDSAT images that show the maximum extent of ice coverage on the Chesapeake Bay, Potomac River, and Washington, D.C., vicinity on 7 and 8 February 1977 were processed as a 1:50,000 scale colour image map. The images were digitally enhanced at the EROS Data Center, Sioux Falls, South Dakota, to emphasize ice distribution. Comparison of the two images demonstrates LANDSAT capability to record temporal phenomena of general interest for historical purposes.

Working with film rather than paper, an improved method of preparing photomosaics has been developed. The separate film images are not physically joined, as is done with paper prints, but are exposed step-by-step on to a single master film. The method is especially valuable in producing multicolour image maps, such as a LANDSAT image map for an entire state. Since the multispectral scanner on LANDSAT obtains simultaneous images in four bands of the visible and near-infra-red spectrum, two to four separate master mosaics can be prepared for the area of interest. The separate mosaics are used to make photographic colour composites or lithographic pressplates for publication. Practical training on the film-mosaics methods was given to cartographers in Central and South America at the request of IAGS and the Government of Chile.

Metrication

After the passage of the Metric Conversion Act of 1975, a representative group of 150 federal, state, and private organizations that will be affected by metric conversion in mapping were asked for opinions and advice on technical details of metrication. The replies received in 1976 showed preference for the 1:25,000 scale for 7.5-minute quadrangle maps and the contour-interval sequence of 1, 2, 5, 10, 20, 50 and 100 m. Additional metric intervals are being considered. The replies from states varied widely, from preferring to metricate immediately to insisting on waiting until 1:24,000 scale coverage is complete for the state. Individual state plans for completing 7.5-minute coverage and metricating will consider the problems and requirements of the state concerned. New metric topographic mapping commenced in New York with a project comprising 32 1:25,000 scale quadrangles covering the area where the 1980 Winter Olympics will be held. Also, all new 1:100,000 scale maps and complete revisions of published maps will be metric.

Designs and specifications are being prepared for the several new series of metric maps, which will eventually replace the current series based on customary units of measure in the United States. In consultation with DMA, USGS has designed specifications for the 1:50,000 scale series to meet both military and civilian requirements and thus reduce duplication of effort. Using a similar concept, the design has been standardized for the combined topographic/bathymetric maps of coastal areas being produced jointly with NOS.

Metric maps of some areas of the United States, primarily in the coastal zones, require a 1-m contour interval to properly depict the hypsographic features. To determine the time and cost of producing 1-m contours, two projects are being compiled by different methods. The Nanticoke, Maryland, project, consisting of six 7.5-minute quadrangles, is being compiled by field surveying methods; the Golden Hill, Maryland, project, consisting of four 7.5-minute quadrangles, is being compiled by photogrammetric methods using photographs taken with a camera of 15-cm focal length at a flight height of 1,500 m. The areas selected are representative of the general landform types that require 1-m contours—that is, primarily tidal marshes and low-lying farmland.

The Saranac Lake, New York, quadrangle is the first of a series of metric topographic maps being prepared in a new format: 7.5 minutes of latitude by 15 minutes of longitude, at 1:25,000 scale. The map contains newly designed symbols and has a redesigned border. In addition to traditional data, such as the credit legend, bar scale, contour interval, and declination diagram, the border contains a legend explaining topographic map symbols, a

metric-customary unit conversion table, and other data pertinent to metric mapping. All map elements—grid, contours, elevations, distances, and bathymetry—are in metric units. The 1:25,000 scale metric series is printed on the same size of paper and uses the same feature-separate sequence as the 1:100,000 scale metric series.

Geographical names

Geographical names are of interest to everyone and therefore constitute an important element in any cartographic data bank. It is estimated that more than 3 million geographical names are in active use in the United States. An automated information system, the Geographic Names Information System (GNIS), was designed by USGS, which will eventually encompass all of those names together with related information, such as location, size and type of feature. The files are organized primarily by state, with complete data now available for several states. A separate file contains all of the formal decisions of the United States Board on Geographic Names since its founding in 1890. As established, the files permit ready answers to questions about specific features and also permit assembly of comprehensive lists, such as gazetteers for states, or selective lists—for example, one describing all the streams in six counties. Assembly of complete files for the entire United States is a long-range project that will take several years. A significant feature of the GNIS is the Voice Data Entry Terminal System, a voice recognition system having a tape-recorded vocabulary for reference. By speaking the 5 digits of the GEONAME record number and 13 digits of the geographical co-ordinates, the operator records a complete computer-compatible update entry on a separate magnetic tape.

All of the Americas with the exception of the continental United States have been covered by 30 BGN gazetteers. The earliest publication date is 1955 (Canada) and the most recent revisions are those for French Guiana (1974), Suriname (1974), Guyana (1976) and Nicaragua (1976). The names in these gazetteers are taken from local official sources and from maps generally at the scale of 1:250,000. However, some countries or parts of countries have been gazetteered at 1:50,000 scale, e.g., Cuba, the Dominican Republic, Haiti, the Canal Zone and Guyana.

On the international level, the United States has been active in programmes to foster name standardization. Through United Nations conferences and technical meetings commencing in 1967 and continuing through the Third United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names, which took place at Athens in 1977, the United States has played an important role in developing useful principles and philosophies of standardization. The collaboration of representatives of several countries of the Americas has marked these meetings.

United States information centers

National Cartographic Information Center

The National Cartographic Information Center (NCIC) collects and distributes information concerning the availability of cartographic data for the United States. The NCIC has 7 regional offices throughout the United States and 12 affiliate offices. NCIC has agreements with 11 federal and 12 state agencies for collecting and storing information about the availability of cartographic data.

The Aerial Photography Summary Record System was developed to provide information about aerial photographs. Over 50 organizations now submit data for inclusion in the NCIC Aerial Photography Summary Record System. Federal, state and city agencies as well as private industry have contributed over 2 million records covering all areas of the United States.

NCIC has completed the systems design and programming of the Cartographic Catalog. The Cartographic Catalog consists of descriptive records of any cartographic product in the NCIC information systems. The information is arranged by place name or geographical co-ordinates. The first edition of the catalog was recently produced, containing 14,000 Library of Congress records.

National Geodetic Information Center

This Center (NGIC), formerly named the National Geodetic Survey Information Center, is responsible for the preparation, publication, and dissemination to the public of United States horizontal and vertical control data. During the reporting period, subscribers to the Geodetic Control Data Automatic Mailing List Agreement grew by 39 per cent, an average annual increase of nearly 15 per cent. Approximately 18,000 reports on the condition of survey marks were received from sources other than NGS.

Work has continued to enter positional and descriptive data from the horizontal and vertical publications files into machine-readable form. About 85 per cent of the adjusted positional data files have been loaded into the Data Base. Loading of horizontal descriptions commenced in July 1978. Software is near completion, which will provide NGIC with the capability to produce a completely automated geodetic control publication and allow update maintenance procedures to be performed directly through the Data Base.

Since July 1977 all observational and descriptive data furnished to NGS conform to the "Input Formats and Specifications for the National Geodetic Survey Data Base". This standardization of inputs from all sources is a major step in making the National Geodetic Data Center a reality. Once incorporated into the Data Base, these data become available for all users for their respective areas of interest and will represent a more comprehensive coverage than was ever available before from a single source.

In support of the National Geodetic Vertical Datum (NGVD) readjustment, a contract has been let to provide latitude and longitude for all bench marks published by NGS. Approximately 100,000 bench marks have been plotted and digitized and the remaining 400,000 will be completed over the next four years.

Gravity Library, Department of Defense

The Department of Defense Gravity Library, operated and maintained by the Defense Mapping Agency Aerospace Center, in St. Louis, Missouri, provides services as required to all agencies within the Department of Defense. In addition, the Library exchanges gravity data informally with many private geophysical and exploration organizations. This policy allows the United States to pro-

vide services to other organizations in exchange for their gravity contributions. Only those organizations contributing data to the library can avail themselves of the many services available.

The Gravity Library's automated holdings for the Americas consist of approximately 1,000,000 individual gravity stations, and 2,500 1° × 1° mean gravity anomalies.

COUNTRY REPORT*

Paper presented by the Federal Republic of Germany

RÉSUMÉ

En République fédérale d'Allemagne, la recherche scientifique dans tous les domaines de la cartographie relève essentiellement de la Deutsche Geodätische Kommission. Les tâches de cette commission sont de lancer et d'appuyer les projets de recherche, d'appliquer les recommandations de l'Association internationale de géodésie dans ce pays et d'assurer la contribution de la République fédérale d'Allemagne aux projets internationaux. La Commission s'acquitte de ces tâches par l'intermédiaire du Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut.

En République fédérale d'Allemagne, ce sont les services topographiques des *Länder* fédéraux et plusieurs institutions fédérales centrales qui sont chargés officiellement de l'établissement de levés et de cartes. Ils ont fondé l'Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (Comité de travail des instituts topographiques des *Länder* de la République fédérale d'Allemagne) afin de coordonner les travaux, les méthodes et les résultats. Des groupes de travail de ce comité mènent des travaux de recherche-développement orientés vers l'utilisation pratique dans leurs domaines de travail respectifs. Il en est de même des bureaux de la préservation, de l'amendement, de la mise en culture et du regroupement des terres des *Länder* fédéraux et de leur comité du travail.

Tous ces services publics centraux et leurs bureaux auxiliaires s'occupent de topographie, de cartographie et du cadastre au niveau national. Ils sont appuyés par des topographes agréés (inscrits au registre), travaillant de façon indépendante mais qui doivent néanmoins respecter les lois et décrets en la matière. Ils s'occupent également de tous les types de levés d'étude.

La recherche et l'enseignement technique sont assurés dans des universités techniques et des écoles professionnelles, qui dispensent également une formation avancée en cours d'emploi sous forme de colloques scientifiques, de conférences et de stages pratiques. Ces colloques, conférences et stages sont souvent organisés en coopération avec des associations scientifiques et techniques qui cherchent elles aussi à perfectionner la formation technique de leurs membres.

RESUMEN

En la República Federal de Alemania, la investigación científica en todas las esferas de la cartografía es primariamente tarea de la Deutsche Geodätische Kommission. Esta tarea comprende: iniciar y prestar apoyo a centros de investigación, aplicar en este país las recomendaciones de la Asociación Internacional de Geodesia y aportar la contribución de la República Federal de Alemania a los proyectos internacionales. Para realizar esta tarea, la Comisión dispone del Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut.

En la República Federal de Alemania, las administraciones de levantamientos cartográficos de los *Laender* federales y varias instituciones federales centrales están encargadas de los levantamientos y la cartografía oficiales. Fundaron el Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (Comité de Trabajo de las Oficinas de Levantamientos de los *Laender* de la República Federal de Alemania) a fin de coordinar sus tareas, métodos y resultados. Grupos de trabajo del Comité realizan tareas de investigación y aplicaciones prácticas orientadas a la utilización práctica en sus respectivas esferas de trabajo. Lo mismo se aplica a las oficinas de preservación, mejoramiento, aprovechamiento y consolidación de tierras de los *Laender* federales y sus comités de trabajo.

In the Federal Republic of Germany, scientific research in all fields of cartography is primarily the task of the Deutsche Geodätische Kommission (DGK) (Geodetic Commission). It involves initiating and supporting research projects, realizing in the Federal Republic the recommendations of the International Association for Geodesy (IAG), and contributing to international projects. In order to accomplish these tasks, the DGK makes use of the Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI) (Geodetic Research Institute).

In the Federal Republic of Germany, the survey administrations of the federal *Laender* and several central federal institutions are responsible for official surveying and mapping. They founded the Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik

* The original text of this paper, prepared by the Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main, appeared as document E/CONF.71/L.18.

Deutschland (AdV) (Working Committee of the Survey Offices of the *Laender* of the Federal Republic of Germany) in order to co-ordinate their tasks, methods and results. Working groups of AdV carry on research and development directed to practical use in their respective fields of work. The same applies to the offices of the federal *Laender* for the preservation, improvement, reclamation and consolidation of land, and of their working committee.

All these central public authorities and their lower local offices perform the activities of national surveying, official cartography, and property cadastre. They are supported by chartered surveyors (registered land surveyors), working on a free-lance basis, who must nevertheless observe the relative laws and decrees. They execute all kinds of engineering surveying, too.

Research and technical education is realized at technical universities and professional schools, carrying on also the advanced training accompanying the professional work in the form of scientific colloquia, lectures on the state of the art, and refresher courses. Such meetings are frequently held together with scientific/technical associations, aiming at the technical advanced training of their members.

Scientific research

In recent years, the research subjects described below have been treated with priority.

Geodesy

In geodesy, the use of earth satellites for geodetic purposes was placed in the centre of the work. The satellite observation station Wettzell in the Bavarian Forest operating within the scope of a *Sonderforschungsbereich* (field of special research) disposes of the currently most modern equipment for such works;

(*a*) Nd-YAG-Laser of the third laser generation with devices for automatic tracking and for day and night use, with a range of 20,000 km, sufficient for all existing and planned satellites, and to be extended for distance measurements to the moon;

(*b*) Doppler measuring system CMA-722B for the satellites of NNSS;

(*c*) Doppler measuring system CMA-725 for the GEOS satellites;

(*d*) Two ballistic cameras;

(*e*) One C-band radar system;

(*f*) Automatic weather stations.

Thus, the station belongs to the most important participants in large international research projects and observation programmes—for example:

(*a*) EDOC-II programme with 37 stations in western and southern Europe for the determination of transformation parameters for the ED 77 and for the improvement of the RETrig;

(*b*) DÖDOC, with 21 stations in the Federal Republic of Germany and Austria, for the determination of geocentric co-ordinates and transformation parameters.

Additional research has referred to the use of altimetric data for the determination of the geoid in ocean areas.

The results of all these activities represent the necessary completion of those of terrestrial/geodetic procedures.

The European network of longitudes was checked and stabilized by astronomic/geodetic observations performed in central and western Europe.

The readjustment of the European Triangulation of Primary Order (RETrig) resulted in the determination of ellipsoidal (two-dimensional) co-ordinates of the stations in a uniform network calculated according to scientific points of view. This set of co-ordinates was introduced as European Datum 1977, replacing the ED 50 used previously.

Since the introduction of the International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN 71) as a global gravity reference system by IAG, it has been necessary for the Federal Republic of Germany to renew its previous primary gravity network (with different gravity level and gravity scale). For its new first-order gravity network, 21 stations were selected, each comprising one centre and three ex-centres. Eleven of these stations are combined with the IGSN 71 in order to determine the level and the scale of the network. This network, established according to the most modern criteria, will satisfy all demands for a longer period of time.

Photogrammetry

In photogrammetry, the availability of image records from space and new image processing and evaluation procedures led to new research tasks.

Studies on acquiring semantic information from aerial and satellite images resulted in new knowledge on the reflection characteristics of topographic features of utmost interest for automatic discernment of features, especially in remote sensing.

Geoscientific interdisciplinary experiments—partly in connection with the space-lab programme—provided information for map revision, environmental control, and on many other purposes by means of multispectral records.

New instrumental systems of ortho-phototechnique and the use of the image correlator were subjects of studies showing the possibilities and limits of using problematic image material.

Research on the digital terrain model is of special interest for later use in cartography. Programs were conceived and tested for the computational preparation and transmission of the processed photogrammetric values of the measurements to a data base.

Cartography

In cartography, the introduction of computer-assisted procedures into the different processes of mapping has top priority. On this subject, research is performed at different university institutes and public authorities. Special mention should be made of the instrumental system financed by the federal administration and the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (Society for the Advancement of Scientific Research), which is available in the Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG) (Institute for Applied Geodesy) at Frankfurt am Main. It comprises:

(*a*) Interactive digitizing system Aristogrid CD 400 with processor, digitizer, Tektronics storage tube, threshold (speech input) and peripheral for the capture, processing and storage of cartographic data;

(*b*) Interactive system Coragraph DC3 with processor, digitizer, Tektronics storage tube, high-precision drawing

machine and peripheral with line printer for the capture, processing, storage, output and transmission of cartographic data under certain functions, especially for interactive generalization;

(*c*) Concord-Control-Rasterscanner for studies on cartographic data in rasterformat.

A further extension is planned.

After detailed studies on the organization of cartographic data files, at present six different digital data bases with regional, national and international content, are in operation and kept up-to-date. The possibilities for access and selection by various users are continuously developed.

The problems of graphic data capture by scanning are, in principle, solved, and results have been obtained in reducing the data for the representation of scanned objects to a minimum of their point sets.

For the transformation of geographical co-ordinates from data bases into plane rectangular co-ordinates, programs have been developed for automatically representing any section of the earth's surface in many different projections on drawing machines, by means of electronic data processing.

The graphic data output also includes EDP-assisted placement of map lettering, which can interactively be moved on the screen and digitized to the desired position and then exposed on a photo-typesetting device.

Studies on using EDP for the preparation of gazetteers for geographical names led to the development of appropriate programs. The results will be reported separately.

Practical work

The activities of national surveying primarily concern the supersession of the networks of horizontal and vertical control survey stations. Due to modern survey techniques using electronic measuring systems and to the evaluation of masses of measuring values by means of electronic computers, such a supersession has become possible within a calculable time. As far as the network of horizontal control survey stations is concerned, the work is already in process, starting from a scientific diagnosis of the network; as to the network of vertical control survey stations, preparations are being made for 1980-1985. In addition, conventional measurements for the densification of the national networks are continuously performed. For all projects, the automatic data flow is planned from the field survey up to the data file for the control survey stations. After the establishment of a first-order gravity network, the network of gravity control survey stations will be densified up to one station per 4 km^2.

Topographic national surveying by means of aerial photogrammetry and—as far as necessary—tacheometric procedures is reflected on the topographic basic maps 1:5,000 (in the south of the Federal Republic of Germany—partly 1:2,500). However, only parts of this map series are complete. Due to the large scale and a representation of planimetry and heights according to scale, this map series will be best suited as a basis for various purposes of application.

Until the map series is completed, the topographic map 1:25,000 is used for the capture of topographic changes and thus constitutes the basis for the preparation and revision of the derived scales. The entire map series 1:25,000 is available.

The official map series, in addition to the basic map 1:5,000 published by the Survey Offices of the *Laender*, comprises:

(*a*) Topographic Map 1:25,000 with 2,095 sheets;

(*b*) Topographic Map 1:50,000 with 560 sheets;

(*c*) Topographic Map 1:100,000 with 151 sheets (of which, at present, 84 sheets are available in a final edition and 64 in a provisional edition).

Every year about 15 sheets 1:25,000 are newly drawn to replace the old ones, and about five sheets 1:100,000 are issued for the first time.

Every year about 270 sheets 1:25,000, about 100 sheets 1:50,000 and about 17 sheets 1:100,000 are updated.

By order of the federal administration and the Survey Offices of the *Laender*, the Institut für Angewandte Geodäsie publishes:

(*a*) Topographic General Map, 1:200,000 with 44 sheets;

(*b*) General Map, 1:500,000 with 4 sheets;

(*c*) International Map of the World on the Millionth Scale, with two sheets;

(*d*) Maps for air traffic control and military purposes.

From these map series, special maps (combined sheets, maps of towns with environment, district maps etc.) are prepared and thematic maps of most different kinds derived, depending on the demand.

For the automation of the property cadastre, the survey administrations decided upon a mixed concept for the tax roll and for the property map. Since 1977 they carry on automation of the property map aiming at storing the property boundaries and all important planimetric information of the parcels no longer graphically but digitally in EDP systems. Thus, data files will be established for planimetry, co-ordinates and measuring elements. For the future course of work, the Administration plans to store these data files in an integrated manner with the appertaining data of the tax roll (descriptions of the parcels) and those of the property register (legal conditions of the parcel). In the individual federal *Laender*, work has been started and advanced to a different extent.

Further activities

Apart from institutions of scientific research and public administration, scientific/technical associations make lasting contributions to the development of surveying in the Federal Republic.

Their aim is to promote their respective fields in science and practice and to maintain international co-operation. They provide the following services:

(*a*) Publication of technical journals;

(*b*) Organization of annual congresses, each one on a specific subject and devoted to the meeting of science, practice and public;

(*c*) Realization of technical events (courses, symposia);

(*d*) Exchange of knowledge and experience among working groups, often executing investigations independently;

(*e*) Co-operation with the corresponding commissions of foreign and international associations.

Universities, professional schools, and associations hold annual courses for advanced training on interrelated subjects, always meeting with positive results at home and abroad. Recently, for example, the following were held:

(*a*) A course for engineering surveying of high precision;

(*b*) A symposium on land information systems;

(*c*) A symposium on deformation measurements by means of geodetic methods;

(*d*) The annual "Photogrammetric Weeks";

(*e*) *Arbeitskurse Niederdollendorf* (working courses at Neiderdollendorf, in cartography).

In the Federal Republic of Germany, the advanced training of foreign specialists and top executives, especially from developing countries, is also carried on with intensity. Possibilities are permanently available for obtaining individual advanced training at practically all scientific insitutions and public institutes. Several courses lasting an extended period of time were held with remarkable success for a large number of participants.

Detailed information is given on the development and progress made in surveying and mapping in the Federal Republic in numerous publication series regularly issued by scientific organizations and public authorities and associations.

REPORT ON CARTOGRAPHIC ACTIVITIES IN THE AMERICAS*

Paper presented by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

RÉSUMÉ

Le rapport rend compte des activités de levés et de cartographie des pays et des mers de l'Amérique menées par les services gouvernementaux du Royaume-Uni entre le 1er décembre 1975 et le 31 décembre 1978.

Levés et cartes topographiques. Ces travaux ont été effectués surtout par le Directorate of Overseas Surveys (DOS) du Ministère pour le développement d'outre-mer (ODM) en collaboration avec les services locaux et aussi, sur demande, par le Directorate of Military Surveys (DMS). Des sociétés commerciales travaillant sous contrat pour le Gouvernement britannique ont pris la plupart des photographies aériennes. La première partie du rapport contient, pour chaque pays, des renseignements détaillés sur les travaux entrepris. Les activités du DOS s'inscrivent dans le cadre du programme général d'assistance du Royaume-Uni à la région.

Un haut fonctionnaire du DOS, particulièrement responsable pour la région, est basé à la Division du développement de l'ODM à la Barbade. Il dirige et surveille les projets organisés sous les auspices de l'ODM et donne, sur demande, des conseils techniques sur les questions de cartographie. Des géomètres expérimentés ont été détachés, pour une période limitée, auprès des Gouvernements d'Antigua, des îles Vierges britanniques et des îles Caïmanes afin d'aider et de développer les services cartographiques de ces pays.

Géodésie par satellite. Des repères Doppler précis ont été déterminés par satellite dans plusieurs pays. Il en a été installé en Guyane en 1976 et dans les Antilles et au Belize en 1977 par les soins du DMS dans le cadre du réajustement du réseau de contrôle pour l'Amérique centrale et les Antilles. En 1977-1978, le DOS a mis en place en Guyane un réseau Doppler permanent à larges mailles pour servir de canevas à l'établissement d'une série ordinaire de mosaïques rectifiées. Deux récepteurs JMR ont été utilisés en translocation, le récepteur de base

RESUMEN

El informe es una relación de la contribución hecha por los organismos del Reino Unido, entre el 1° de diciembre de 1975 y el 31 de diciembre de 1978, al levantamiento topográfico y cartográfico de los países y mares de América.

El levantamiento topográfico y cartográfico ha sido llevado a cabo por la Dirección de Levantamientos de Ultramar (Directorate of Overseas Surveys o DOS) del Ministerio de Desarrollo de Ultramar (Ministry of Overseas Development o ODM), en colaboración con los departamentos de topografía de los países. Parte de las tareas fue realizada por la Dirección de Levantamientos Militares (Directorate of Military Surveys o DMS), a pedido de los interesados. La fotografía aérea fue hecha principalmente por empresas comerciales contratadas por el Gobierno del Reino Unido. Los detalles de las tareas emprendidas para cada país se dan en la primera parte. Las tareas de la DOS forman parte del programa de ayuda del Reino Unido a la región.

El Oficial Superior de Levantamientos Regionales de la DOS que se ocupa especialmente de las tareas en la región tiene su sede en la División para el Desarrollo del ODM en Barbados. Este funcionario está disponible para administrar y vigilar los proyectos patrocinados por el ODM y para prestar su asesoramiento profesional, a pedido de los interesados, sobre todos los aspectos del levantamiento topográfico y la cartografía. El Reino Unido ha destacado topógrafos profesionales superiores para que trabajen con los Gobiernos de Antigua, las Islas Vírgenes Británicas y las Islas Caimán por períodos limitados a fin de asistir a los departamentos de topografía de esos países y fortalecerlos.

Geodesia con satélites. En varios países se han realizado determinaciones precisas de posiciones con la ayuda de satélites que utilizan el sistema Doppler. La DMS instaló el instrumental en Guyana en 1976, y en el Caribe y en Belize en 1977, como contribución al reajuste de la reticula de control de América Central y el Caribe. La DOS estableció en 1977 y 1978 en Guyana una red de marcas permanentes de gran separación, con estaciones de satélites que utilizan el sistema Doppler como medio

* The original text of this paper, prepared by the Directorate of Overseas Surveys, appeared as document E/CONF.71/L.34.

étant placé aux stations de cheminement existantes de l'IAGS (Service interaméricain de géodésie). Aux Bermudes, la position d'une station de poursuite SEASAT a été déterminée par la méthode Doppler.

Etablissement de levés et de plans cadastraux. Le projet régional de levés et de registres cadastraux dans les Antilles s'est poursuivi sous les auspices de l'ODM. Il a pour but d'établir des systèmes modernes d'enregistrement des parcelles adaptés à chaque territoire et de former du personnel local pour gérer le système une fois qu'il aura été mis en place. Le DOS a fourni un appui considérable en détachant du personnel auprès de l'équipe chargée du projet, en mettant en place le canevas et en faisant des agrandissements photographiques, des mosaïques et des cartes à grande échelle sur demande. Pendant la période considérée, l'équipe a terminé ses travaux dans les îles Caïmanes et à Anguilla; elle travaille actuellement à Antigua.

De plus, un projet pilote de cadastre a été mené à bien au Belize en 1976-1978 et un nouveau projet a été lancé à Montserrat à la fin de 1978.

L'inventaire et l'enregistrement systématique des biens-fonds aident considérablement à accroître les possibilités de développement d'un territoire et donnent une plus grande sécurité de jouissance à tous les propriétaires terriens. Un rapport sur les projets d'établissement de cadastres dans la région des Antilles est présenté à la Conférence.

Travaux hydrographiques et établissement de cartes marines. Les travaux ont été effectués par la Marine royale, et le Département hydrographique a assuré la publication des cartes. On trouvera une description détaillée dans le rapport.

Le Royaume-Uni a participé activement à la réunion du Groupe d'experts des levés hydrographiques et de la cartographie marine en décembre 1977 : le Groupe a établi un rapport détaillé qui a été publié en mai 1978.

Cartographie automatisée et banques de données. Des progrès considérables ont été réalisés dans ce domaine depuis la présentation du dernier rapport, et un document sur la base des données topographiques de l'Ordnance Survey et les principes pour les années 80 sera présenté à la Conférence.

Enseignement et formation. Des boursiers de la région ont reçu au Royaume-Uni une formation dans le domaine de la cartographie, de la photographie, de l'impression, des levés de terrains, de la gestion des services compétents et de l'hydrographie. Une formation pratique sur le terrain a été dispensée par les équipes du DOS chargées des levés à la Grenade, en Guyane, à la Jamaïque et à Sainte-Lucie, et par les équipes cadastrales.

L'ODM a pris en charge la rémunération d'enseignants du Community College de la Barbade et, depuis plusieurs années, il recrute des maîtres de conférence pour le College of Arts, Science and Technology de la Jamaïque, dans le cadre du British Government Expatriate Supplementation Scheme. Le College entretient également des relations étroites avec North-East London Polytechnic au sujet de projets d'expansion des programmes et de cours accélérés spéciaux.

de control para una serie regular de mosaicos rectificados. Se utilizaron dos equipos JMR en modalidad de traslocación, con el equipo de base instalado en puntos de marca existentes de la poligonal IAGS. En Bermuda se determinó la posición de la estación de rastreo SEASAT por el sistema Doppler.

Levantamiento y cartografía catastral. Continúa ejecutándose en la región el proyecto de levantamiento y registro catastral regional del Caribe, patrocinado por el ODM. Su objetivo es establecer sistemas modernos de registro de tierras, idóneos para cada territorio, y capacitar al personal de contraparte local para que administre el sistema cuando se haya establecido. La DOS ha prestado considerable apoyo asignando personal al Grupo del Proyecto, estableciendo retículas de control y preparando ampliaciones fotográficas, mosaicos y mapas en gran escala, en la medida de las necesidades. El Grupo completó sus tareas en las Islas Caimán y en Anguila durante el período considerado y actualmente trabaja en Antigua.

Además, de 1976 a 1978 se puso en práctica un proyecto en pequeña escala de registro de tierras en Belize y a fines de 1978 se comenzó otro en Montserrat.

El levantamiento topográfico y el registro sistemático de la propiedad inmobiliaria contribuyen considerablemente al potencial desarrollo de un territorio y dan mayor seguridad a la tenencia de todos los propietarios de tierras. Se presentará a la Conferencia una monografía sobre los proyectos de registro de tierras en la región del Caribe.

El levantamiento y la cartografía hidrográficos han estado a cargo de la Armada británica y el Departamento Hidrográfico ha preparado y publicado las cartas. En el informe se dan detalles al respecto.

El Reino Unido participó activamente en la reunión del Grupo de Expertos en Levantamientos Hidrográficos y Cartografía Náutica, celebrada en diciembre de 1977. El Grupo preparó un amplio informe, publicado en mayo de 1978.

Cartografía automatizada y bancos de datos. Se han logrado considerables progresos en estas esferas desde que se publicó el último informe y se presentará a la Conferencia una monografía titulada: "La base de datos topográficos de la Dirección de Topografía y Geodesia del Reino Unido — conceptos para el decenio de 1980".

Formación y enseñanza. El Reino Unido ha proporcionado capacitación en materia de cartografía, fotografía, impresión, levantamientos topográficos, gestión de levantamientos e hidrografía a becarios de la región. Los grupos topográficos de la DOS que trabajan en Grenada, Guyana, Jamaica y Santa Lucía, así como los grupos de registro de tierras, han impartido formación práctica sobre el terreno.

El ODM mantuvo en un principio personal docente en el Colegio Universitario de nivel inferior de Barbados y durante varios años contrató profesores universitarios para el Colegio Universitario de Artes, Ciencia y Tecnología de Jamaica, en virtud de planes complementarios de personal expatriado del Gobierno británico. Este Colegio ha establecido vínculos estrechos con el Politécnico del Noreste de Londres en relación con planes de preparación de cursos y el establecimiento de cursos especiales de corta duración.

Nombres geográficos. El Reino Unido participó en la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas para Norma-

Noms géographiques Le Royaume-Uni a participé à la troisième Conférence des Nations Unies sur la normalisation des noms géographiques, qui s'est tenue à Athènes en 1977, ainsi qu'à la huitième session du Groupe d'experts des noms géographiques en 1979

Télédétection Le Royaume-Uni a l'intention de créer un centre national de télédétection en 1979-1980. Ce centre sera au même endroit que le correspondant national d'Earthnet dans les locaux du Groupe de la télédétection du Royal Aircraft Establishment Farnborough

lizar los Nombres Geográficos, celebrada en Atenas en 1977, y también en el octavo período de sesiones del Grupo de Expertos en nombres geográficos celebrado en 1979

Teleobservación El Reino Unido se propone establecer un Centro Nacional para la Teleobservación en 1979-1980. Tendrá igual emplazamiento que el actual Punto Nacional de Contacto del Reino Unido con Earthnet, en la Dependencia de Teleobservación del Centro Aeronáutico Real de Farnborough

Introduction

This report is an account of the contribution made to the surveying, mapping and charting of the countries and seas of the Americas by United Kingdom government agencies between 1 December 1975 and 31 December 1978.

Topographical surveying and mapping

Topographical surveying and mapping has been carried out mainly by the Directorate of Overseas Surveys (DOS) of the Ministry of Overseas Development (ODM) in collaboration with local survey departments; and some work has been undertaken, on request, by the Directorate of Military Survey (DMS). Air photography has been flown mainly by commercial firms working under contract to the Government of the United Kingdom. Details of the work undertaken for each country are given below. The DOS work is part of the overall United Kingdom aid programme to the region.

A senior DOS Regional Survey Officer, with special responsibility for the region, is based in the ODM Development Division in Barbados. He is available to manage and monitor ODM-sponsored projects and to give professional advice on all aspects of survey and mapping, on request. Senior professional surveyors have been seconded to the Governments of Antigua, the British Virgin Islands and the Cayman Islands for limited periods to assist and strengthen the survey departments in those countries.

Satellite geodesy

Precise Doppler satellite fixes have been made in a number of countries. They were put in in Guyana in 1976 and in the Caribbean and in Belize in 1977, by DMS, as a contribution to the readjustment of the Central America/Caribbean control framework. A widely spaced, permanently marked network of Doppler satellite stations was established by DOS in Guyana in 1977/78 to provide control for a regular series of rectified mosaics. Two JMR sets were used in translocation mode, the base set being placed on existing IAGS traverse stations. In Bermuda the position of a SEASAT tracking station was fixed by Doppler.

Cadastral surveying and mapping

The Caribbean Regional Cadastral Survey and Registration Project, sponsored by ODM, continued to operate in the region. Its aim is to establish modern systems of land registration, suited to each territory, and to train local counterpart staff to operate the system once it has been set up. Considerable back-up support has been provided by DOS in seconding staff to the Project Team, in establishing control frameworks and in preparing photographic enlargements, mosaics and large-scale mapping, as required. The Team completed work in the Cayman Islands and in Anguilla during the period and is currently working in Antigua.

In addition, a pilot land registration project was carried out in Belize in 1976-1978 and a new project commenced in Montserrat in late 1978.

Systematic survey and registration of property contributes considerably to the development potential of a territory and improves the security of tenure of all land owners. A paper entitled "Land registration projects in the Caribbean region" is being presented to the Conference.

Hydrographic charting and surveying

Hydrographic charting and surveying has been carried out by the Royal Navy and charts have been prepared and published by the Hydrographic Department. Details are given below.

The United Kingdom participated actively in the meeting of the United Nations Group of Experts on Hydrographic Surveying and Nautical Charting in December 1977. The Group prepared a comprehensive report, which was published in May 1978.

Automated cartography and data banks

Considerable advances have been made in these fields since the last report, and a paper entitled "The ordnance survey topographic data base—concepts for the 1980s" is being presented to the Conference.

Training and education

Training in cartography, photography, printing, land survey, survey management and hydrography has been provided in the United Kingdom for trainees from the region holding Technical Co-operation Scholarships or United Nations Fellowships. Practical training in the field has been provided by DOS survey parties working in Grenada, Guyana, Jamaica and Saint Lucia and also by the land registration teams.

ODM initially supported teaching staff at the Barbados Community College and for a number of years has recruited lecturers for the College of Arts, Science and Technology, in Jamaica, under British Government Expatriate Supplementation Schemes (BESS). The College has also developed close links with North-East London Polytechnic in connection with course development schemes and special short courses.

Geographical names

The United Kingdom participated in the Third United Nations Conference on the Standardization of Geograph-

ical Names, held at Athens in 1977, and also in the eighth session of the Group of Experts on Geographical Names in 1979.

Remote sensing

The United Kingdom is proposing to establish a National Centre for Remote Sensing in 1979/80. It will be on the same site as the present United Kingdom National Point of Contact (NPOC) with Earthnet at the Remote Sensing Unit of the Royal Aircraft Establishment, Farnborough.

Specific sites

Antigua

A readjustment was carried out of the main survey framework of the island and the minor traverse network was then adjusted to this.

Work continued on the production of new and revised 1:2,500 and 1:5,000 mapping, partly to assist the land registration programme. The 1:50,000 tourist/administrative map was revised in 1977.

Bahamas

DOS continued to assist the Government of the Bahamas by arranging the printing of maps produced under contract. In 1977 it revised and recast a small-scale map of the whole Commonwealth of the Bahamas.

Barbados

The large-scale mapping (1:1,250 and 1:2,500) of Bridgetown, Grantley Adams Airport and Speightstown continued and was nearing completion at the end of the period.

Belize

Air photography was taken in 1977 of Belize, Orange Walk, San Ignacio, Corozal, Benque Viejo del Carmen, and of a number of villages in Corozal District, together with Ambergris Cay, for use in land registration and mapping projects.

A DOS field party worked in the country from 1976-1978. Their task was to establish a dense network of control for future cadastral surveys and to provide control for the enlarged rectified photographs needed for the pilot land registration project. A considerable number of enlargements, mosaics and maps were produced of selected townships and villages, including Corozal and Santa Cruz. Work commenced on a revision of the 1:250,000 map series and on a new tourist map of Ambergris Cay. The final 16 sheets of the 1:50,000 series were published in 1976/77.

British Virgin Islands

A revised map of Anegada at 1:25,000, using photomap techniques, was prepared and published.

Cayman Islands

The 1:25,000 map series was revised and work commenced on a new single-sheet 1:50,000 visitors' map.

Dominica

The DOS field party completed its programme of framework control and map revision in April 1976 and withdrew from the island.

1:2,500 mapping was completed of Wesley and of Antrou Bay and the 1:25,000 map series was revised, adapted for trichromatic printing and published in 1978. The 1:50,000 single-sheet map of the island is to be revised in 1979.

Falkland Islands

The two-sheet 1:250,000 series of the islands was partially revised in 1977/78 and two 1:50,000 sheets covering the Stanley area are being revised from air photography and fieldwork undertaken from HMS *Endurance*. *Endurance* Flight photographs selected areas of the islands each year to support hydrographic surveying programmes.

Grenada

Air photography was attempted in 1977 to provide revision data for the 1:25,000 map series, but very little cover was obtained, because of adverse weather conditions.

A DOS field party worked in the island from April 1976-August 1977. It provided a breakdown of the existing survey framework, carried out field completion of new 1:2,500 mapping of St. George's and provided revision information for the 1:25,000 mapping of Grenada and 1:10,000 mapping of Carriacou.

The large-scale mapping of St. George's and the revised maps of Carriacou were completed and published. The revised 1:25,000 and 1:50,000 series of Grenada were in production at the end of the period.

Guyana

Some air photography of the coastal polderlands and backlands was obtained in 1977.

A DOS field party continued to work in the country until April 1978. Their main task was to establish control for large-scale mapping of selected townships and for a regular series of 1:10,000 rectified mosaics of the coastal area and backlands. Because of difficulty of access in many areas it was decided to achieve this by establishing a widely spaced network of doppler satellite fixes.

Mapping and enlarged rectified photographs at 1:2,500 were produced of selected settlements and 1:5,000 mosaics were prepared of the outskirts of Georgetown and of New Amsterdam. The first 150 rectified mosaics at 1:10,000 had been produced by the end of 1978; they are screened for reproduction by diazo methods, as required.

Jamaica

The readjustment of the secondary and minor triangulation and tellurometer traverse networks was completed in 1977. It incorporated observations taken during a period of 40 years.

A DOS field party arrived in August 1977 to start work on a new project. Its task is to break down the existing control network and provide a dense scatter of coordinated points in areas where estates are to be sub-divided and leased out. Concurrently the party is providing

training in techniques and in the use of modern equipment in field conditions, so that Survey Department surveyors will be able to take over and complete the task

Montserrat

The 1:25,000 map of the island was revised, recast to a more tourist-oriented specification and published in 1978.

Mapping support is being supplied to the new land registration project.

Saint Christopher-Nevis

A single-sheet hill-shaded 1:50,000 map of the island was in production and is due to be published in 1979.

Saint Lucia

Some large-scale air photography was obtained in 1977 for an agricultural inventory, but small-scale cover needed for map revision could not be taken because of adverse weather conditions.

A DOS field party was set up in March 1978. Its tasks were to break down the survey framework, to put in control for 1:2,500 mapping needed by the Central Planning Unit and to revise the 1:25,000 map series.

Saint Vincent and the Grenadines

Some large-scale air photography of the lower areas was taken in 1977, and DOS surveyors visited the island for a short period in 1978 to put in control for 1:2,500 mapping needed for valuation purposes

The final 1:2,500 maps of Kingstown were published and also those of Canouan, Bequia and Mayreau.

Preparatory work was commenced on a readjustment of the main and minor survey networks of the island.

Trinidad and Tobago

The final 16 sheets of the 1:25,000 map series of Trinidad were published.

A single-sheet map at 1:250,000 was in production by DMS from material supplied by the Lands and Surveys Department. It is due to be published in 1979.

HYDROGRAPHIC CHARTING AND SURVEYING

Navigational charts

The total world coverage of Admiralty charts contains about 3,400 sheets. The whole series constitutes a compact navigational outfit distributed through a world-wide agency system and maintained by information promulgated in Admiralty Notices to Mariners. In areas where the United Kingdom until recently has been the responsible hydrographic authority—i.e., Home Waters, some Commonwealth countries, British colonies and certain areas like the Persian Gulf, the Red Sea and parts of the Caribbean—the Admiralty charts afford detailed cover of all waters, ports and harbours. These make up about 30 per cent of the total series. The other 70 per cent are compiled mainly from information given on published foreign charts, and the Admiralty versions are designed to provide charts for ocean passage and landfall, and approach and entry, usually under pilotage, to the major ports.

The series contains charts on many different scales, but they can be divided into six major classes, excluding the very small-scale Route Planning and Ocean Passage charts on scales between 1:3½ million and 1:10 million.

Classification		*Number of Admiralty charts in the Americas*
Coast approach or landfall identification	... 1:1 million	99
Coasting	1:300,000-1:200,000	139
Intricate or congested coastal waters	1:150,000-1:75,000	40
Port approach	1:100,000-1:75,000	134
Harbours or anchorages Terminal installation	1:50,000 or larger 1:12,500 or larger	200

Admiralty nautical charts in the Americas (see also Annexes II and III)

In the Americas, out of a total Admiralty chart coverage of approximately 600 charts, about 100 are in areas where the United Kingdom is the primary hydrographic authority. These areas include Bermuda, the Bahamas, Jamaica, Belize, the Cayman Islands, parts of the Leeward and Windward Islands, Barbados, Trinidad and Tobago and the Falkland Islands. It also includes areas adjoining some other countries with little or no charting capabilities of their own.

Since the last report, the Admiralty chart series has been continuously updated for essential information gleaned from all available sources, particularly foreign government charts and surveys by ships of the Royal Navy. In the period January 1976 to December 1978, in addition to regular Notices to Mariners, publications have included 96 new editions and 19 new charts in the Americas. Details of these are given in annex II. In 1968, the United Kingdom embarked on a programme of metrication to replace the traditional Admiralty charts in fathoms and feet by metric versions. This metrication programme has had little effect so far on charts in the Americas, as the main effort has been concentrated in Home Waters. To date 48 metric charts in the Americas have been issued, and a list of them is shown in annex III.

Hydrographic surveying

Since early 1976, the surveying effort of the United Kingdom in primary responsibility areas in the Americas has been severely curtailed. For the first time for many years there has been no Royal Navy Surveying Ship operating in the Caribbean. The only continuing survey effort has been that carried out by the hydrographic survey unit on HMS *Endurance*, the Royal Navy's ice patrol ship. This ship has progressed surveys in and around the Falkland Islands every year since 1969.

Since the date of the last report, the surveys commenced by the coastal survey vessels *Beagle* and *Bulldog* in late 1975 were completed in early 1976. As in previous years, the surveys have concentrated on the principal ports and approaches, important passages between the islands and on the off-shore banks. Extensive surveys were also completed in the passage between Trinidad and Tobago and Grenada and in the Anegada Passage.

Details of all surveys completed in the region since the last report are given in annex IV.

Other mapping

Pilotage charts

DMS is responsible for producing certain sheets in the Series TPC Topographical Pilotage Charts at a scale of 1:500,000. One sheet covering Belize was published and one covering part of Guyana is in production.

Thematic mapping

DOS produced a number of thematic maps of the Bahamas and of Dominica to illustrate reports on land resource investigations undertaken by the Land Resources Development Centre of ODM. It produced vegetation and forestry management maps of Haiti as the ODM input to a FAO project, and it is currently working on a 1:250,000 geological map of the Valle Grande area of Bolivia in conjunction with the Institute of Geological Sciences.

Annex I

TOPOGRAPHICAL MAPS OF THE AMERICAS PUBLISHED BY THE DIRECTORATE OF OVERSEAS SURVEYS, NOVEMBER 1975—DECEMBER 1978

Country	*Scale*	*DOS Series No*	*Date*	*Remarks*
Anguilla	1:2,500	043	1976-78	Revised series
Antigua	1:50,000	406	1977	Eds 5 + 6 (Tourist map)
	1:2.500	006	1976-	Revised series
Barbados	1:2.500	018	1972-	Bridgetown and Speightstown area
	1:1.250	0018	1974-	Bridgetown and Grantley Adams Airport
Belize	1:50,000	4499	1974-77	Ed 2. Whole country
British Virgin Islands	1:25.000	346P	1977	Ed 3. Anegada (photomap)
Cayman Islands	1:25.000	328	1978	Eds 2 + 3. Whole Group
Dominica	1:25,000	351	1978	Eds 4 + 5. Whole island
	1:2.500	051	1971-	Many coastal areas
Falkland Islands	1:250.000	653	1978	Ed 2. Whole Group
Grenada	1:25.000	344	1978	Ed 3. Carriacou
	1:10,000	244	1978	Ed 3. Carriacou
	1:2.500	042	1976-78	St George's
Guyana	1:10.000	240M	1976-	Rectified mosaics of coastal and backlands
	1:2.500	040	1977-	Selected townships
Montserrat	1:25.000	359	1978	Eds 4 + 5
Saint Vincent	1:2,500	017	1974-	Selected areas including Kingstown
Trinidad and Tobago	1:25,000	316/1	1977-78	Completion of series

Annex II

THE AMERICAS—NEW ADMIRALTY CHARTS AND NEW EDITIONS PUBLISHED 1976-1978

Chart No	*Title*	*Scale*	*Published*
North America			
New charts			
1715	Baie des Chaleurs (fathoms chart)	1:150.000	Oct 1976
324	Cape North to Cape Freels	1:750,000	May 1976
New editions			
3754	Dixon Entrance	1:183,000	Nov 1978
573	Nanaimo Harbour	1:6,080	Nov 1978
2897	Tampa Bay	1:80,000	Jul 1978
2490	Monhegan I to Cape Porpoise	1:100,000	Jun 1978
3676	C. Elizabeth to Portsmouth Harbour	1:100,000	Jun 1978
2531	C. Mendocino to Vancouver	1:1,020,000	Jun 1978
579	Burrard Inlet to Cap Mudge	1:150,000	May 1978
1049	Elena Bay to San Jose	1:719,630	Apr 1978
298	St. Johns Harbour	1:6,090	Apr 1978
3121	Abalone Pt to Redding Rock	1:201,000	Mar 1978
1737	Edye Passage to Portland Inlet	1:90,990	Feb 1978
3993	Juan de Fuca Str. to Dixon Entrance	1:1.000.000	Feb 1978

Chart No	*Title*	*Scale*	*Published*
2860	Outer approaches to New York	1:500,000	Feb 1978
2807	Plans on the coast of S. Carolina and Georgia	various	Jan 1978
3123	C Blanco to Yaquina River	1:201,200	Oct 1977
1923	Caamano Sound to Port Simpson	1:308,600	Sep 1977
1933	C Caution to Caamano Sound	1:320,230	Sep 1977
2941	Juan de Fuca Str. and approaches	1:150,000	Aug 1977
2866	C Canaveral to Key West	1:500,000	Jun 1977
3380	Plans in the Gulf of Mexico	various	Jun 1977
2183	St Thomas Harbour	1:10,000	Jun 1977
314	Kamouraska Is to Goose I	1:81,000	Apr 1977
315	Goose I to Quebec	1:81,000	Apr 1977
318	N Traverse and S Channel	1:50,000	Apr 1977
1135	Baie de Sept Iles	1:75,000	Apr 1977
3363	Prince William Sound E Portion	1:175,000	Mar 1977
3364	Prince William Sound W Portion	1:175,000	Mar 1977
2710	Delaware Bay to Florida Strait	1:1,500,000	Feb 1977
1217	Florida Strait Southern Part	1:444,000	Feb 1977
3204	New York Harbour—Lower Bay	1:50,000	Dec 1976
2755	New York Harbour and approaches	1:150,000	Nov 1976
3684	Ports on the Coast of Florida	various	Sep 1976
899	San Diego Bay to Pt Conception	1:363,750	Sep 1976
1651	Nova Scotia and Prince Edward I	1:725,000	Aug 1976
313	Saguenay R to Kamouraska Is	1:81,000	Jul 1976
2840	Haro and Rosario Straits	1:81,000	Jul 1976
2065	St Johns Harbour to Parham Harbour	1:25,000	May 1976
1914	Race Rocks to Discovery I	1:29,186	May 1976
315	Goose I to Quebec	1:81,000	Apr 1976
318	N Traverse and S Channel	1:50,000	Apr 1976
2563	Approaches to Delaware	1:150,000	Apr 1976
2516	Gulf of St Lawrence	1:1,000,000	Apr 1976
256	Portland Point to S Negril Point	1:150,000	Apr 1976
2666	Grand Banks Newfoundland	1:1,500,000	Mar 1976
2670	C Breton to Delaware Bay	1:1,500,000	Mar 1976
2689	Juan de Fuca to Strait of Georgia	1:150,000	Mar 1976
2580	New York Harbour	1:50,000	Feb 1976
730	Cape Sable to Sombrero I	1:260,000	Feb 1976
576	Strait of Georgia—Alden Bk to Nanaimo	1:76,500	Jan 1976
1097	Key Biscayne to Lower Matacumbe Key	1:45,800	Jan 1976
3981	Cape San Blas to Ship Shoal	1:750,000	Jan 1976
	CARIBBEAN SEA AND THE WEST INDIES		
	New charts		
1220	Gulf of Honduras and Yucatan Channel	1:1,000,000	Aug 1977
260	Pedro Bank to S Coast of Jamaica	1:200,000	Jul 1976
482	Harbours and anchorages in the Gulf of Paria	various	Apr 1976
	New editions		
3111	Ports Colon and Cristobal	1:15,000	Nov 1978
414	Puerto de la Habana	1:12,000	May 1978
390	Approaches to Freeport	1:75,000	Mar 1978
443	Santiago Harbour	1:10,130	Mar 1978
2038	Anguilla, St Martin and St Barthelemy	1:174,000	Aug 1977
2047	Western approaches to Anguilla	1:50,000	Jun 1977
959	Approaches to Belize City	1:125,000	Dec 1976
2064	Antigua	1:50,000	Nov 1976
501	Kingstown, Greathead and Calliaqua Bay	1:14,500	Oct 1976
761	West India Is and Caribbean Sea	1:2,105,000	Jul 1976
517	Trinidad to Cayenne	1:1,500,000	Jun 1976
373	Plans in the Gulf of Campeche	various	May 1976
399	Bahama and Abaco Is	1:318,000	Apr 1976
	SOUTH AMERICA		
	New charts		
3957	Tutoia to Fortaleza	1:500,000	Oct 1976
556	Tramandai to Mar del Plata	1:1,750,000	Dec 1976
3958	Cabo Gurupi to Tutoia	1:500,000	May 1977
1389	Islands and anchorages in the South East Pacific Ocean	various	Jun 1977
3955	Fortaleza to Cabo de Sao Roque	1:500,000	Jul 1977
3962	Northern approaches to Rio Amazonas	1:500,000	Apr 1978

Annex II (*continued*)

Chart No	*Title*	*Scale*	*Published*
2001	Bahia de Montevideo	1:20,000	May 1978
3064	Approaches to Rio de la Plata	1:500,000	Jul 1978
New editions			
558	Isla Leones to Estrecho de Magallanes	1:1.750.000	Jan 1976
1336	Estrecho de Magallanes. Cabo Virgenes to Primera Angostura	1:97,950	Mar 1976
1337	Estrecho de Magallanes. Primera Angostura to Punta Arenose	1:96,300	Mar 1976
561	Cabo Pillar to Golfo Coronados	1:1,750,000	Apr 1976
550	Porto de Sao Francisco do Sul	1:27,000	May 1976
539	Puerto Santa Cruz to Cabo Pillar	1:1,750,000	May 1976
541	Baia de Guanabara	1:50,000	May 1976
3070	Bahia Algodonales to Rado de Arica	various	Jun 1976
3065	Punta Piedras to Quequen	1:500,000	Jul 1976
3089	Ports on the coast of Peru	various	Nov 1976
520	Cayenne to Sao Luis	1:1.500,000	Jan 1977
528	Sao Luis to Recife	1:1.500,000	Jan 1977
3978	Rio Paraiba to Maceio	various	Jan 1977
1319	Bahia Conception and Bahia San Vincente	various	Feb 1977
504	Porto de Natal and approaches	various	Mar 1977
1373	South Eastern part of Tierra del Fuego	1:550,000	Apr 1977
554	Estrecho de Magallanes	1:550,000	May 1977
3979	Ponta dos Tres Irmaos to Rio Paraiba	1:300,000	Jul 1977
2002	Porto do Rio Corande	1:36.000	Sep 1977
3084	Ports on the coast of Peru	various	Nov 1977
19	Ports and anchorages on the coast of Brazil	various	Dec 1977
2318	Approaches to Bahia Buenaventura	1:60,000	May 1978
1314	Ports and anchorages on the coast of Chile	various	May 1978
2319	Bahia Buenaventura	1:30,000	May 1978
3077	Plans on the coast of Chile	various	Jun 1978
546	Plans on the coast of Brazil	various	Jul 1978
1751	Puerto de Buenos Aires	1:25,000	Aug 1978
3561	Rio de la Plata: Buenos Aires and Colonia to Nueva Palmira	1:100,000	Sep 1978
3081	Plans on the coast of Chile	various	Oct 1978
3090	Arica to Islotes Infiernillos	various	Dec 1978
FALKLAND ISLANDS			
New charts			
2558	Falkland Sound—N part	1:75,000	Oct 1978
2560	Low Bay to Eagle Passage	1:75,000	Jul 1978
2545	Port Egmont to Port Purvis	1:50,000	Jun 1978
2559	Falkland Sound—S Part	1:75,000	May 1978
2546	Approaches to Port Salvador	1:75,000	Sep 1977
2544	Plans in the Falkland Islands	various	Jun 1976
New editions			
2544	Plans in the Falkland Islands	various	Jun 1977
1354a	The Falkland Islands—W Sheet	1:230,000	Jun 1977

Annex III

ADMIRALTY METRIC CHARTS IN THE AMERICAS

Chart No	*Title*	*Scale*	*Published*
NORTH AMERICA			
324	Cape North to Cape Freels, including outer approaches to Strait of Belle Isle	1:750,000	May 1976
CENTRAL AMERICA, CARIBBEAN SEA AND THE WEST INDIES			
257	Harbours on the south coast of Jamaica		Oct 1970
	Port Morant	1:12,000	
	Port Esquivel, Salt River anchorage	1:18,000	

Chart No	*Title*	*Scale*	*Published*
258	Ports and anchorages on the South coast of Jamaica		May 1973
	Port Kaiser	1:12,500	
	Black River anchorage	1:50,000	
	Savanna la Mar	1:25,000	
260	Pedro Bank to the South Coast of Jamaica	1:200,000	Jul 1976
398	Freeport Roads	1:25,000	Dec 1974
	Freeport Harbour	1:7,500	
458	Port Antonio	1:7,500	Jun 1973
459	Harbours on the North Coast of Jamaica		Aug 1970
	Discovery Bay	1:7,500	
	Rio Bueno	1:12,500	
	Mosquito Cove	1:18,000	
	Lucea Harbour	1:12,500	
468	Montego Bay	1:12,500	Feb 1971
479	Boca de Monos and approaches to Port-of-Spain	1:25,000	Feb 1974
482	Harbours and anchorages in the Gulf of Paria		Apr 1976
	Port-of-Spain; approaches to Pointe-à-Pierre: approaches to Lisas Point Port: approaches to Brighton: Point Fortin: Guiria anchorage and harbour	1:25,000	
	Macuro (Cristóbal Colón)	1:12,500	
484	Bocas de Dragon to Port-of-Spain	1:50,000	Apr 1976
513	Islas Roatan to Puerto Cortés	1:250,000	Oct 1971
	Tela	1:37,500	
1220	Gulf of Honduras and Yucatan Channel	1:1,000,000	Aug 1977
2047	Western approaches to Anguilla	1:50,000	Jun 1975
	Crocus Bay and Road Bay	1:15,000	
2079	Ports and anchorages in St Martin and St Barthélémy Baie de Margot: Groot Baii Port de Gustavia	1:15,000	Sep 1975
SOUTH AMERICA—WEST COAST			
560	Approaches to Estero Salado and Puerto Maritimo do Guayaquil	1:60,000	Oct 1973
	Puerto Maritimo de Guayaquil	1:10,000	
586	Rio Guayas and approaches	1:150,000	
	Guayaquil	1:75,000	
	Puerto Bolivar	1:20,000	
1389	Islands and anchorages in the SE Pacific Ocean		Jun 1977
	Bahia Cumberland: Caleta Hotuiti	1:15,000	
	Rada Hanga Roa: Rada San Félix	1:20,000	
	Rada la Perouse	1:30,000	
	Isla Sala y Gomez	1:35,000	
	Isla Robinson Crusoe	1:100,000	
	Isla de Pascua:		
	Isla Alejandro Selkirk		
	Isla San Félix and San Ambrosia	1:150,000	
1853	Approaches to Bahía del Callao	1:50,000	Oct 1968
	Puerto del Callao	1:10,000	
2318	Approaches to Bahia Buenaventura	1:60,000	May 1972
2319	Bahia Buenaventura	1:30,000	Jan 1970
	Puerto Buenaventura	1:15,000	
3083	Ports on the coast of Peru		Apr 1974
	Bahia Ferrol and Bahia de Coisco Cerro Azul	1:50,000	
	Puerto Chimbote	1:25,000	
	Pto Supe Puerto Huacho	1:10,000	
3084	Ports on the coast of Peru		Apr 1974
	Matarani	1:10,000	
	Tambo de Mora	1:40,000	
	Bahia Pisco	1:100,000	
3089	Ports on the coast of Peru		Apr 1974
	Cabo Blanco	1:10,000	
	Talara	1:15,000	
	Pimentel	1:25,000	
	Caleta Lobitos: Paita	1:30,000	
	Punta Parinas to Caleta Lobitos: Pacas Mayo	1:75,000	
3090	Africa to Islotes Infiernillos	1:750,000	Apr 1974
	Bahias San Juan and San Nicolás	1:150,000	
	Ilo	1:50,000	
3091	Islotes Infiernillos to Salaverry	1:750,000	Apr 1974
	Bahia de Samanco	1:75,000	
3092	Salaverry to Putita Ayangui	1:750,000	Apr 1974
	Los Organos	1:25,000	
	Eten Chicama	1:50,000	

Annex III (*continued*)

Chart No	*Title*	*Scale*	*Published*
SOUTH AMERICA—EAST COAST			
541	Baia de Guanabara	1:50,000	Aug 1970
	Puerto do Rio de Janeiro	1:25,000	
556	Tramandai to Mar del Plata	1:1,750,000	Dec 1976
557	Mar del Plata to Comodoro Rivadavia	1:1,750,000	Sep 1972
530	Cabo de Sao Tomé to Rio Grande	1:1,750,000	Oct 1975
572	Essequibo River to Corentyne River	1:500,000	Nov 1968
969	Pôrto de Recife	1:25,000	Aug 1970
2001	Bahia de Montevideo	1:20,000	May 1978
2002	Pôrto de Rio Grande	1:36,000	Apr 1969
3063	Cideira to Chui including Lagoa dos Patos	1:500,000	Aug 1971
3064	Approaches to Rio de la Plata	1:500,000	Jul 1978
3813	Puerto Gallegos	1:50,000	Oct 1970
3955	Fortaleza to Cabo de São Rogue	1:500,000	Jul 1977
3957	Tutoia to Fortaleza	1:500,000	Oct 1976
3958	Cabo Gurupi to Tutoia	1:500,000	May 1977
3962	Northern approaches to Rio Amazonas	1:500,000	Apr 1978
FALKLAND ISLANDS			
2544	Plans in the Falkland Islands		Jun 1976
	North West Passage	1:15,000	
	Christmas Harbour	1:25,000	
2545	Port Egmont to Port Purvis	1:50,000	Jun 1978
2546	Approaches to Port Salvador	1:75,000	Sep 1977
	Port Salvador	1:30,000	
2559	Falkland Sound—southern part	1:75,000	May 1978
2560	Low Bay to Eagle Passage	1:75,000	Jul 1978
	Bleaker Jump	1:25,000	
	Bull Roads	1:37,500	
2558	Falkland Sound—northern part	1:75,000	Oct 1978

Annex IV

HYDROGRAPHIC SURVEYS COMPLETED BY HM SURVEY SHIPS IN AMERICAN WATERS SINCE THE FIRST UNITED NATIONS REGIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE FOR THE AMERICAS

Title	*Scale*	*Ship*	*Year*
LEEWARD ISLANDS			
Basseterre Bay, St Kitts	1:10,000	Bulldog	1976
Sombrero Island	1:25,000	Beagle	1976
Anguilla to Sombrero	1:50,000	Bulldog and Beagle	1976
Anegada Passage	1:150,000	Beagle	1976
WINDWARD ISLANDS			
Admiralty Bay, Bequia I	1:12,500	Bulldog and Beagle	1975
Vieux Fort Bay, Saint Lucia	1:15,000	Bulldog and Beagle	1975
Port Castries, Saint Lucia	1:5,000	Beagle	1975
Trinidad and the Grenadines	1:50,000 1:75,000 1:150,000	Beagle and Bulldog	1976
BERMUDA			
Town Cut	1:2,500	Boat Party HMS Drake	1978
FALKLAND ISLANDS			
Wreck Island to Keppel Sound	1:75,000	Endurance	1976
Port Egmont	1:25,000	Endurance	1976
Keppel Sound	1:25,000	Endurance	1976
Darwin Harbour	1:15,000	Endurance	1977
Darwin Narrows	1:7,500	Endurance	1977
Choiseul Sound	1:25,000	Endurance	1977
Falkland Sound	1:75,000	Endurance	1977
Choiseul and Lively Sound	1:50,000	Endurance	1978
Walker Creek	1:25,000	Endurance	1978
Fox Bay	1:25,000	Endurance	1978
Approaches to Port Salvador	1:30,000	Endurance	1978
Southern approaches to Fox Bay	1:75,000	Endurance	1978

El Servicio Geodésico Nacional, una necesidad para el desarrollo*

Documento presentado por México

SUMMARY

The purpose of the paper is to provide an overall view of what the country lacks and needs in the way of geodetic facilities. The paper gives a practical rationale for geodesy; a series of measures for the establishment of a National Geodetic Service is proposed and recommended; and a general plan for its establishment, supervision and maintenance is outlined.

RÉSUMÉ

Le document a pour but de donner un tableau général des besoins du pays dans le domaine de la géodésie. On y justifie les raisons pratiques de la géodésie; on propose et on recommande une série de mesures tendant à établir un service géodésique national, et on esquisse un plan général visant à établir, gérer et exploiter un tel service.

Introducción

México es un país en vías de desarrollo; esto significa que dentro de sus principales objetivos están el eliminar el hambre, incrementar el ingreso per cápita, y mejorar la estructura social y cultural del país.

La planeación se considera la base para el desarrollo nacional, fincado en nuestros propios recursos. Pero para que sea efectiva, la planeación debe ser total y nacional, siendo de este modo un instrumento útil para alcanzar un ordenado desarrollo económico y social.

Sin embargo, para que la planeación pueda tener éxito, se requieren los medios e instalaciones básicas a fin de que la producción y el comercio sean eficientes. De tal suerte que es indispensable preparar y ejecutar un plan integral de inversiones públicas. El Estado realiza, a través de varios programas, las obras de infraestructura necesarias para el caso, creando de esta manera las condiciones adecuadas y favorables al desarrollo. Algunas de las actividades relacionadas con dichos programas se enumeran a continuación:

a) Levantamientos catastrales;
b) Levantamientos cartográficos;
c) Establecimiento de vías de comunicación;
d) Establecimientos de sistemas de radiocomunicación;
e) Establecimiento de sistemas de navegación;
f) Establecimiento de fondos mineros;
g) Tendido de líneas de conducción eléctrica;
h) Tendido de oleoductos y gaseoductos;
i) Planeación rural y urbana;
j) Demarcación de límites municipales, estatales e internacionales;
k) Estudio y utilización de las zonas geotérmicas;
l) Planteamiento para la solución al problema agrario;
m) Prospección y explotación petrolera;
n) Estudios y cartas hidrográficas — distritos de riego;
o) Estudios y cartas batimétricas — costas y litorales;
p) Actividades culturales y científicas.

La realización de estos programas dependerá, entre otros factores, del dominio de la tecnología y de la aplicación al problema que se trate de resolver. No obstante, aun considerando que los programas sean técnicamente correctos y estén económicamente bien concebidos, cuando éstos se llevan a la práctica se enfrentan con problemas que no se habían previsto; en algunos casos estos obstáculos pudieran ser la falta de coordinación entre los diversos programas oficiales; en otros casos se propician rivalidades entre las dependencias, las que, en lugar de cooperar, compiten entre sí, originando la duplicidad de labores; también la expansión de la acción oficial, que se traduce en una proliferación de dependencias a realizarla, con el resultado de que dos o más instituciones tengan algunas responsabilidades similares.

Como una solución parcial a estos problemas, de carácter social, cultural y político, que obstaculizan el normal desarrollo de las actividades, se pensó en la planeación nacional centralizada. El objetivo primordial de esta proposición, es el de lograr que la totalidad de los recursos destinados al desarrollo y su distribución entre los diversos sectores sean compatibles con las metas de desarrollo nacional.

Congruente con esta filosofía, se expone el siguiente planteamiento en materia topográfica y geodésica, con el afán de contribuir en la planeación y el desarrollo del país.

Necesidades en materia geodésica

Los levantamientos topográficos y geodésicos son herramientas técnicas básicas en el planteamiento, solución, proyecto y realización de todas y cada una de las actividades listadas (y de muchas otras que no están en la lista). La ingeniería topográfica y la geodésica contribuyen también a ordenar ese conjunto de elementos que deben agruparse y constituir una sola pieza, que es nuestro territorio nacional, por lo que es fundamental que estén integradas a un marco de referencia único.

Sin embargo, no se cuenta con un sistema integrado de referencia geodésica a nivel nacional.

Actualmente son muchas las instituciones, de los sectores público, privado y social, que dependen, requieren o se benefician con la precisión y la confiabilidad de la información geodésica; no obstante, una gran mayoría de ellas se ven en la necesidad de generar su propio apoyo, ya sea topográfico o geodésico. Las razones pueden ser muy variadas, desde ignorancia del usuario potencial, hasta ineficiencia de la misma red geodésica primaria; en este último caso se refiere a que puede haber deficiencias y zonas débiles en la red, o bien áreas en las que los vértices geodésicos están muy dispersos y no es práctico ni económico utilizarlos.

* El texto original de esta monografía, preparado por Raymundo Arvizu Díaz, Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, se publicó como documento E/CONF.71/L.35.

Para obviar estos problemas es necesario establecer y mantener un sistema geodésico en todo el territorio nacional, cuya distribución y densidad sea tal que proporcione los medios para integrar en forma eficiente las obras de infraestructura y otras necesidades urbanas y rurales del país.

La realización de una red geodésica que satisfaga las necesidades técnicas y científicas para el desarrollo no resuelve por sí sola todo el problema de atar los cabos sueltos (lista de actividades). Varios de estos proyectos están basados en trabajos locales que "flotan" en posición y orientación en relación a su verdadera situación dentro del territorio nacional; aunque en principio forman parte de un todo, cuando se trata de unirlos no resultan congruentes.

La historia de la geodesia en México nos ha enseñado que, a pesar de que hace más de 20 años se llegó a contar con una estructura geodésica (horizontal y vertical) bastante aceptable, su difusión y comprensión estuvieron muy restringidos, y, como consecuencia, el valor del apoyo geodésico no se apreció en debida forma, dando como resultado que gran parte de la información (50%) y los vértices (señalados en el terreno por monumentos o mojoneras de concreto) se perdieran. Esta situación fue propiciada por la carencia de un servicio de información en materia geodésica a nivel nacional, y también porque no se cuenta con un control de los levantamientos geodésicos en todo el país. Para darle solución a esta anómala e indefinida situación es necesario centralizar y disponer, en forma organizada y actualizada, de toda la información geodésica confiable, generada por los distintos organismos — oficiales y privados — en forma tal que el material existente sea fácilmente accesible al usuario, y que, además, se brinde la asesoría y el control en la planeación y en la ejecución de los nuevos levantamientos geodésicos.

Esta acción tiene por finalidad evitar que los levantamientos efectuados por las distintas dependencias — públicas y privadas — queden aislados, dispersos, incompletos, se pierdan o no se vuelvan a utilizar; evitando, además, la duplicidad de labores que trae consigo la pérdida de tiempo y dinero, o la construcción de obras sin la debida fundamentación, que por lo común resultan en graves interferencias físicas de los sistemas de utilidad, así como en costosas demoras y litigios sobre límites de propiedad, todo lo cual redunda en serios daños a nuestro país.

Un aspecto muy importante en materia de levantamientos es que éstos se proyectan bajo diferentes criterios, que a menudo son interpretaciones personales de las especificaciones y recomendaciones que para cada tipo de levantamiento (dependiendo de su propósito) existen en las dependencias. Todo lo cual causa que los distintos trabajos no sean uniformes cualitativa ni cuantitativamente, quedando muy restringida su utilidad posterior. Finalmente, estos trabajos, que pudieran ser apovechados por otras instituciones, se olvidan y llegan a perderse aun dentro de la misma organización que los efectuó.

El servicio geodésico nacional

Las actividades geodésicas deben planearse adecuadamente, para evitar caer otra vez en la práctica ya descrita, y que básicamente consiste en que diversas instituciones realizan levantamientos en forma independiente, con objetivos, metodologías y procedimientos diferentes, sin intentar, como debe hacerse, integrar todos los levantamientos a fin de dar consistencia, sentido y armonía a la información generada.

Actualmente ninguna institución tiene la responsabilidad única, oficial o legal para planear, autorizar, ejectutar y vigilar los levantamientos geodésicos a nivel nacional, ni para conservar los monumentos y llevar el registro de la información geodésica; dado lo cual, la situación anárquica continúa prevaleciendo con los resultados ya descritos, en detrimento de un eficiente desarrollo del país.

Por el carácter de sus funciones específicas (Salman y Cabrera, 1978; García, 1978), la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL) debe y puede ser la institución que el país requiere imperativamente en esa materia, con los argumentos legales y el compromiso social de crear y dar un servicio geodésico nacional, y cuyas funciones específicas sean las siguientes:

a) Establecer y mantener el marco de referencia geodésico nacional;

b) Disponer y promover la difusión, en forma organizada y actualizada, de toda la información geodésica confiable, generada por los diversos organismos;

c) Brindar asesoría y control en la planeación, proyecto y ejecución de los nuevos levantamientos geodésicos;

d) Definir, clasificar y proponer las especificaciones y normas de los levantamientos geodésicos, en todas su clases y órdenes;

e) Efectuar los levantamientos y estudios geodésicos derivados de convenios internacionales;

f) Intervenir en el otorgamiento de permisos a extranjeros para realizar actividades geodésicas en el país.

Es indispensable, para la consecución de estas actividades, que se establezca un mecanismo administrativo que permita la comunicación de DETENAL con otros organismos, para que, en congruencia con las metas nacionales de desarrollo, se lleve a cabo la planeación y el proyecto de los levantamientos geodésicos que se requieran.

Son los encargados de la planeación, y aquellos que de alguna manera están relacionados con el apoyo topográfico y geodésico, quienes habrán de valorar a la geodesia como un recurso indispensable en el proyecto, ejecución y control de las distintas actividades consideradas fundamentales para el propio desarrollo armónico del país y que coadyuvan en forma importante y decisiva a convertir en una realidad los principios de autodeterminación y de justicia social hacia los cuales la nación se encamina.

Referencias

García, M. E. F. "Geodesia integral, ¿para qué?" Ponencia presentada en el V Congreso Nacional de Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia. México, D.F., 1978.

Cabrera, R. B., y Salman, G.C. "Centro de Consulta sobre Información Geográfica para la Planeación". Ponencia presentada en el V Congreso Nacional de Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia. México, D.F., 1978.

DETENAL. "Plan para el establecimiento de un sistema geodésico nacional". Reporte interno del Departamento de Geodesia, Subdirección de Cartografía. México, D.F., 1978.

INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES COMO ELEMENTO DE UN SISTEMA NACIONAL DE INFORMACION*

Documento presentado por México

SUMMARY

The paper contains an analysis of the reasons which make the study of natural resources a necessity and also explains the reasons for employing particular methods and a particular form of presentation of the results obtained.

It comments very briefly on the present status of the inventory in Mexico, in the part dealing with the institution responsible for systematic inventory-taking on a nation-wide basis.

Lastly, some conclusions of a conceptual nature are drawn.

RÉSUMÉ

L'auteur analyse les conditions qui rendent nécessaire une étude des ressources naturelles et celles qui déterminent les méthodes de travail appropriées et le mode de présentation des résultats.

Il commente brièvement la situation actuelle de l'inventaire au Mexique dans la partie consacrée à l'organisme chargé de l'inventaire systématique au niveau national.

Le document se termine par quelques conclusions d'ordre conceptuel.

INTRODUCCIÓN

El hombre, como individuo o como parte de una sociedad, busca permanentemente el logro de objetivos o metas que él mismo se ha fijado, o que se establecen como deseables para la comunidad en la que él actúa.

Generalmente, el establecimiento de esas metas es resultado del análisis que se hace del lugar al que se quiere llegar, comparado con el lugar en el que en el principio se está. Esto es, se responde a la pregunta de: ¿qué se quiere hacer?

Existen muchas preguntas más como punto de partida: ¿por qué, para qué, cuál es el motivo? Aceptemos que ya han sido respondidas y se ha establecido un objetivo: se quiere llegar desde aquí hasta allá.

Ha sido resuelto el concepto. Es el momento de resolver el procedimiento. Es el momento de responder a las preguntas de: ¿cómo hacerlo? y ¿cuándo hacerlo? Esto es, es necesario marcar el camino que, en espacio y tiempo, habrá de ser seguido. Es necesario hacer un plan.

En este proceso nos detiene una nueva pregunta, tal vez la más relevante: ¿con qué hacerlo?

Es evidente que necesitamos saber qué cosas tenemos, qué cantidad de cada una está disponible, en dónde se encuentran, qué tan cerca o lejos están del lugar en que se requieren y muchas otras similares.

En el caso que nos ocupa, planeación para el desarrollo económico y social de comunidades de hombres, países, Estados o provincias, o ciudades; son tres los elementos básicos que deberán ser conocidos antes de hacer planes. Estos elementos son: recursos naturales, recursos humanos y recursos financieros. Nos referiremos en esta presentación únicamente a los recursos naturales y partiremos de dos premisas: es necesario conocerlos y evaluarlos para hacer planes, y es necesario conocer todos los elementos mencionados y, solamente para los fines de este trabajo, se consideran los recursos naturales como elemento aislado.

INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES

Planeación para el desarrollo económico y social de comunidades de hombres. Analicemos un poco más este enunciado.

Podemos evaluar el nivel de desarrollo de una comunidad en la medida en que ésta es capaz de satisfacer las necesidades colectivas e individuales, acordes con las expectativas existentes en un momento histórico.

En la actualidad, prácticamente todas las comunidades de hombres están preocupadas por los mismos aspectos: alimentación, vivienda, ocupación y energéticos; algunos como fines, otros como medios para alcanzar esos fines. Al analizar estas grandes necesidades, problemas u objetivos, según sean planteados, nos encontramos con varias interrogantes: en qué actividades se producen alimentos, de qué tipo son los asentamientos humanos, qué actividades generan empleos, cuáles tipos de generación de energía son los más frecuentes o accesibles; todas éstas de carácter formal y con respuestas relacionadas con aspectos sociales y económicos. Y, por otro lado, qué recursos pueden ser incorporados a la producción de alimentos, en qué medios naturales se dan los asentamientos humanos, qué recursos pueden ser incorporados a la generación de empleos y cuáles a la explotación de energéticos; todas éstas de carácter factual y con respuestas relacionadas con la disponibilidad de recursos de diferente índole.

En relación con los recursos naturales, con marcada influencia en alguno o algunos de los rubros de interés general, habrán de ser evaluados el agua, el suelo, la vegetación y la fauna como elementos independientes y como elementos contenidos dentro de un cierto paisaje, y en cierta forma gobernados por otros componentes de él: la ubicación geográfica, el relieve y el clima; además, es necesario evaluar los recursos minerales u orgánicos presentes en el subsuelo, ciertamente comprendidos en ese paisaje, pero ya no influidos por él de manera medible. Esto es, es necesario evaluar los recursos naturales renovables (agua, suelo, vegetación y fauna), los no renovables (minerales u orgánicos del subsuelo) y sus relaciones con el paisaje (ubicación geográfica, relieve y clima).

Hasta este momento hemos mencionado las razones que existen para que los recursos naturales sean evaluados, así mismo hemos indicado cuáles de ellos habrán de

* El texto original de esta monografía, preparado por M. Rafael Allende Lastra, Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, se publicó como documento E/CONF 71/L 36

ser estudiados, veremos ahora cómo estudiarlos y qué presentación dar a los resultados obtenidos

Al elaborar planes de desarrollo se trabaja en diferentes niveles de generalización, desde aspectos nacionales o regionales, hasta aspectos locales. En cualquier caso, los estudios que se hagan abarcarán grandes superficies; en el primero, por el carácter propio de los planes que se desea formular, y en el segundo, porque la explicación de muchos de los fenómenos naturales que acontecen en el área en estudio se encontrarán en las áreas colindantes, y, en consecuencia, es necesario que éstas también sean estudiadas. Ante esta situación es necesario emplear métodos de trabajo que permitan evaluar esas grandes extensiones en el menor tiempo posible. Esto nos conduce de manera directa al empleo de materiales obtenidos por medio de equipos de teledetección o sensores remotos: fotografía aérea, bandas térmicas, radar de vista lateral, imágenes de satélite, etc. Serán los objetivos del estudio, aunados a las condiciones naturales propias de cada región, los que condicionen el tipo de materiales que habrán de ser utilizados por los especialistas involucrados en estos estudios. Pero, en cualquier caso, es por medio de la interpretación de los elementos contenidos en cada uno de esos materiales como puede ser obtenida una parte considerable de la información necesaria con la oportunidad requerida y, prácticamente toda ella, al contar con los datos estadísticos meteorológicos o de producción, registros paleontológicos, resultados de prospección minera, estudios biológicos y ecológicos, etc., necesarios a su vez en el estudio del clima, la fauna y los recursos del subsuelo.

Toda esta información se refiere a una serie de componentes del medio natural, todos ellos objetos reales que ocupan un lugar en el espacio y que se presentan con una distribución concreta en ese espacio. Para poder apreciar mejor esa distribución, así como las relaciones que guardan unos con otros, es deseable darles esa representación espacial que les es propia, es conveniente diseñar un modelo del terreno en el que se indique precisamente en dónde están ubicados. Esto es, es conveniente representar cartográficamente la distribución geográfica de los recursos naturales. Así se tendrá la información necesaria de uno de los elementos de la planeación: el espacio. Este, junto con los otros recursos, los humanos y los financieros, así como el objetivo a alcanzar, fijarán el otro elemento: el tiempo.

El inventario en México

Son varias las instituciones o personas que han hecho, hacen y harán estudios relacionados con los recursos naturales en México. Para los fines de este trabajo, hablaremos únicamente de la institución que tiene a su cargo el inventario de ellos de manera sistemática y a nivel nacional.

Como parte integrante del Gobierno Federal, en la Secretaría de Programación y Presupuesto existe un organismo denominado Coordinación General del Sistema Nacional de Información, entre cuyas funciones tiene asignada la de reunir y distribuir toda la información necesaria para la planeación de las acciones que habrán de ser llevadas a cabo en este país, especialmente aquellas que competen al sector público.

Dentro de este organismo, que fue constituido en 1977, la institución que tiene entre sus funciones la construcción del Sistema de Información Geográfico es la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL), que ha trabajado en estas actividades desde 1968. En esta institución se desarrollan estudios de cuatro subsistemas: condiciones físicas, recursos naturales, asentamientos humanos y actividades económicas. En esta ocasión nos referiremos únicamente a los dos primeros y en las áreas de interés para este trabajo.

El subsistema de condiciones físicas proporciona información acerca de la forma y dimensiones del territorio nacional, así como de sus condiciones climáticas; además, se incluyen en él las actividades de redefinición, densificación y mantenimiento de la red geodésica nacional. Forman parte de este subsistema las cartas topográficas en las escalas de 1:4.000.000, 1:2.000.000, 1:1.000.000, 1:250.000, 1:50.000 y 1:20.000 y mayores, y la climática en las escalas de 1:1.000.000, 1:500.000 y 1:250.000.

El subsistema de recursos naturales proporciona información acerca de la localización y magnitud de los recursos geológicos e hidrológicos, del uso actual del suelo y los tipos de vegetación que hay en el territorio nacional, y de las características morfológicas, físicas y químicas de los suelos. Forman parte de este subsistema las cartas geológicas, uso del suelo y edafológicas en las escalas de 1:1.000.000, 1:250.000 y 1:50.000 y las de hidrología superficial y profunda en las escalas de 1:1.000.000 y 1:250.000.

Todas las cartas antes citadas ya están en elaboración en todas las escalas y tienen programas establecidos para cubrir todo el territorio nacional. Para completar toda la información referente al inventario de los recursos naturales se requieren cartas o informes de oceanografía física y biológica, así como de fauna continental. Estas actividades actualmente no están en proceso y solamente se tienen proyectos de investigación.

Para la elaboración de las cartas de recursos naturales específicamente, el procedimiento de trabajo involucra el uso de fotografías aéreas e imágenes de satélite principalmente. Se inicia con la captación y análisis de la información existente y con un recorrido preliminar en campo, en el que se establecen los criterios de interpretación que habrán de ser seguidos durante el proceso; en este recorrido se analizan las relaciones existentes entre el recurso natural en cuestión y los otros elementos del paisaje, así como con las fotografías o imágenes de la zona. Posteriormente se hace la interpretación correspondiente en esos materiales y se obtiene un mapa, a estas alturas hipotético, de la distribución espacial del recurso natural. Esta distribución es verificada en campo por medio de la observación directa, con el auxilio de las muestras necesarias que habrán de ser analizadas y clasificadas posteriormente. Por último, se reinterpreta el mapa inicial hasta obtener el definitivo, el que se somete a un proceso de edición para su publicación y distribución.

Esta es, en términos muy generales, la contribución de la DETENAL al inventario de los recursos naturales de México, que, junto con los estudios que llevan a cabo otras instituciones, conforman la base de datos con la que actualmente se construye el sistema nacional de información.

Conclusiones

Hemos señalado que es necesario evaluar una serie de componentes del paisaje, y que todos ellos están más o

menos relacionados entre sí. Si esta relación es natural, es conveniente que en su estudio también se establezcan relaciones. No es lo más importante que éste sea efectuado por una sola institución, pero sí que exista un organismo que aglutine el resultado de todos los estudios, ya sea para elaborar sus propios planes, o para proporcionar estos resultados en forma suficiente, confiable y oportuna a las entidades que los requieran para hacer planes, sean éstas individuos o comunidades de cualquier naturaleza. Esto es, es conveniente que sean constituidos sistemas de información que reúnan los resultados de los estudios, los organicen y los distribuyan a los usuarios.

También fue establecido el hecho de que esta información es requerida como soporte para la construcción de planes de desarrollo. Por tanto, sus características deberán ser aquellas que satisfagan esa necesidad. Esto es, el inventario de los recursos naturales debe ser considerado como un medio y no como un fin; de otro modo, terminaría por ser de naturaleza teórica o académica, cuando resulta más valioso si tiene aplicaciones prácticas.

Por otro lado, es indispensable mantener un equilibrio entre la premura con que es requerida la información y el tiempo necesario para que ésta sea obtenida con la calidad suficiente, porque si bien es cierto que es mejor alguna información que ninguna en absoluto, también es cierto que nunca un análisis supera la calidad de la muestra a la que éste le es practicado. Esto es, ningún plan superará la calidad de la información en la cual está sustentado, o solamente lo podrá hacer si los resultados esperados quedan en mayor o menor grado sujetos al azar.

Finalmente, cuando una persona es responsable únicamente por sus cosas, puede actuar un tanto a la ligera con ellas, pues, a fin de cuentas, solamente esa persona sufrirá las consecuencias de sus acciones. Más grande aún es la responsabilidad que tiene una persona a cuyo cuidado ha quedado algo que pertenece a varias; pero si, en última instancia, éstas pueden actuar para modificar las acciones negativas de la primera durante su realización, la situación, si bien grave, no es crítica. El objetivo final que nos ocupa: aprovechar de manera adecuada los recursos naturales, es la mayor responsabilidad que una persona o institución puede tener. Esos recursos naturales pertenecen no sólo a quienes pueden opinar respecto a su uso, sino a muchas otras personas que nada pueden hacer, solamente esperar que nuestra generación actúe con sensatez, previsión y madurez. A ello estamos obligados por la responsabilidad que, sin que ellos intervengan, todos nosotros hemos adquirido con nuestro consentimiento y aun sin él.

Reseña de las actividades más importantes realizadas por el Instituto Geográfico Militar desde 1976 a 1978*

Documento presentado por Chile

SUMMARY

GEODETIC ACTIVITIES

The year 1978 saw the completion of the Regular Map on the 1:50,000 scale covering the area between 17°30′ south latitude (northernmost point of the international frontier with Peru) and 43°30′ south latitude (southernmost point of the island of Chiloé), except for 24 sheets covering the frontier area between 27°30′ south latitude and 50° south latitude.

The necessary field work was carried out with a view to completing the Regular Survey of the territory in the southern part of the country (from 43°30′ south latitude to 56°00′ south latitude, the southernmost point of Cape Horn island); by March 1978, exact co-ordinates were determined for 23 ground stations, using JMR-1 georeceiver equipment and during the same phase the land reconnaissance and classification surveys were carried out for the Aerophotogrammetric Survey consisting of 91 sheets on the 1:50,000 scale.

During the first three months of 1979, co-ordinates and altitudes were determined by means of the Doppler system for 31 ground stations. As a result of this work, combined with the classification surveys, the Regular Survey on the 1:50,000 scale was extended as far as 49° south latitude. Currently, the preliminary aerotriangulation and compensation work is being done for the Regular Survey consisting of 184 sheets on the 1:50,000 scale covering the southern area.

A project was initiated in 1978 for a Regular Map on a suitable scale, of Chile's Antarctic territory (below 63°00′ south latitude). The first phase began during the first quarter of the current year, and the results obtained have made it

* El texto original de esta monografía se publicó como documento E/CONF.71/L.42

RÉSUMÉ

En 1978, on a terminé l'établissement de cartes standards (au 1/50 000) du secteur situé entre 17° 30′ de latitude S (la frontière nord du pays, avec le Pérou) et 43° 30′ de latitude S (l'extrêmité sud de l'île de Chiloé); il manque encore 24 feuilles sur le secteur frontalier situé vers 27° 30′ de latitude S.

Afin de terminer les levés standards du territoire dans la région australe du pays (entre 43° 30′ de latitude S et 56° de latitude S, l'extrémité sud de l'île du Cap Horn), on a effectué les travaux correspondants sur le terrain. Jusqu'en mars 1978, on a déterminé les coordonnées de 23 stations terrestres en utilisant de géorécepteurs JMR-1. En même temps, on a mené les travaux de vérification et de classification au sol, pour effectuer des levés aérophotogrammétriques qui permettront d'établir 91 feuilles au 1/50 000.

Au cours du premier trimestre de 1979, on a déterminé les coordonnées et l'altitude de 31 stations terrestres, grâce au système Doppler; ces travaux, alliés à la classification au sol, ont permis de continuer d'établir des levés standards au 1/50 000, jusqu'à 49° de latitude S. Actuellement, on effectue les travaux d'aérotriangulation et de compensation préliminaire pour le levé standard de la zone australe au 1/50 000, qui comprendra 184 feuilles.

Pour les levés cartographiques standards, à une bonne échelle, du territoire antarctique chilien (à partir de 63° de latitude S), on a lancé en 1978 un projet dont la première phase a commencé au cours du premier trimestre de cette année et dont les résultants ont permis de déterminer les procédures à suivre pour établir lesdites cartes.

possible to decide on the procedures to be followed in the preparation of this map.

Topographical maps

The publication schedule for the Regular Map on the 1:250,000 scale is as follows:

Sheets published to date	19
1979-1981	16
1982-1985	39
1986-1988	28

During the first half of 1978, a project was devised in preparation for the Thematic Map of the National Territory, on the 1:250,000 scale, using as a pilot zone the area covered by sheet SH-19 "LA SERENA".

The acquisition of the most up-to-date instruments in order to use electronic and digitized data systems for data production and storage has been considered. The ultimate goal is automated mapping and methodical storage of the geographical information contained in each topographical sheet.

Cadastral surveys

A pilot project will make it possible to evaluate the quality, accuracy and costs of urban and rural cadastral maps, by comparison with existing maps, so as to determine the most suitable procedure to be adopted.

In July 1975, the Pan-American Institute of Geography and History (PAIGH) approved Special Project No. 75-052-18, entitled "Use of remote sensing in the management of natural resources for the development of Latin America". Chile selected an area of 5,000 km² near the city of Santiago for the conduct of these activities. This project was carried out in 1977, with the advice of two Canadian experts and the participation of many national bodies. In June 1978, the First International Symposium on Remote Sensing was held, on the basis of the earlier project.

Currently a map of Chile is being prepared showing the new regional divisions, on the 1:1,000,000 scale, using LANDSAT images. Maps of Santiago, on the 1:500,000 scale, and of other parts of the country, on the 1:250,000 scale, have already been published on the basis of these images.

Small-scale mapping

Maps of Chile have been issued on various scales, including physical maps on the 1:1,000,000, 1:2,000,000 and 1:3,000,000 scales, and a map of Santiago on a scale of 1:25,000.

All the maps show the new regional divisions of the country.

Technical assistance

In 1976 the Government of Chile approved the National Cartography and Photogrammetry Plan, which was initiated in 1977, and provided resources for modern equipment such as the helicopters, vehicles and instruments needed to speed up field operations.

For the same purpose technical co-operation agreements have been signed with the National Geographic Institutes of France and Spain, in addition to the agreement with the Inter-American Geodetic Survey

Cartes topographiques

Le programme de publication de la carte standard au 1/250 000 s'échelonne comme suit :

Feuilles publiées à ce jour	19
Période 1979-1981	16
Période 1982-1985	39
Période 1986-1988	28

Au cours du premier semestre de 1978, on a mis au point un projet d'établissement de cartes thématiques du territoire national, au 1/250 000, en prenant comme zone pilote la région correspondant à la feuille SH-19, "La Serena".

On a envisagé d'acquérir les instruments les plus modernes pour utiliser des systèmes électroniques et numériques de traitement des données, afin de pouvoir produire et classer ces données. On pense pouvoir établir un système de production automatique de carte et de classement méthodique des informations gégraphiques figurant sur chacune des feuilles topographiques

Levés cadastraux

Un projet pilote permettra d'évaluer la qualité, la précision et les coûts des plans cadastraux urbains et ruraux, en les comparant avec les plans existants, pour déterminer la procédure qu'il conviendrait le mieux d'adopter.

En juillet 1975, l'IPGH a approuvé le projet spécial n° 75-052-18, intitulé "Utilisation de la télédétection dans la gestion des ressources naturelles pour le développement en Amérique latine"; le Chili a choisi une région d'une superficie de 50 000 km², à proximité de la ville de Santiago, pour mener à bien les activités relatives à ce projet; celui-ci, réalisé en 1977, a bénéficié des services consultatifs de deux experts canadiens et de la participation de nombre d'organismes nationaux. En juin 1978, on a organisé le premier Colloque international sur la télédétection, en se fondant sur ledit projet.

Actuellement, on prépare une carte du Chili au 1/1 000 000, compte tenu du nouveau découpage régional, en utilisant des images LANDSAT; celles-ci ont formé la base de cartes au 1/500 000 de Santiago et de cartes au 1/250 000 de diverses régions du pays.

Cartographie à petite échelle

On a publié des cartes du Chili à diverses échelles, notamment des cartes physiques au 1/1 000 000, au 1/2 000 000 et au 1/3 000 000, et un plan de Santiago au 1/25 000.

Sur toutes les cartes publiées, on a indiqué le nouveau découpage régional du pays.

Assistance technique

Le Gouvernement chilien a approuvé en 1976 le Plan national de cartographie et de photogrammétrie qui a été mis en œuvre à partir de 1977, et a pris les dispositions nécessaires pour qu'on puisse utiliser des instruments modernes, des hélicoptères par exemple, ainsi que les véhicules et matériels requis pour accélérer les opérations sur le terrain.

De même, le Gouvernement chilien a signé des conventions de coopération technique avec les instituts géographiques nationaux de France et d'Espagne et maintient des contacts avec le Service interaméricain de géodésie.

Atlases

A new atlas is to be made, using modern techniques, to illustrate the national situation by the use of thematic maps, with the participation of the country's main institutions and universities.

The 1979 edition of *School Atlas of Chile* is in the process of preparation, and has been suitably expanded and modernized.

Standardization of geographical names

The Dictionary of Geographical Names contains approximately 65,000 place names between 17°30′ and 43°30′ south latitude.

The list of place names for the maps on the 1:50,000 and 1:250,000 scales was processed by the electronic computer system.

Conference on the Standardization of Geographical Names

Chile will host the Second Latin America Regional Conference on the Standardization of Geographical Names, which is to be held at Santiago from 24 to 29 September 1979.

Atlas

On projette d'établir un nouvel atlas en se servant de techniques modernes qui permettent de présenter les réalités du pays par des cartes thématiques, avec la participation des principales institutions et universités du pays.

L'édition de 1979 de l'Atlas scolaire du Chili est en préparation; cette version sera considérablement étoffée et modernisée.

Normalisation des noms géographiques

Le dictionnaire des noms géographiques contient approximativement 65 000 noms de lieux situés entre 17° 30′ et 43° 30′ de latitude S.

La compilation des toponymes qui figurent sur les cartes au 1/50 000 et au 1/250 000 a été effectuée grâce au système de calcul électronique.

Conférence sur la normalisation des noms géographiques

Le Chili sera chargé de l'organisation de la deuxième Conférence régionale pour l'Amérique du Sud sur la normalisation des noms géographiques, qui se tiendra à Santiago du 24 au 29 septembre 1979.

Actividades geodésicas

Trabajos en territorio continental

Durante el transcurso del año 1978, el Instituto Geográfico Militar de Chile dio término a la elaboración de la cubierta nacional de cartografía regular a escala 1:50.000, en el sector comprendido entre los 17° 30′ y los 43° 30′ de latitud sur, con la sola excepción de 24 hojas correspondientes a sector fronterizo, comprendido entre los 27° 30′ y 31° de latitud sur (ver figura 1).

A fin de completar la cubierta cartográfica regular del territorio continental, en octubre de 1975 se estudió un anteproyecto de actividades de terreno a ejecutar en la zona austral del país (desde los 43° 30′ a los 56° 00′ de latitud), con la finalidad de obtener precisa cartografía regular de esa zona a escala conveniente.

Para la ejecución de dicho proyecto se dividió el área en cinco sectores bien definidos, con la única finalidad de establecer prioridades en el levantamiento y, al mismo tiempo, fijar los requerimientos de precisión para las coordenadas de los puntos necesarios en el apoyo de campo.

En diciembre de 1977 se iniciaron los trabajos de terreno, y en las tareas realizadas en esta primera etapa, hasta marzo de 1978, se determinaron coordenadas para 23 estaciones terrestres en la zona comprendida entre los 43° 30′ y 46° de latitud sur. Esta determinación se efectuó mediante el registro de pasos de los satélites geodésicos de efemérides precisas, empleándose para este objeto equipos georreceptores JMR-1.

En esta misma etapa se efectuó el reconocimiento y clasificación de campo necesario para el levantamiento aerofotogramétrico de 91 hojas a escala 1:50.000.

Durante el primer trimestre del presente año se continuaron estas actividades, lográndose en esta etapa la determinación de coordenadas y alturas mediante Sistema Doppler, de simple posición, para 31 estaciones terrestres. En esta ocasión se emplearon equipos geoceiver para el registro de pasos de satélites.

Este trabajo, unido a la clasificación de campo efectuada, permitió continuar el levantamiento regular a escala 1:50.000 hasta los 49° de latitud sur.

En la actualidad se encuentran en la fase de aerotriangulación y compensación preliminar los antecedentes de los bloques que darán origen al levantamiento regular de 184 hojas escala 1:50.000 y está proyectada en septiembre del presente año la fase de restitución fotogramétrica de estas hojas, en proyección UTM, Datum y Elipsoide Sudamericano de 1969, formato de 15′ en latitud por 20′ en longitud.

En la figura 2 se esquematiza la ubicación de las 184 hojas escala 1:50.000 de la zona austral del país que se encuentran en fase de trabajo.

Trabajos en territorio chileno antártico

El territorio chileno antártico tiene para nuestro país, sin duda alguna, una significativa y trascendental importancia.

En diferentes oportunidades el Instituto Geográfico Militar de Chile ha participado, durante el período de relevos de las dotaciones de las bases antárticas chilenas, en actividades técnicas, de reconocimiento, exploración, mediciones científicas y en la ejecución de levantamientos topográficos locales en dicho territorio.

Durante los últimos 17 años, los métodos para la instauración del apoyo terrestre en la Antártica han evolucionado desde la fijación de posiciones por observaciones solares, a poligonales electrónicas con ayuda de helicópteros, a la determinación de posiciones mediante el registro de pasos de satélites geodésicos por sistema Doppler.

A cada nueva técnica correspondió un nuevo instrumento perfeccionado, o se aplicó una nueva modalidad en las operaciones de medición, obteniéndose mayor exactitud, mejor distribución del apoyo terrestre y una carta mejor.

Aprovechando las experiencias ya obtenidas en los trabajos de campo, mediante el empleo del Sistema Doppler para el levantamiento cartográfico regular de la zona austral del país, en 1978 se elaboró un proyecto para realizar, en forma sistemática y continuada, el levantamiento cartográfico regular, a escala adecuada del territorio chileno antártico.

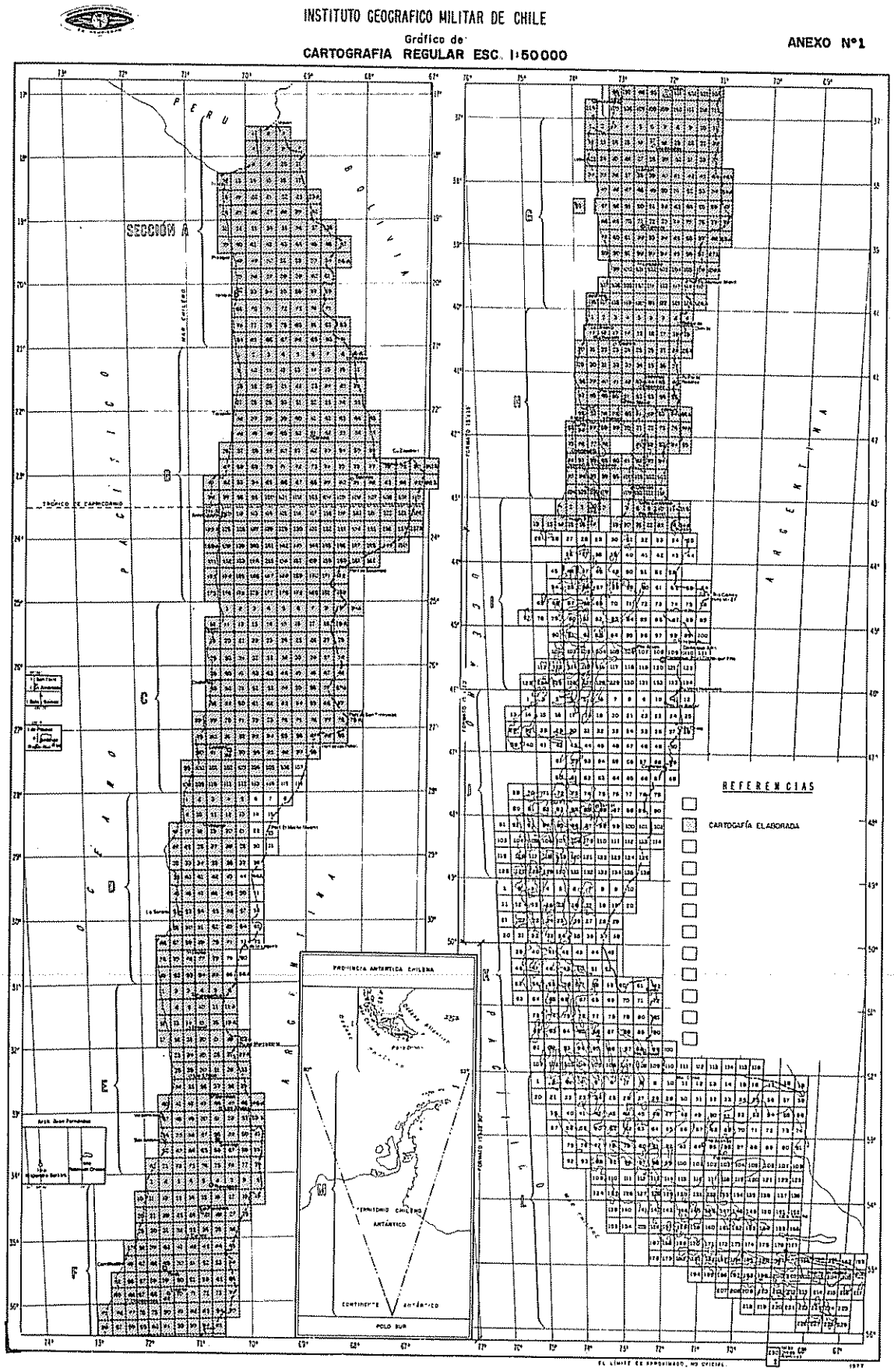


Figura 1. Chile: gráfico de cartografía regular, escala 1:50 000

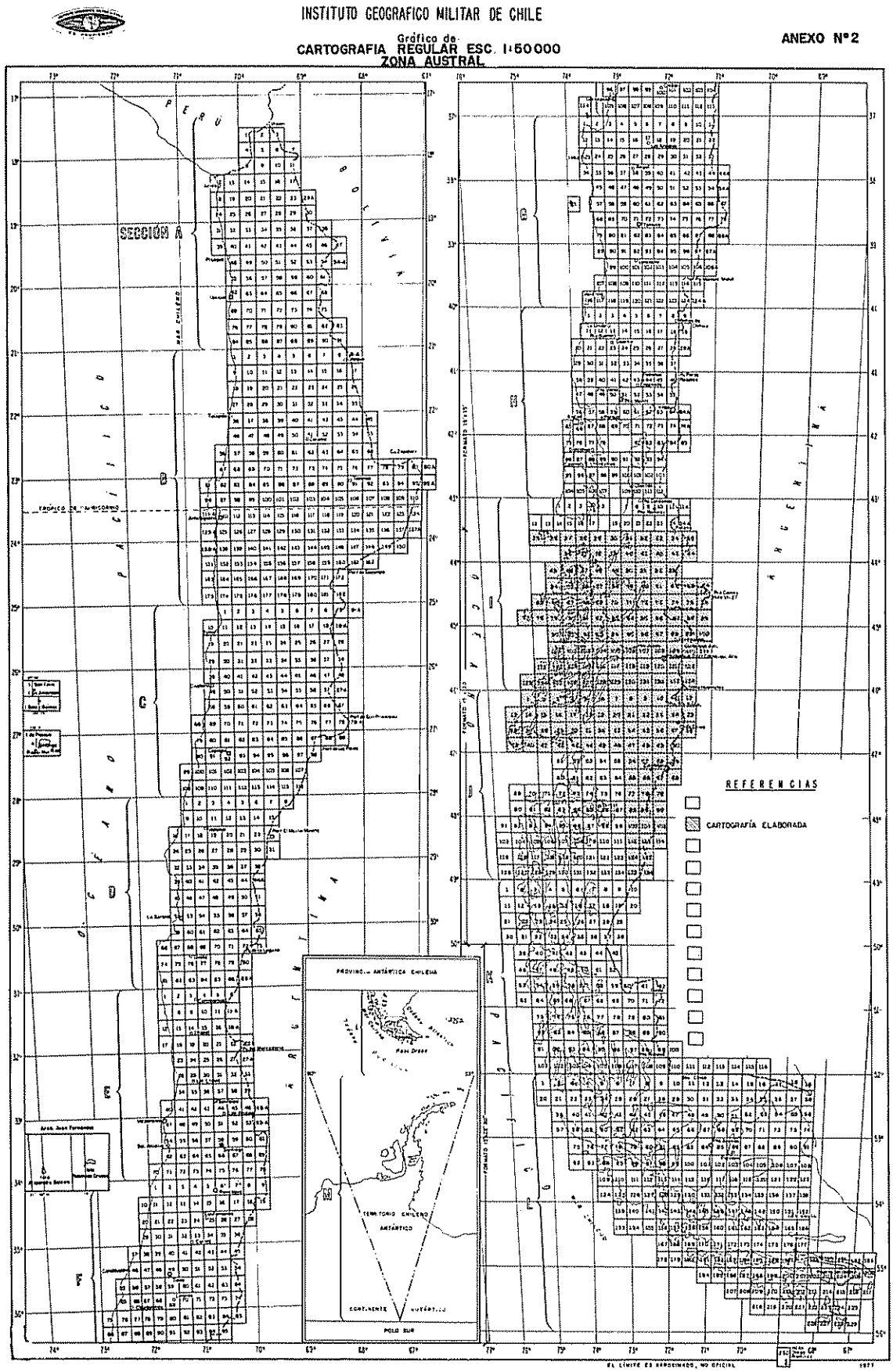


Figura 2. Chile: gráfico de cartografía regular, escala 1:50.000, zona austral

En el primer trimestre del presente año concurrió a la Antártica chilena una comisión técnica, con la finalidad de dar satisfacción a la primera etapa del proyecto; es decir, además de efectuar ciertos trabajos topográficos locales necesarios para la prosecución de las futuras tareas, realizar un reconocimiento de la zona, con el objeto de estudiar antecedentes, tales como métodos más convenientes de trabajo, necesidades de personal, implementos, equipos y apoyo logístico que hagan factible elaborar en etapas sucesivas cartografía regular, a partir de los 63° 00′ de latitud sur.

Los resultados y conclusiones logrados en esta primera experiencia, junto al estudio de antecedentes sobre procedimientos aerofotogramétricos en zonas de hielo, han permitido concluir los caminos a seguir para la confección de cartografía en la Antártica.

Para la próxima temporada de trabajos en 1980 se consulta la nominación de una comisión de trabajo más numerosa en operadores y técnicos, con la misión de determinar coordenadas y alturas de estaciones terrestres fotoidentificables, mediante Sistema Doppler, por registro de pasos de satélites en órbita en el sector litoral comprendido entre la Base Libertador General Bernardo O'Higgins y Bahía Margarita.

Mapas topográficos

Carta regular, escala 1:250.000

Sin lugar a dudas, ésta es la serie de mapas topográficos confeccionados por el Instituto Geográfico Militar que proporciona más detalles para estudios de preinversión y su escala es adecuada para los fines que persiguen los organismos internacionales de desarrollo. La escala de 1:250.000 con curvas de nivel cada 50 ó 100 m en un formato general de 1° por 1°,5, muestra el necesario detalle topográfico y planimétrico para estudios de prefactibilidad; puede emplearse como patrón para la serie de cartografía temática; puede ser la base de la carta hemisférica unificada y de la carta aeronáutica de la misma escala; proporciona la base apropiada para graficar la información temática que se derive de los sistemas de satélites para recursos terrestres y permite su digitalización en un formato estándar para el banco de datos, sin necesidad de requerir una excesiva capacidad de almacenamiento. Todo lo anterior recomienda continuar con la preparación y publicación de esta serie basada en los cubrimientos de la carta regular del país a la escala de 1:50.000.

Lógicamente, existirán áreas donde esta serie quedará paralizada, a la espera de disponer de la carta base; este inconveniente se solucionará confeccionando un producto interno sobre la base de fotografías aéreas, carta preliminar o datos informativos, de las imágenes LANDSAT. Este producto interno será utilizado hasta la oportunidad en que se disponga de la carta regular 1:250.000 sobre el área.

Las especificaciones técnicas a seguir en su elaboración ajustadas a los lineamientos básicos sobre compilación, separación de colores y reproducción, son establecidos por el IPGH en las especificaciones para la serie unificada de cartografía topográfica.

En la figura 3 se adjunta cuadro que muestra el programa de publicaciones por etapas para esta cartografía.

Cartografía temática

En el primer semestre del año 1978 se elaboró un proyecto destinado a la preparación de cartografía temática del territorio nacional, aprovechando el material de impresión de la carta regular, escala 1:250.000, que se está elaborando.

Para una primera fase experimental se consideró como área piloto la cubierta por la hoja SH - 19 "LA SERENA" a la escala ya mencionada.

En consideración a que la información temática existente en cada área no se encuentra en el Instituto, se solicitó la colaboración y participación de diversos profesionales, organismos estatales y universidades chilenas para llevar adelante esta tarea.

En el transcurso del año se logró formar un comité de estudios y trabajos constituido por representantes del Instituto Geográfico Militar, de institutos chilenos de investigación en esta área, de universidades y organismos estatales afines a la materia.

En consecutivas reuniones se seleccionaron los temas que se incluyeron en el proyecto piloto "LA SERENA", designándose, además, los equipos de profesionales que actualmente se encuentran trabajando en la compilación de información que será vaciada en cada una de las cartas temáticas.

El Intituto Geográfico Militar ha asumido, además, la coordinación permanente del proyecto, y de sus conclusiones se decidirá la política a seguir en el resto del país.

Plan Piloto de Cartografía Automática y banco de datos

En el año 1977 la Dirección del Instituto Geográfico Militar tomó la decisión de elaborar un proyecto destinado a analizar la factibilidad técnico-económica para la implementación de un Plan Piloto de Cartografía Automática y creación de un banco de datos automatizado.

El Gobierno de Chile, consciente de que la cartografía automática en un país constituye un gran avance en el desarrollo cartográfico y las ventajas que trae consigo justifican los cambios estructurales en los flujos de trabajo y las inversiones de cierta magnitud, dio su respaldo y aprobación a este proyecto, autorizando la implementación del Plan a partir del año 1978.

En la etapa actual ya se encuentra prácticamente decidida la adquisición de un moderno sistema electrónico digitalizador de datos que satisface técnicamente las necesidades de producción automática de mapas y archivo de la información geográfica contenida en cada unidad de hoja topográfica.

Levantamientos catastrales

Proyecto piloto de catastro

En cuanto a la actividad catastral en Chile, se puede decir que el Departamento del Catastro inició sus funciones como dependencia del Instituto Geográfico Militar en 1943. Este importante servicio de carácter nacional es de necesidad imprescindible por constituir la fuente de información primaria en los proyectos nacionales de las entidades de planificación. Se estima que la actividad del Catastro en Chile, en su más amplio concepto, constituirá el centro de gravedad en las futuras actividades del Instituto.

La Dirección de la Repartición, consciente de esta realidad, ha dado los primeros pasos tendientes a incorporar a su complejo orgánico operativo el nuevo Departamento del Catastro.

En forma paralela se han tomado los contactos preliminares con autoridades ministeriales y direcciones naciona-

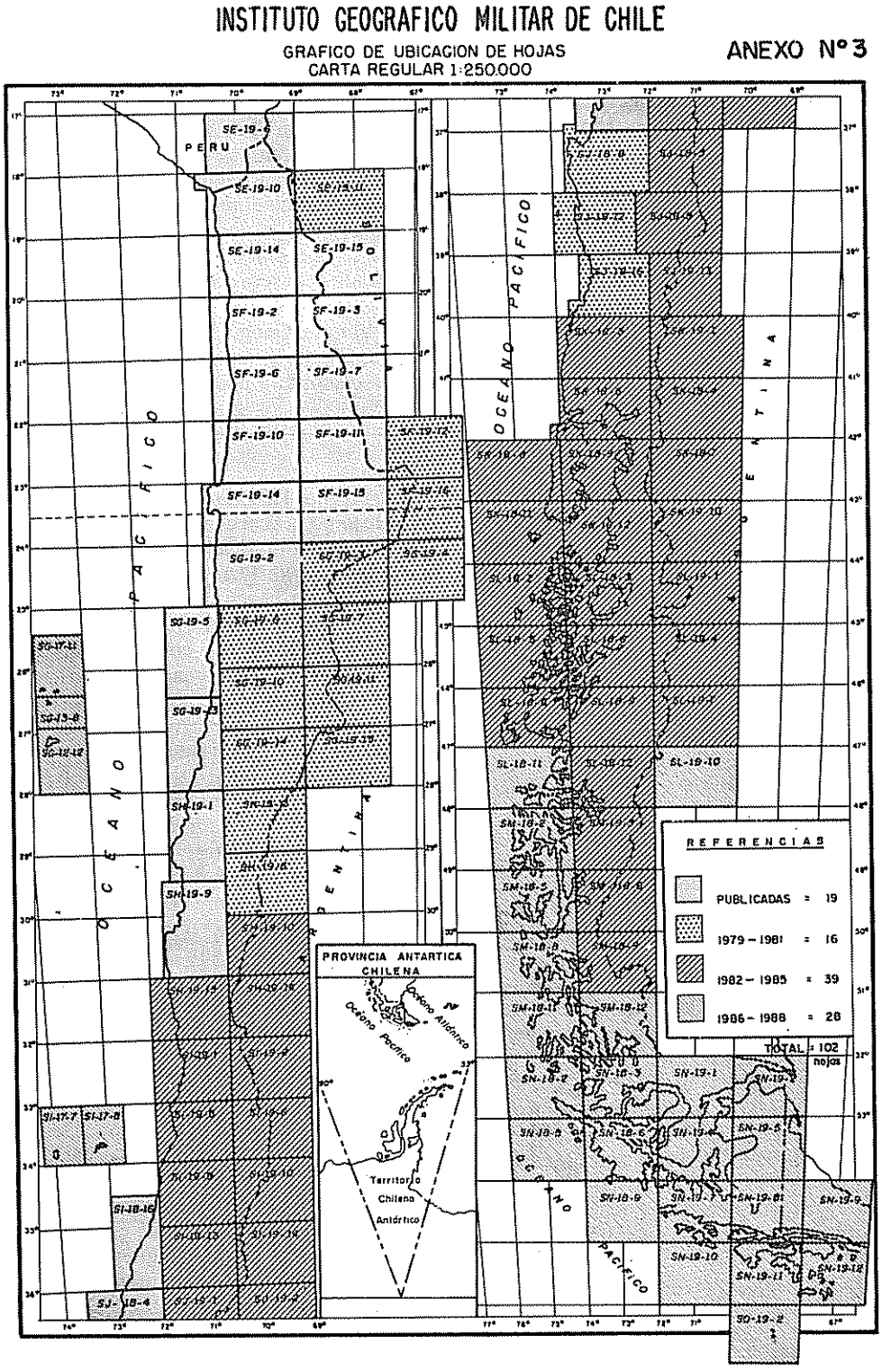


Figura 3. Chile, gráfico de ubicación de hojas, carta regular 1:250.000

les que tienen atingencia con esta materia, para poner en su conocimiento la política general de catastro urbano y rural que emprenderá próximamente el Instituto. En primer término, y con la colaboración de una asesoría se llevará adelante un proyecto piloto de esta naturaleza en un sector de la región metropolitana. Aquí se elegirá un área que combine dos aspectos: rural y urbano, y se dispondrá una conveniente planificación de actividades, con la intención de preparar planos y ortofotos de tipo catastral, con registro en adecuadas fichas de todos los antecedentes informativos complementarios, relativos a cada propiedad y a cada propietario.

Estos productos permitirán, en primer lugar, una comparación entre sí relativa a calidad, precisión y costos, para luego analizarlos con el plano catastral existente de ese sector y concluir, finalmente, con la decisión del procedimiento más conveniente a seguir en el levantamiento catastral del territorio.

Inventario de los recursos naturales y cartografía geocientífica (incluso aplicaciones de la teleobservación)

En el campo del inventario de los recursos naturales se han realizado las siguientes actividades:

En julio de 1975, durante la XVI Reunión del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), se aprobó el Proyecto Especial No. 75-052-18, titulado "Utilización de la Percepción Remota en el Manejo de los Recursos Naturales para el Desarrollo de la América Latina en tres áreas pilotos". Una de esas áreas fue Chile, y aquí se le dio un matiz más definido al proyecto, denominándose "Análisis y Evaluación Multidisciplinaria de Imágenes y Registros de Perceptores Remotos en Chile".

Para esto se eligió un área de 5.000 km^2 cerca de la ciudad de Santiago, debido a la proximidad de las sedes de los organismos participantes, que contaba con una gran cantidad de material cartográfico y reunía numerosas características geomorfológicas, las cuales facilitaban el uso multidisciplinario de la información. El Canadian Center of Remote Sensing aportó el avión y los registros en enero de 1977. La parte nacional empezó con la recolección de datos de terreno, interrumpiéndose ésta a la espera de los registros que fueron procesados por el organismo canadiense, los que llegaron en julio de ese año, reanudándose el trabajo. Luego el IPGH envió a dos especialistas canadienses en sensores remotos para asesorar el proyecto.

Conjuntamente, se definieron los objetivos a corto y largo plazo, destacando entre los primeros:

a) La evaluación de las ventajas, limitaciones y potencialidades de películas color, IR-Color y barridos termales, para la prospección e investigación de los recursos naturales;

b) Introducción de los profesionales chilenos en la técnica de percepción remota, en un proyecto multidisciplinario;

c) Detección de las variables que influyen en la agricultura, tales como suelo, fertilización y aspectos fitosanitarios;

d) Evaluación de los sensores empleados en el mapeo de uso actual del suelo;

e) Determinación de la factibilidad del establecimiento de una metodología, basada en perceptores remotos, que posibilite la prospección de algas de interés económico;

f) Utilización de las fotografías en materias cartográficas para la confección de pictomapas, ortofotos, cartografía convencional y actualización cartográfica;

g) Evaluación de fotos e imágenes en estudios geológicos, hidrológicos, ecológicos.

En cuanto a los objetivos a largo plazo, éstos fueron:

a) Capacitación del personal chileno en las técnicas de manipulación, análisis y evaluación de los registros obtenidos por sensores remotos;

b) Disminución de las distancias tecnológicas que separan a Chile de los países desarrollados en este aspecto.

Participaron diferentes organismos nacionales, siendo éstos:

Instituto Geográfico Militar
Instituto Hidrográfico de la Armada
Instituto de Recursos Naturales
Instituto de Investigaciones Geológicas
Instituto Forestal
Instituto de Fomento Pesquero
Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile
Departamento de Geografía de la Universidad de Chile
Instituto Nacional de Estadísticas.

Entre el 6 y 12 de junio de 1978, el Instituto Geográfico Militar organizó el Primer Simposium Internacional sobre Percepción Remota, basado en el proyecto antes mencionado, en el cual se dieron cita los más destacados especialistas nacionales y extranjeros. Se presentaron 29 temas, de los cuales 11 estuvieron relacionados con el Proyecto IPGH y los restantes con percepción remota desde satélites.

De los resultados y conclusiones de este evento podemos destacar:

a) Existe gran interés de parte de profesionales chilenos en esta técnica de percepción remota, lo cual facilita un intercambio ágil de conocimientos y tecnología;

b) El intercambio de conocimientos y experiencias permitió obtener una visión muy amplia y eficaz del uso de la percepción remota en el área de los recursos naturales;

c) La canalización de los trabajos de investigación, a fin de aprovechar al máximo sus esfuerzos y evitar la duplicidad de labores;

d) Captación de las ventajas que ofrece esta técnica sobre otras tradicionales, y saber cuáles son sus limitantes y potencialidades, permitiendo una correcta aplicación de ella;

e) Evaluación del nivel de conocimientos que existe hoy en el país;

f) La formación básica de los profesionales estaría constituida por dos aportes: el interés de los investigadores y el potencial ofrecido por sistemas de tecnologías sencillas.

Respecto a cartografía geocientífica, el Instituto Geográfico Militar colabora con las entidades encargadas de dichas funciones, aportando con el conocimiento y trabajo de sus profesionales.

Desde el segundo trimestre del año 1978, el Instituto ha preparado y publicado Cartografía con Imágenes del Satélite LANDSAT, a escalas 1:500.000 hasta 1:250.000,

en falso color de distintas zonas del país, comenzando esta producción con la Carta "Santiago" a escala 1:500.000.

El Instituto Geográfico Militar no elabora cartografía métricamente controlada, puesto que todavía no posee equipos rectificadores, computadores ni periféricos necesarios para la corrección de la imagen.

Hasta la fecha se han efectuado numerosas experiencias cartográficas, elaborando cartas con cáneva UTM (Universal Transversal Mercator) y cuadrícula geográfica.

Cabe destacar que se emplean en la obtención del producto final modernos sistemas de impresión; por ejemplo, citaremos la adquisición del Sistema Cromalín, sistema de impresión en seco, que permitirá obtener pruebas de color a un costo bajo, rápido y de gran calidad.

El Sistema Cromalín se usará en la confección del mapa de Chile regionalizado a escala 1:1.000.000 con el uso de imágenes LANDSAT; esto implica un avance en la representación cartográfica del país y en el sistema de mosaico, efectuándose luego cartas de cada región a escala conveniente.

Cartografía en pequeña escala (incluso mapas de la serie MIM, OACI y otras series de mapas mundiales)

Consciente de la importancia de la cartografía en pequeña escala, el Instituto Geográfico Militar ha editado mapas de Chile, entre los cuales podemos destacar:

Mapa físico de Chile

Este mapa, a escala 1:1.000.000, contiene, además de la información de producción nacional, efecto de relieve, innovación que hace posible una rápida y efectiva interpretación de los accidentes topográficos que posee el terreno. Trae dos cortes físicos típicos del país y los valores hipsométricos y batimétricos referidos a diferentes tonalidades.

Mapa físico de Chile

Elaborado a escala 1:3.000.000, trae como información adicional la situación de Chile en Sudamérica y un mapa político de la nación; asimismo, los valores hipsométricos y batimétricos referidos a distintas tonalidades.

Contiene un mapa del territorio chileno antártico dibujado a escala 1:15.000.000 (Proyección Ortográfica Polar).

Mapa regionalizado de Chile

En 1978 el Instituto editó el mapa regionalizado de Chile a escala 1:2.000.000. Se ha hablado de un mapa regionalizado; este sistema es debido a una readecuación de la división político-administrativa del territorio nacional, con el objeto de lograr un equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos naturales y la distribución geográfica de la población, de manera que se establezcan las bases para una ocupación efectiva y racional del territorio y la eliminación de la excesiva concentración económica en algunas ciudades del país.

Este mapa, con proyección policónica modificada de Llallemand, muestra claramente esta regionalización, al igual que la estructura del sistema de gobierno y administración en los distintos niveles nacionales, regionales, provinciales y comunales, conjuntamente, con un cuadro explicativo de las regiones y provincias con sus respectivas capitales.

Contiene el territorio chileno antártico, mediante la proyección polar azimutal equidistante, a escala 1:23.000.000, e informaciones acerca de los siguientes rubros de producción:

Mineros;	Antárticos;
Agrícolas;	Pesqueros;
Turísticos;	Industriales;
Ganaderos;	Centrales;
Forestales;	Eléctricas.

Incluye un cuadro de distancias entre ciudades y la situación de Chile en Sudamérica, en proyección polar azimutal equidistante; Chile en las grandes unidades de integración, Organización de Estados Americanos (OEA).

Esta obra, de gran trabajo cartográfico y contenido didáctico, ha sido bien recibida en el ámbito docente del país.

Uno de los planes a futuro es llegar a confeccionar el mapa de Chile regionalizado en base a imágenes LANDSAT, a escala 1:1.000.000, revolucionando la interpretación cartográfica tradicional.

Asistencia técnica

Plan Nacional de Cartografía y Fotogrametría

El año 1976, la Dirección del Instituto Geográfico Militar concibió y estructuró un Plan Nacional de Cartografía y Fotogrametría con miras al aprovechamiento integral y oportuno de las nuevas cubiertas de fotografías aéreas del territorio nacional.

El Gobierno de Chile, consciente de que la cartografía es una de las herramientas fundamentales para el desarrollo, dio su aprobación y el apoyo al referido Plan, el cual, en lo sustancial, dicta la política a seguir en materia de trabajos de terreno y su materialización en hojas topográficas de las más variadas y convenientes escalas del territorio continental, insular y antártico, que se confeccionaron con la aplicación de las más avanzadas y precisas técnicas cartográficas.

Este Plan se puso en ejecución a partir de 1977, procediéndose, de acuerdo a su programación, a dotar al Instituto del más moderno instrumental de restitución fotogramétrica y de impresión de cartas conocido, además de helicópteros, vehículos, instrumentos y equipo accesorio necesario para mejorar y acelerar las operaciones de campo.

Se continuó en seguida con el programa de perfeccionamiento del personal en las nuevas técnicas a emplear en la confección de cartas, planos y mapas. Este plan de perfeccionamiento especializado continuó durante 1978 y se mantendrá durante el presente año y a futuro, de acuerdo a las necesidades que el avance tecnológico imponga, en todos los niveles exigidos, desde la determinación de coordenadas y alturas para las estaciones terrestres y su cálculo, hasta su posterior utilización en los esquemas analíticos de la aerotriangulación, compensación de los resultados, aplicación de los mismos en la restitución de las hojas, su análisis, dibujo, interpretación e impresión final.

Con esta misma finalidad, además de los convenios ya suscritos con el Servicio Geodésico Interamericano de los Estados Unidos, en 1978 el Instituto Geográfico Militar

de Chile suscribió convenios de cooperación técnica con los Institutos Geográficos Nacionales de Francia y España, con bases específicas para intercambio de profesionales y de tecnología, especialmente para implementar el proyecto cartográfico de la zona austral, el levantamiento del territorio antártico chileno, aplicación de modernas técnicas para la confección de ortofotos del catastro urbano y rural, uso de los sensores remotos y en la organización del Centro de Informaciones Geográficas, previo el definitivo establecimiento del banco de datos.

Informe general de Chile, con los progresos logrados desde la primera conferencia

Primer Simposium Internacional sobre Percepción Remota

Entre el 6 y el 12 de junio de 1978 se realizó en Santiago este simposium, que fue auspiciado por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) y el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH). Se contó con la asistencia de destacados investigadores nacionales y extranjeros. Los trabajos presentados se darán a conocer mediante una publicación especial, durante el presente año.

Otra cartografía

Durante el año 1978, el IGM, publicó el Mapa físico de Chile a escala 1:2.000.000 y Plano de Santiago, a escala 1:25.000, obra que se tiene proyectado actualizar permanentemente, de acuerdo con las modificaciones urbanas que vayan experimentando las diversas municipalidades que componen la capital.

Atlas nacionales y regionales

El Instituto Geográfico Militar de Chile, en su calidad de autoridad oficial en todo lo que se refiere a la geografía del territorio nacional, publicó en su primera edición el "Atlas de la República de Chile" el año 1966, con un formato de 40 x 60 cm y un tiraje de 5.000 ejemplares, cuyo contenido principal lo constituyó el Mapa físico a escala 1:1.000.000, complementado con antecedentes históricos, astronómicos y administrativos, gran variedad de fotografías aéreas y panorámicas, además de algunos mapas temáticos.

Agotada esta primera edición se imprimieron otras dos nuevas ediciones en los años 1970 y 1972, de 10.000 unidades cada una, en las que se modificó el formato a 40 x 30 cm, sin variar la escala de los mapas y dimensiones del contenido gráfico. Además se incluyó como complemento de positiva utilidad un índice de nombres geográficos.

Conscientes que esta importante obra requiere ser actualizada, ampliada y diseñada en forma más acorde con las nuevas técnicas existentes, de tal manera que refleje en forma clara y moderna la realidad nacional actualmente se encuentra en elaboración un "Nuevo Atlas de la República de Chile" en la que, junto al Instituto, participan las principales instituciones y universidades del país.

En el año 1975, el Instituto publicó un "Atlas escolar de Chile", orientado a la educación básica y media, conteniendo información de carácter didáctico de las principales características geográficas del país, y posteriormente dos ediciones más en los años 1976 y 1978. Actualmente se encuentra en preparación la edición 1979, la cual ha sido ampliada para satisfacer en forma más adecuada las necesidades de la educación escolar.

Por otra parte, el Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile editó el año 1974 un "Atlas hidrográfico de Chile", que contiene a escala reducida la totalidad de la cartografía náutica en vigencia en esa fecha, como también reproducciones de algunos documentos y cartas históricas.

Cabe mencionar también la labor de algunas editoriales privadas que han publicado en los últimos años atlas sencillos con la representación del país e información básica sobre las nuevas regiones.

Normalización de nombres geográficos

El "Diccionario de nombres geográficos" confeccionado por el Instituto Geográfico Militar contiene aproximadamente 65.000 topónimos, que incluyen las secciones "A", "B", "C", "D", "E", "F", "G" y "H", comprendidas entre los 17° 30′ y 43° de latitud sur. Se trata de un trabajo que se inició el año 1971, fecha en que se dictó la Directiva que dispuso su confección y a la cual se dio término en diciembre de 1978.

Primeramente se hizo una recopilación ordenada de los topónimos contenidos en la cartografía a escalas 1:50.000 y 1:250.000 del propio Instituto Geográfico Militar y, posteriormente, fue enviado para su procesamiento en un sistema de computación electrónica.

Segunda Conferencia Regional para Iberoamérica sobre Normalización de Nombres Geográficos

Chile, de acuerdo con lo propuesto por el Profesor Dr. Francis Gall, Presidente de la División de América Latina, del Grupo de Expertos de las Naciones Unidas en Nombres Geográficos, tendrá a su cargo la organización de la Segunda Conferencia Regional para Iberoamérica sobre Normalización de Nombres Geográficos, que se llevará a efecto en Santiago, entre el 24 y el 29 de septiembre de 1979.

Se ha distribuido entre los diversos países iberoamericanos el Informativo No. 1, que contiene las informaciones preliminares sobre el temario, inscripciones y antecedentes generales. Se tiene programado distribuir, posteriormente, el Informativo No. 2, que contendrá el total de las informaciones y detalles de interés para los concurrentes a esta conferencia.

Cartografía elaborada y publicada desde 1976 a 1979.

En la figura 4 se muestran los trabajos geodésicos y cartografía elaborada y publicada entre los años 1976 y 1979.

Cartografía náutica

El Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile tiene por misión principal proporcionar los elementos técnicos y las informaciones y asistencia técnica destinados a dar seguridad a la navegación. Por tal razón, el Instituto Hidrográfico de la Armada constituye el servicio oficial, técnico y permanente del Estado en todo lo que se refiere a hidrografía, levantamiento hidrográfico marítimo, fluvial y lacustre, cartografía náutica, construcción y publicación de cartas de navegación de aguas nacionales, oceanografía, planificación y coordinación de todas las

Gráfico de- TRABAJOS GEODÉSICOS Y CARTOGRAFÍA PUBLICADA, EFECTUADOS ENTRE EL AÑO 1976 y 1979

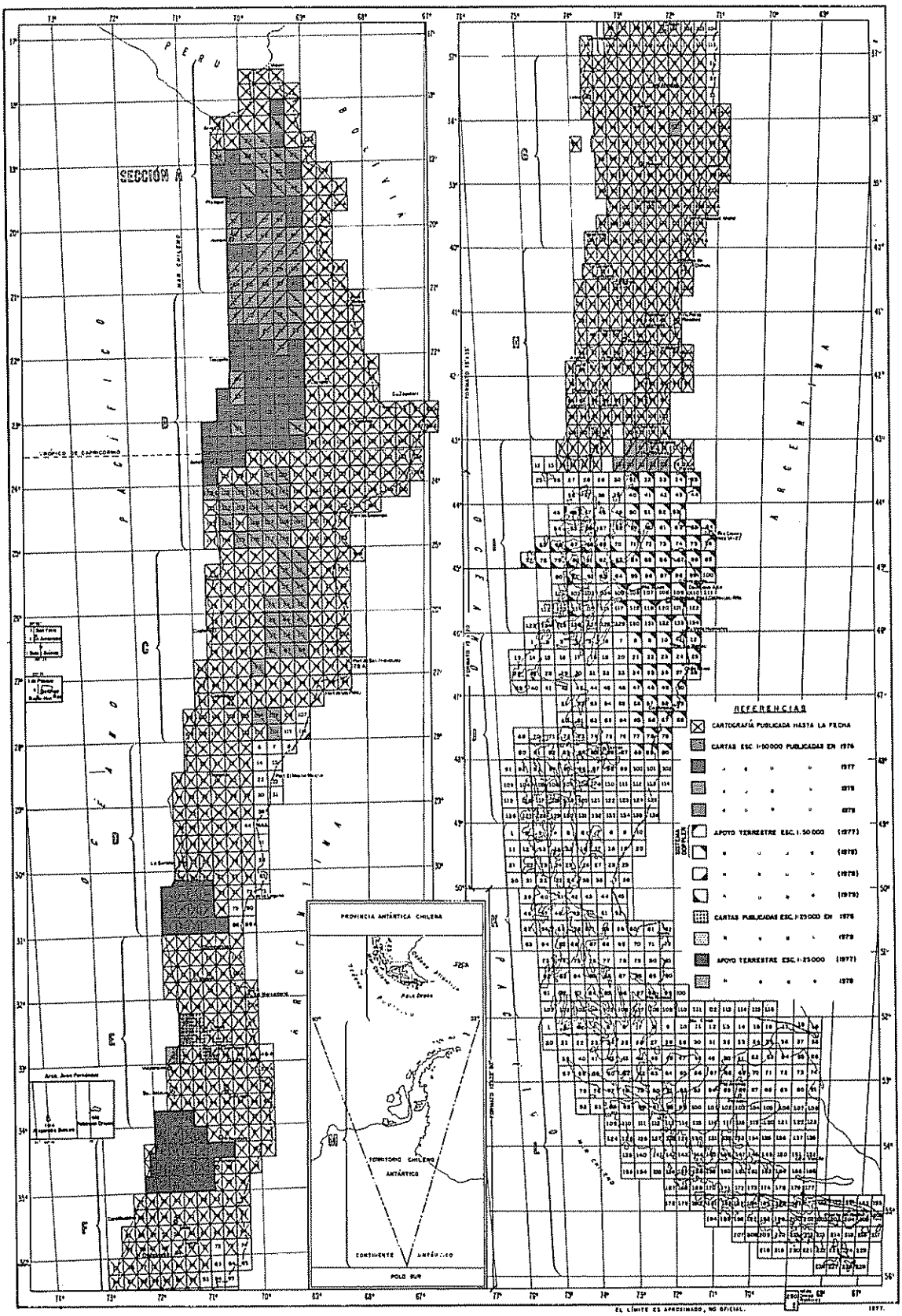


Figura 4. Chile. gráfico de trabajos geodésicos y cartografía publicada, efectuados entre 1976 y 1979

actividades oceanográficas nacionales relacionadas con investigaciones físico-químicas, mareas, maremotos, geografía náutica, navegación, astronomía, señales horarias oficiales, aerofotogrametría aplicada a la carta náutica y señalización marítima.

La responsabilidad cartográfica que le cabe al Instituto Hidrográfico de la Armada es la de proporcionar la cartografía náutica del mar territorial chileno, de la alta mar contigua al litoral de Chile, de las vías fluviales, lacustres y de las aguas interiores.

En los últimos años, la actividad cartográfica ha estado orientada a satisfacer la navegación comercial, especialmente en las rutas de canales. En la actualidad el cartapacio náutico se compone de 229 cartas.

En el ámbito mundial Chile cumplió su compromiso con la comunidad hidrográfica al dar término en los años 1977 y 1978 a la construción de las siguientes cartas de la serie internacional:

No. 62: Panamá a Cabo de Hornos (Escala 1:10.000.000, edición 1978)

No. 608: Guayaquil a Valparaíso (Escala 1:3.500.000, edición 1977)

No. 609: Valparaíso a Isla Diego Ramírez (Escala 1:3.500.000 edición 1977)

Otras cartas que han ocupado la atención del Instituto Hidrográfico de la Armada son las GEBCO (General Bathymetric Chart of the Ocean), orientándose por ello las diversas expediciones oceanográficas desarrolladas al incremento del conocimiento del Océano Pacífico. Todos estos antecedentes han sido divulgados a la comunidad internacional a través de la Oficina Hidrográfica Internacional.

Cartografía aeronáutica

El Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea de Chile tiene por misión confeccionar la cartografía aeronáutica que el país necesita para perfeccionar la seguridad a la navegación aérea dentro de su territorio, y las publicaciones que la complementan.

Para dar cumplimiento a la misión anterior efectúa la toma de la cubierta aerofotogramétrica del territorio nacional que sirve como base para que otros institutos congéneres del país efectúen los levantamientos cartográficos terrestres e hidrográficos, respectivamente.

La cartografía aeronáutica que ha desarrollado es la siguiente:

a) Se encuentra en preparación la cuarta edición de la escala aeronáutica 1:1.000.000;

b) Se encuentra en estudio y pronta para su publicación la carta aeronáutica escalas 1:500.000 y 1:2.000.000;

c) Además de lo anterior se desarrollan los siguientes documentos cartográficos:

Plano de obstáculos de aeródromo;

Carta de radionavegación;

Carta de área terminal;

Carta de aproximación por instrumentos;

Carta de aproximación visual;

Carta de aterrizaje;

Plano de aeródromo.

INFORME NACIONAL*

Documento presentado por Cuba

Introducción

El Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, en representación de la República de Cuba, asistió a la Primera Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para América, celebrada en marzo de 1976 en la Ciudad de Panamá. En los tres años transcurridos, el ICGC, como organismo rector de las actividades geodésicas, topográficas, cartográficas y catastrales del país, ha seguido desarrollando sus labores acorde a las necesidades del desarrollo socioeconómico del país.

Geodesia

Triangulación

Después de concluida la red de primer orden, se continuó con la densificación de la red de segundo orden (prácticamente concluida en estos momentos), y con la de tercer orden. En la actualidad se realizan trabajos de cuarto orden en zonas urbanas.

Nivelación de precisión

Las redes de nivelación se incrementaron en un 30% desde 1976 hasta la fecha.

Gravimetría

Entre 1976 y 1979 se ha continuado con la densificación de la red gravimétrica nacional.

Topografía

El trabajo de mapificación topográfica continúa su desarrollo normal, en función de las posibilidades y recursos del país, para satisfacer las necesidades que los planes de desarrollo de la economía socialista demandan:

El mapa escala 1:10.000 del 80% del país se espera concluir en el año próximo, tal como se había anunciado, lo cual situará a Cuba como uno de los primeros países de la América en contar con mapas a esa escala de su territorio.

Desde 1976 se han desarrollado los trabajos de mapas urbanos a la escala 1:2.000, que abarcan un volumen de aproximadamente 45 pueblos y ciudades.

Asimismo se preparan planos a escala 1:2.000 para la ejecución de obras viales, entre las que se cuenta la Autopista Nacional.

Se evoluciona en la disciplina de la geodesia ingeniera por la importancia que ésta reviste para el control geodésico de las instalaciones industriales, materializado en los trabajos de controles a los hornos rotativos de las fábri-

* El texto original de esta monografía se publicó como documento E/CONF.71/L.55.

cas de cemento, grúas viajeras, diques y otras obras industriales.

Catastro

En marzo de 1975, el ICGC, ante la necesidad de la realización y el mantenimiento actualizado del Catastro Nacional, se dio a la tarea de desarrollar los estudios e investigaciones necesarios para definir la envergadura de la tarea a nivel nacional, con la cooperación y asesoría técnica brindada por el Servicio Geodésico Checoslovaco.

El 16 de diciembre de 1977, el Consejo de Ministros crea la Comisión Nacional de Catastro como una comisión permanente inter-organismos subordinada al Consejo de Ministros y presidida por el ICGC, e integrada por varios ministerios y organismos de la Administración Central del Estado, la que tiene entre sus funciones principales:

a) Elaborar los instrumentos jurídicos normativos y dispositivos necesarios para la realización y mantenimiento actualizado del Catastro Nacional, los que elevará al Consejo de Ministros para su aprobación.

b) Elaborar y presentar al Gobierno, para su aprobación, los planes a mediano y largo plazo, así como la política a seguir para la realización y mantenimiento actualizado del Catastro Nacional.

En la actualidad los trabajos están centrados en la mapificación de varios municipios.

Cartografía

La cartografía ha tenido avances en el período transcurrido desde la primera conferencia en correspondencia con el desarrollo logrado por el país en la esfera socioeconómica. Esto ha devenido en un aumento en la preparación de mapas y bases cartográficas de toda índole.

Se destaca como una de las obras más importantes realizadas por nuestro organismo el nuevo "Atlas de Cuba", editado en homenaje al XX Aniversario del Triunfo de la Revolución.

Esta obra cartográfica compleja es el fruto de la colaboración científico-técnica entre la República de Cuba y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, y del esfuerzo común de más de cuarenta organismos e instituciones nacionales. El Atlas, en sus 169 páginas, resume de forma sintética el desarrollo del país en los últimos veinte años, lo que se manifiesta en sus secciones: la naturaleza y recursos naturales, la economía, la población y cultura e historia, siendo en el orden práctico un instrumento educacional para los centros de enseñanza media y superior y como útil material de consulta para los organismos estatales y demás instituciones nacionales.

Otra obra importante lo constituye el primer "Atlas Demográfico de Cuba", realizado en colaboración con el Comité Estatal de Estadísticas de Cuba y otros organismos e instituciones del país, que como plantea en su introducción,

> "Se propone como objetivo principal ofrecer una imagen visual por medio de mapas y gráficos de la evolución histórica, las características actuales y las perspectivas de la población cubana, representando un logro de nuestro país en el campo de la estadística demográfica y la cartografía.
>
> "Se caracteriza por su contenido documental y es comprensible tanto para los especialistas en la materia como para los interesados en algún aspecto o dato demográfico; se destaca además por su sencillez y rigor técnico".

A través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) se contó con la asesoría de especialistas en demografía y cartografía, los cuales brindaron sus conocimientos y experiencias en la realización de esta obra cartográfica.

La edición de mapas para la enseñanza se realiza en estrecha colaboración con el Ministerio de Educación, descollando en este periodo la edición del "Atlas Escolar de Cuba" para el nivel medio de enseñanza.

En la producción con fines turísticos y de uso público contamos en estos momentos con una gran variedad de mapas de centros turísticos y planos de ciudades, aumentando su producción en virtud del acelerado desarrollo que en materia turística va tomando el país, ofreciendo de forma sencilla y agradable la información de los lugares de interés turístico e histórico.

La producción de obras cartográficas para las conmemoraciones históricas y eventos internacionales forma parte importante en la integración de nuestros planes de producción; ejemplo de ello son los materiales editados para el XI Festival Mundial de la Juventud y los Estudiantes celebrado en Cuba el pasado año y, más recientemente, los preparados para la VI Conferencia Cumbre de Jefes de Estado y Gobierno de los Países no Alineados, así como para otras conmemoraciones históricas nacionales, que permiten divulgar en forma concreta y precisa las hazañas de nuestros próceres y el amor de nuestro pueblo a los elevados ideales de libertad y la justicia social.

Hay que señalar también la confección de diversos mapas para la cumplimentación de solicitudes de organismos científicos y técnicos, destacándose en ellos los mapas naúticos, de suelos, geológicos, aeronáuticos, meteorológicos, forestales, etc., y la preparación de los materiales cartográficos para el próximo censo nacional de 1981.

En cuanto a los mapas topográficos se continúa con la mapificación y actualización del país a diversas escalas; encontrándose cubierto el territorio en escalas 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000.

Sobre las recomendaciones adoptadas en la conferencia de Panamá de 1976

Recomendación No. 7 Desarrollo de mapificación hidrográfica:

A El Gobierno Revolucionario de la República de Cuba dictó en 1976 la Ley de Organización de la Administración Central del Estado. De los organismos creados por dicha Ley, uno fue el Instituto Cubano de Hidrografía (ICH), al que se encargó el servicio hidrográfico de la nación.

B. En estrecha colaboración con la Unión Soviética, el ICH realiza las investigaciones hidrográficas y, como resultado de esa colaboración, ya se ha comenzado la edición de cartas hidrográficas en nuestro país, después de realizado el levantamiento hidrográfico en todas las costas cubanas.

Recomendación No. 8. Cooperación internacional en cartografía:

En correspondencia con la resolución 8.1, el Gobierno de la República de Cuba fortalece continuamente la orga-

nización cartográfica del país. Muestra de ello es el destacado papel que se le concede a la mapificación para los planes en el desarrollo económico y educacional

De acuerdo con el párrafo 2 de la resolución 8, la Universidad de La Habana ha dado pasos importantes en la elevación del nivel educacional de la cartografía en Cuba, al establecer la especialidad del geógrafo-cartógrafo en la Facultad de Geografía e incluyéndose, además, asignaturas de cartografía en otras carreras universitarias.

Adicionalmente, y como muestra de la cooperación regional en cartografía, en México fueron adiestrados técnicos cubanos en varias especialidades.

Recomendación No. 9. Cartografía temática:

En consonancia con el párrafo 3 de la resolución 9, el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía está prestando apoyo al Comité Estatal de Estadísticas en la preparación de mapas bases necesarias para el próximo censo nacional de 1981. Además, el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, en colaboración con el Comité Estatal de Estadísticas, preparó un Atlas Demográfico Nacional, basado en el censo de 1970 y con datos actualizados hasta 1976/77.

Recomendación No. 18. Nombres geográficos:

En correspondencia con el epígrafe 2 de la resolución 18, el Gobierno de la República de Cuba envió una representación a la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas para Normalizar los Nombres Geográficos y un especialista cubano participa como experto en las reuniones del Grupo de Expertos de Naciones Unidas. Asimismo se encuentra en estudio por parte del Consejo de Ministros de la República de Cuba un proyecto de decreto por el cual se creará la Comisión Nacional de Nombres Geográficos como una comisión inter-organismos subordinada al Consejo de Ministros y presidida por el ICGC.

Conclusiones

Tres años han transcurrido desde la Primera Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para América, celebrada en Panamá.

El Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, país caribeño de la América Latina, puede mostrar con satisfacción sus modestos logros obtenidos desde entonces en la ciencia de la cartografía, incluida en ella la geodesia, la topografía y el catastro.

El informe que se presenta a la consideración de los especialistas no recoge la totalidad de los proyectos ejecutados, pero sí algunos de los más importantes.

Para nosotros la tarea no ha sido fácil. No obstante, para lograrlo, ha sido un factor de suma importancia la ayuda prestada por los países socialistas, principalmente la Unión Soviética y Checoslovaquia.

En la Conferencia de Panamá pudimos constatar cuánto falta por hacer en cartografía en los países de la América Latina y el Caribe.

En la Conferencia que se celebra aquí, en la Ciudad de México, tenemos la esperanza de ganar en experiencia, intercambiar opiniones y apreciar los logros y los avances de las instituciones de la región en la ciencia de la cartografía.

Cuba espera cooperar en la medida de sus posibilidades al éxito de esta Conferencia, con la certeza de que ello redundará en beneficio de la cartografía y de nuestros pueblos.

INFORME NACIONAL*

Documento presentado por Uruguay

Introducción

El Instituto Geográfico Militar (IGM) tiene sus orígenes en el Estado Mayor del Ejército, y fue creado en el año 1913.

Los 66 años de vida transcurridos podemos dividirlos en tres períodos, que son:

1913–1954

Período comprendido entre el año de su creación y el advenimiento de una nueva tecnología, la aerofotogrametría.

Durante el mismo se ejecutaron las operaciones geodésicas, que permitieron establecer una adecuada infraestructura en la cual apoyar las operaciones de relevamiento topográfico directo, que cubrieron un 10% de nuestro territorio continental.

En este período germina la idea de adoptar la aerofotografía como documento complementario para el topógrafo, y así vemos que a fines de la década del 20 se efectúa un relevamiento aerofotográfico de la ciudad de Montevideo con ese fin.

Llegamos al año 1943, en que, con el apoyo de la Fuerza Aérea norteamericana, se logra cubrir la totalidad del territorio continental nacional mediante el procedimiento trimetrogón. Las imágenes resultantes se emplean para compilar una carta geográfica en escala 1:500 000.

En el año 1946, en una operación conjunta con el Instituto Geográfico Militar Argentino, se efectuó el relevamiento del área de Proyecto de Embalse de Salto Grande, empleando la fotografía como base planimétrica.

1954–1965

Se da un paso importante en la implantación y desarrollo de la aerofotogrametría. Mediante un acuerdo con un ente estatal, Usinas y Teléfonos del Estado, el IGM adquiere no sólo el instrumental necesario, sino que además se recibe el aporte del prestigioso Instituto Geográfico Nacional de Francia, que envía un plantel de técnicos y expertos en todas las ramas de la cartografía para ejecutar el relevamiento del Valle Inferior del Río Negro (LAVRN).

En este período, sin embargo, la orientación general del esfuerzo productivo del IGM es hacia la obtención de

* El texto original de esta monografía, preparado por el Servicio Geográfico Militar, se publicó como documento E/CONF.71/L.61

los relevamientos base de anteproyectos y proyectos de obras de ingeniería, o áreas de prospección de recursos.

Podemos destacar además del LAVRN el relevamiento aerofotogramétrico del Departamento de Montevideo, contratado por la Intendencia Municipal de dicho Departamento.

1966–1979

Con el objeto de racionalizar y sistematizar el esfuerzo productivo en el sector agrícola se impuso la necesidad de obtener un relevamiento fotogramétrico adecuado. Luego de estudiarse los distintos requerimientos de áreas tan específicas como geología, suelos, hidrología, catastro, forestación, etc., se resolvió la obtención de dos relevamientos fotogramétricos, en escalas 1:20.000 y 1:40.000, de manera de abarcar con las mismas la gama de escalas que fueran requeridas por los distintos usuarios potenciales.

A fines de 1967 se inician las operaciones necesarias a la obtención de fotoplanos en escala 1:50.000 de todo el territorio de la ROU, las que finalizan en el año 1972.

Disponiendo ahora de un relevamiento total del territorio, se inician distintos programas, con la señalada ventaja de contar con imágenes coherentes y en condiciones de explotación casi inmediata de cualquier parte del área territorial.

Paralelamente con el desarrollo de este programa, el IGM debió apoyar los requerimientos foto-cartográficos del Sector Uruguayo del Proyecto de Desarrollo de la Cuenca de la Laguna Merin.

El IGM misión, organización y competencias

Misión

El Instituto Geográfico Militar tiene como misión planificar, asesorar, supervisar, coordinar y desarrollar las técnicas cartográficas e investigaciones geográficas inherentes a la programación de la seguridad y el desarrollo nacional, mediante:

a) Mantenimiento y desarrollo de investigaciones geográficas, técnico-cartográficas, fotogramétricas, destinadas a satisfacer necesidades estratégicas, tácticas y técnicas para la evaluación y explotación de los recursos naturales;

b) Realización y centralización de las técnicas fotogramétricas de toda el área territorial nacional cooperando con todos aquellos organismos estatales, paraestatales y privados que para el cumplimiento de sus programas se apoyan en las mismas;

c) Integración, como organismo técnico competente en las actividades mencionadas, de las comisiones de estudio, contralor o desarrollo de programas de interés nacional o regional.

d) El desarrollo de los programas técnico-científicos, motivados por la adhesión del país a la Unión de Geodesia y Geofísica Internacional (IUGG), al Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), así como a cualquier comisión u organismo internacional de competencia en las técnicas señaladas, y la orientación e impulso a nivel nacional de las técnicas afines a su actividad;

e) El mantenimiento de un Servicio Geográfico del Ejército para apoyar en materia cartográfica y foto-cartográfica el cumplimiento de las misiones específicas.

Organización

La dirección

Director
Inspector Técnico
Secretaría

Consejo Técnico

Primera División Geodesia

Sección Geofísica
Sección Triangulación
Sección Nivelación
Sección Cálculo
Sección Gabinete de Aparatos

Segunda División Topografía

Sección Estereopreparación y Densificación
Sección Completamiento y Levantamientos
Sección Compilación y Foto-Interpretación

Tercera División Fotogrametría

Sección Restitución y Aerotriangulación
Sección Triangulación Radial y Mosaicos
Sección Planeación de Vuelos
Laboratorio

Cuarta División Cartografía

Sección Dibujo y Grabado
Sección Reproducción Cartográfica
Sección Archivo Cartográfico

Quinta División Personal y Servicios

Sección Personal
Sección Habilitación
Sección Adquisiciones
Sección Administración
Compañía de Servicios y Talleres

Objetivos generales

1. Asegurar la superación técnica y funcional de sus cuadros y obtener un adecuado nivel de eficiencia y continuidad, por medio de una dúctil organización adaptada a la evolución tecnológica. Esta organización se reglamentará por resolución del poder ejecutivo, con la propuesta de la Dirección del Instituto Geográfico Militar, actuando en Consejo Técnico.

2. Asegurar la disponibilidad de equipo e instrumental, acorde al desarrollo tecnológico, así como un adecuado procesamiento y custodia de datos y recaudos que resulten de la ejecución de los relevamientos del terreno, por la medición, computación o registro que del mismo sea efectuada.

3. Propender por todos los medios a la diseminación de la cartografía, la fotocartografía y la fotogrametría, en sus múltiples aplicaciones al desarrollo del país.

4. Tender a la financiación de mejoras y extensión de servicios mediante contrataciones con organismos públi-

cos o empresas privadas ligadas al desarrollo económico o tecnológico.

5. Mantener resueltamente una política tendiente a la progresiva densificación de las redes geodésicas de nivelación y geofísicas como objetivos específicos de equipamiento técnico, independiente de todo plan cartográfico.

6. Desarrollar el funcionamiento de una sección especializada de información geográfica para garantizar oficialmente los valores de los elementos del paisaje geográfico.

7. Confeccionar y publicar cartas geográficas y especiales orientadas según normas técnicas internacionales y cartas topográficas acordes a las normas y planes cartográficos nacionales.

8. Mantener la iniciativa en el establecimiento de las necesidades de actualización o ejecución de relevamientos del terreno por medio del registro de cualquier gama del espectro electromagnético.

Plan cartográfico

El plan cartográfico nacional ha sido previsto para la cartografía topográfica en escalas 1:20.000, 1:50.000, 1:100.000 y 1:200.000 (fig. 5).

El sistema de representación es Gauss, habiéndose adoptado, a fin de simplificar la solución, como meridiano de contacto el de 62° (55° 48').

Como consecuencia de la integración del IGM como organismo ejecutivo en la Comisión Nacional de Estudio Agro-Económico de la Tierra (CONEAT), se adoptó nuestro plan cartográfico como base de toda la documentación técnica que realizan el Catastro, la Dirección Forestal, y la Dirección de Suelos y Fertilizantes. Se logra de esta manera una inapreciable e imprescindible coherencia en materia cartográfica a nivel oficial.

Para lograr la finalidad antedicha, CONEAT, con la base cartográfica del Fotoplano 1/50.000, realizó, con apoyo del IGM, un documento en base estable 1/20.000, en donde se volcó toda la información gráfica del Catastro Nacional y el estudio e información de suelos, realizada por la Dirección de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de Agricultura y Pesca, sobre el recubrimiento fotogramétrico 1/20.000. Esta tarea finalizó en 1974, dando lugar a una política impositiva finalista.

Estado actual de la cartografía en Uruguay

Apoyo geodésico

Nuestra red geodésica fundamental, apoyada en ocho puntos de Laplace y en 15 bases de medición directa (hilos Invar), fue compensada en el año 1963. Este ajuste fue realizado sobre el elipsoide de Hayford (1924) con Datum YACARE (vértice de nuestra triangulación).

Posteriormente, en colaboración con el Servicio Geodésico Interamericano (IAGS), se midieron varios lados con geodímetro a fin de controlar directamente la precisión de la red y también de determinar cuatro nuevos puntos de Laplace, que, integrados a la misma, en la intersección de cadenas paralelas y meridianas, posibilitaron un nuevo ajuste en el Datum Sudamericano (CHUA).

El estado actual de la misma se puede apreciar con los datos del cuadro siguiente y en la figura 6.

Vértices	*Total estimado*	*Medidos*	*Porcentaje del total*
Primer orden fundamental	248	248	100
Primer orden complementario	176	176	100
Segundo orden	400	233	58
Tercer orden	1 600	827	52
Cuarto orden	2 600	1 091	42
Puntos Laplace	13	12 = ROU 1 = República Argentina	
Bases	15	11 = ROU 1 = RA 3 = República Federativa del Brasil	

* Esta red tiene una densidad de 1 vértice por cada 36 km².
** En el Departamento de Montevideo se ha densificado hasta alcanzar 1 vértice por cada 3 km².

Red de nivelación general del país

La red de nivelación general del país se encuentra al nivel que se expresa en el cuadro siguiente:

Orden	*Realizado*	
	km	*Porcentaje*
1° Alta precisión	3 883	100
2° Precisión	2 902	80
3° Precisión	5 087	50

Se ha aplicado la corrección ortométrica en todas las líneas del primer orden y en un 70% en las de segundo orden. Figura 7 = Red de nivelación general.

Geofísica

Magnetismo

Se dispone de una malla suficientemente densa de estaciones magnéticas totales, 10 fundamentales y 69 complementarias (declinación — inclinación — intensidad horizontal), encontrándose en preparación la carta magnética general en escala 1:1.000.000 (la carta existente data del año 1950.0).

Para la ejecución de las tareas de campo se contó con la colaboración del IAGS, que prestó un magnetómetro Ruska.

Gravimetría

En el año 1967 se inició una operación gravimétrica que culminó en 1968 en lo correspondiente al trabajo de campo. Esta red gravimétrica fundamental, sobrepuesta a la red de nivelación general del país, ha dado lugar a la publicación de la carta gravimétrica en escala 1:1.000.000, conjuntamente con un listado de valores de gravedad teórica, observada y de anomalías.

Topografía

Estereopreparación

Se ha efectuado estereopreparación plani-altimétrica (x, y, z) sobre un área de aproximadamente 4.000 km², en fotografías a escala 1:33.000. Dichos fotogramas fueron empleados para la restitución de minutas de la carta topográfica.

En la región general de la Cuenca de la Laguna Merin se efectuó la estereopreparación altimétrica (z), comple-

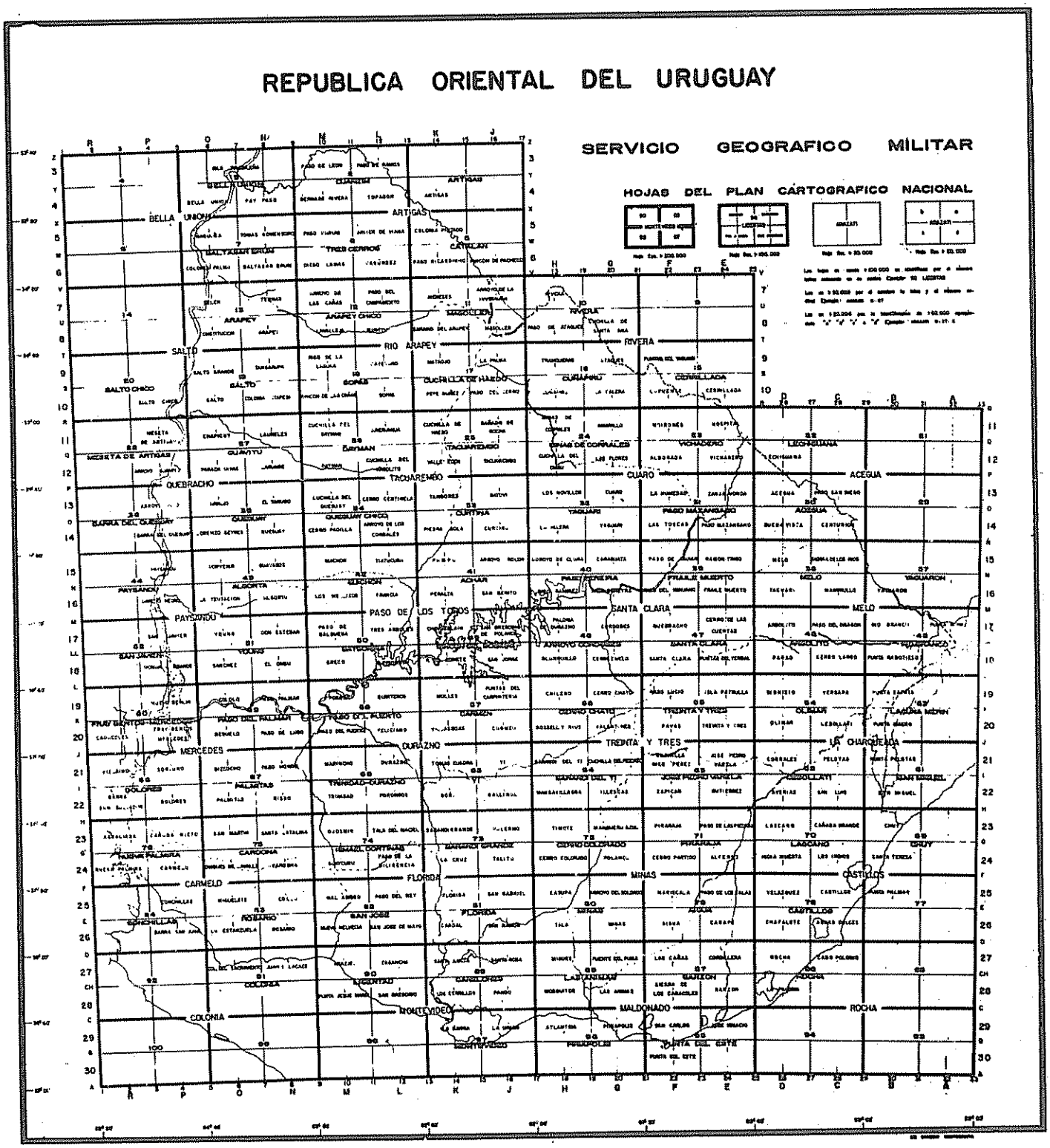


Figura 5. Uruguay: hojas del plan cartográfico nacional, escalas desde 1:200.000 a 1:20.000

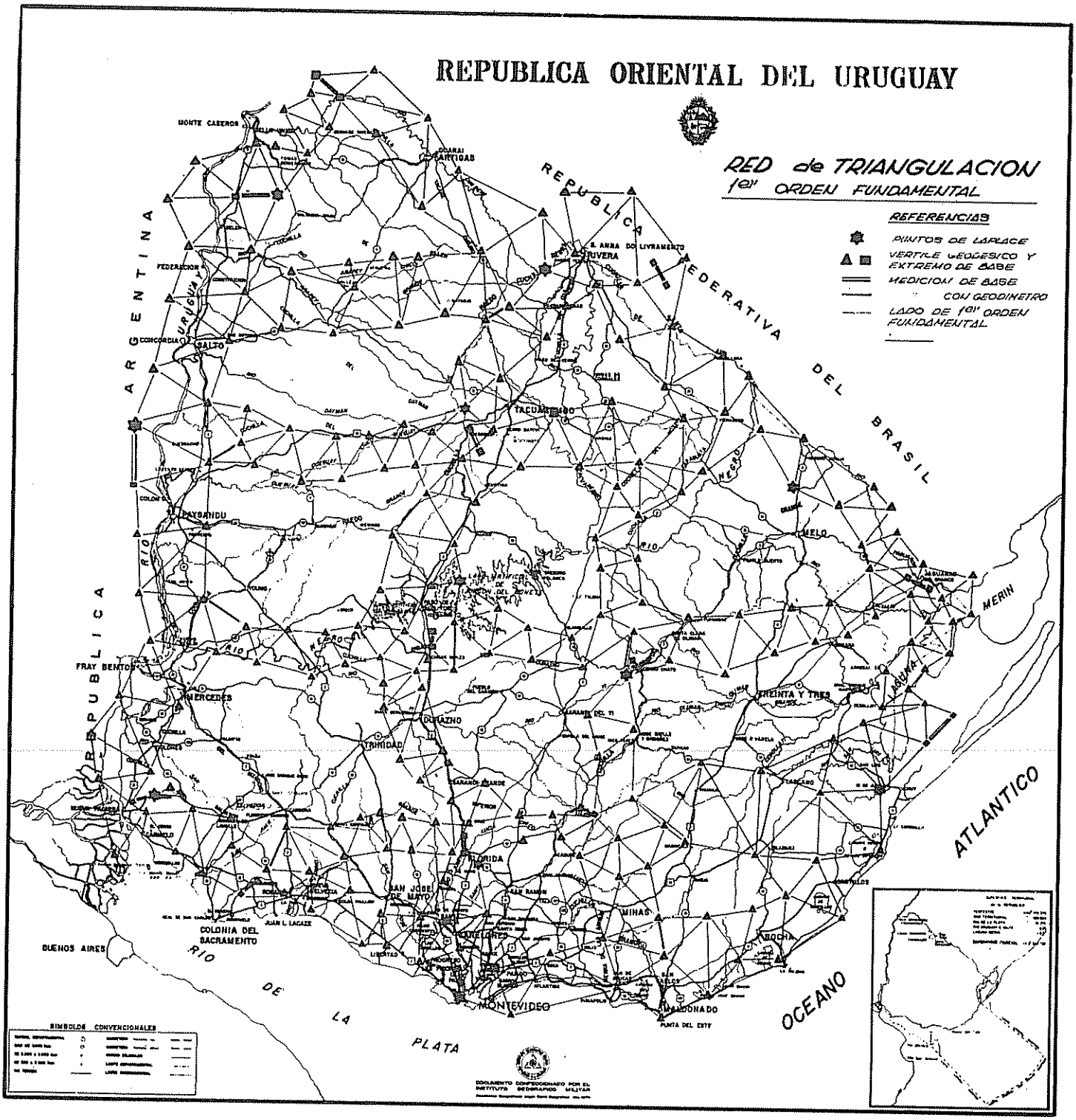


Figura 6 Uruguay: red de triangulación Primer orden fundamental

mentando el apoyo obtenido mediante aerotriangulación radial de fotos en escala 1:40.000, sobre un área de 25.000 km².

(Esto totaliza un 16% del total de hojas topográficas en escala 1:50.000)

Toponimia

En el momento se dispone de un estudio de topónimos de todo el país, el cual ha sido obtenido a través del análisis comparativo de no menos de 10 fuentes gráficas y el aporte del reconocimiento *in situ*.

Relevamiento directo

Por este método, y desde 1917, hasta principios de la década del 50 fueron relevados aproximadamente 20.000 km², correspondientes a 38 hojas del plan cartográfico (sistema poliédrico-policéntrico). Este relevamiento fue realizado en escala original 1:20.000 y publicado en escala 1:50.000.

Fotogrametría

Relevamientos fotográficos

Se ha realizado la restitución planialtimétrica, en esterritorio nacional, realizadas en los años 1966-1967:

- Escala 1:40.000 (ROU): aproximadamente 9.000 fotos.
- Escala 1:20.000 (ROU): aproximadamente 39.000 fotos.

Existen además misiones fotográficas orientadas a satisfacer requerimientos específicos para relevamientos locales, las cuales abarcan aproximadamente el 25% del área territorial.

Restitución

Se ha realizado la restitución planialtimétrica, en escala 1:40.000, de aproximadamente 45.000 km², con una equidistancia de curvas de nivel de 5 y 10 metros (según regiones). Esto equivale aproximadamente a un 25% del área total.

Otros relevamientos, en escalas que oscilan entre 1:5.000 a 1:25.000, totalizan unos 6.500 km², representando aproximadamente un 4% del área total.

Foto-plano del Uruguay

Con la base fotográfica de la cobertura total en escala 1:40.000 y densificando el apoyo planimétrico mediante una aerotriangulación radial (método de plantillas ranuradas), se efectuó un programa de foto-planos en escala 1:50.000, cubriendo cada uno de ellos el área correspondiente a una hoja topográfica de igual escala (ver fig. 5).

Cartografía

Carta geográfica

- Escala 1:500.000, edición 1974 (en ejecución reedición 1979.

Cartas planimétricas

- Escala 1:100.000, impresas 49 (56%), figura 8.
- Escala 1:200.000, impresas 11 (44%), figura 9.

Estas cartas han sido compiladas a partir de los foto-planos en escala 1:50.000.

Cartas topográficas en escala 1:50.000 (intervalos de curvas 5 m)

- Impresión color: 20 (7%).
- Impresión monocroma: 20 (7%).

Cartografía del Departamento de Montevideo

- 38 hojas en escala 1:10.000 (intervalos de curvas 2 m).
- 4 hojas en escala 1:20.000 (intervalos de curvas 10 m).

Perspectivas y planes de futuro

El desarrollo de planes y programas cartográficos depende básicamente de los medios asignados, particularmente los recursos económicos y el personal técnicamente capacitado, en especial, en los niveles de supervisión y control.

Nuestras asignaciones presupuestales nos han llevado a mantener, aún hoy, técnicas analógicas con alto porcentaje de mano de obra calificada, presentando ventajas (demanda de mano de obra, práctica docente, amortización instrumental reducida mediante el empleo de sucesivos turnos de personal) y desventajas (información no siempre actual, dificulta el análisis de gran volumen de información).

No dejamos de reconocer, sin embargo, que la adopción de técnicas cartográficas analítico-digitales puede imprimir a nuestro Instituto una aceleración capaz de proyectarlo hacia la nueva era de la cartografía, de la cual en la práctica estamos aún apartados.

En la actualidad desarrollamos nuestro plan cartográfico, previéndose para corto plazo:

Geofísica:

Gravimetría: Densificación de la red (superpuesta al Segundo orden de nivelación), visando la publicación de la carta gravimétrica en escala 1:500.000.

Magnetismo: Operaciones de campo y gabinete complementarias para la publicación de la carta magnética 1980.0.

Geodesia:

Complementar el Segundo orden de la red geodésica nacional, e igualmente complementar el Segundo orden de la red de nivelación.

Topografía

Realizar la estereopreparación de campo que posibilite ejecutar aerotriangulación espacial (AT) de un área aproximada a 10 bloques (unidades correspondientes a 4 hojas 1:50.000), equivalentes a 26.400 km² (15% de superficie total).

Fotogrametría

AT analógica de las bandas fotográficas en escala 1:40.000, que cubren 10 bloques (aproximadamente 1.200 modelos).

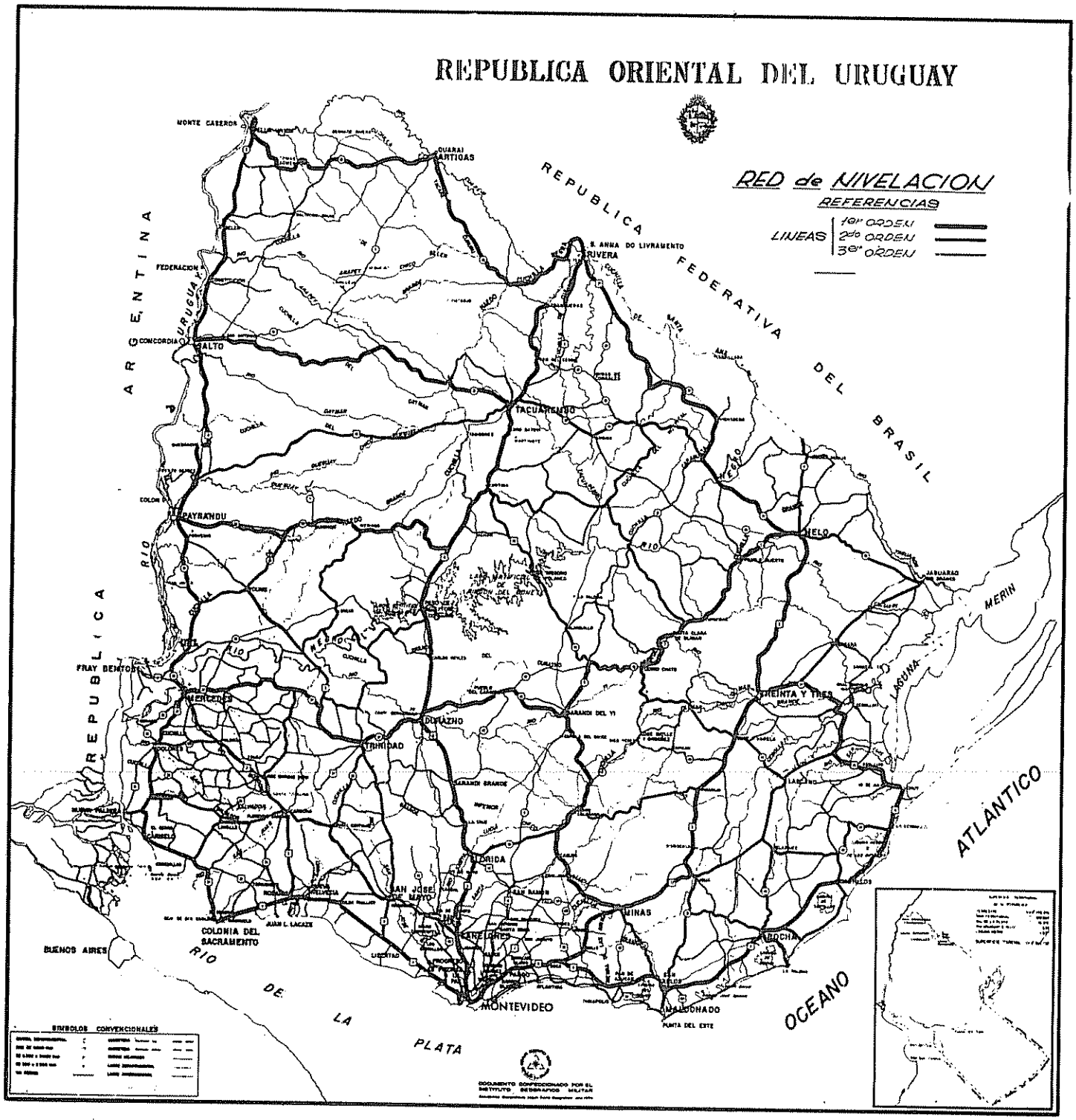


Figura 7. Uruguay: red de nivelación general

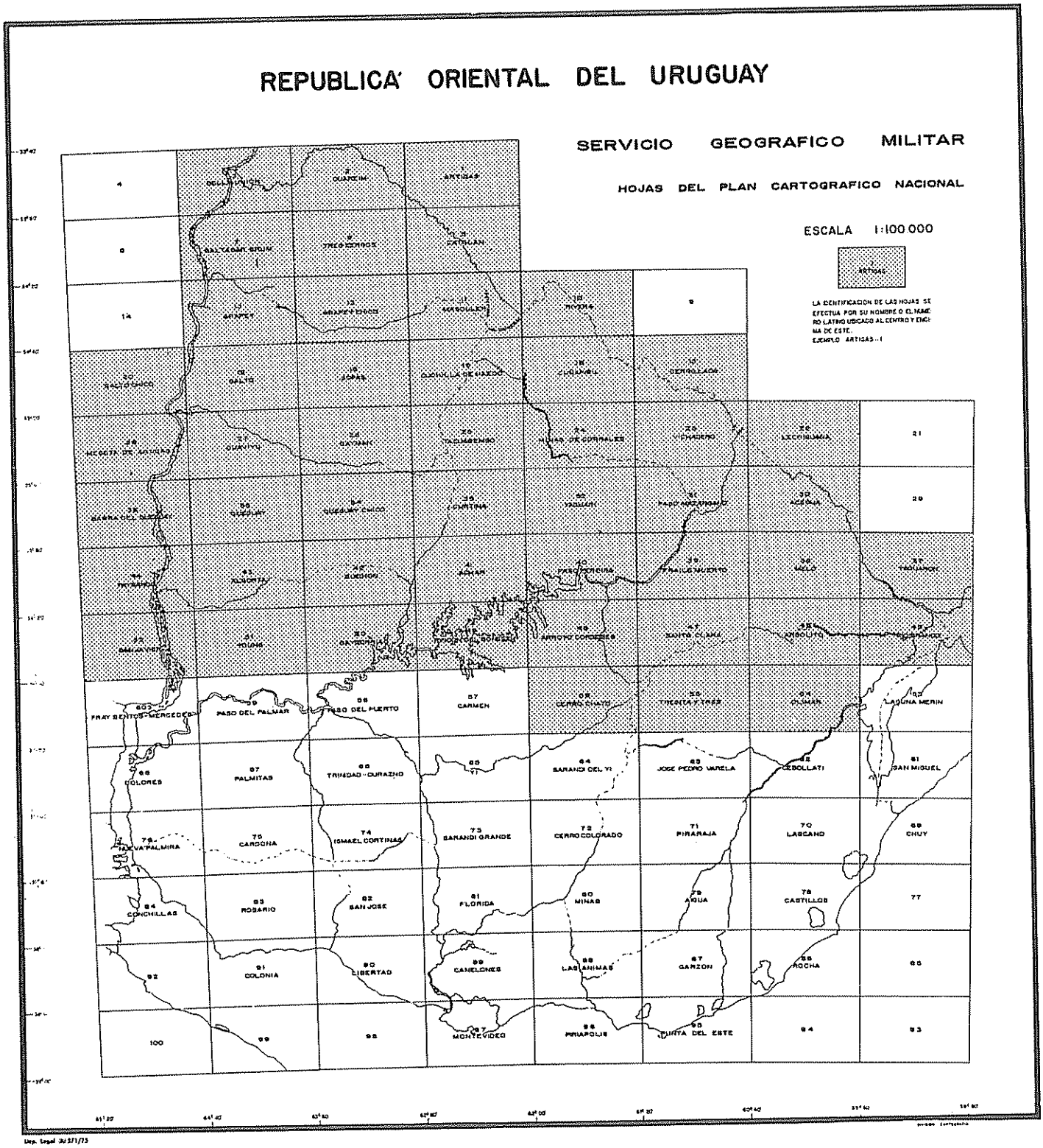


Figura 8. Uruguay: hojas del plan cartográfico nacional, escala 1:100 000

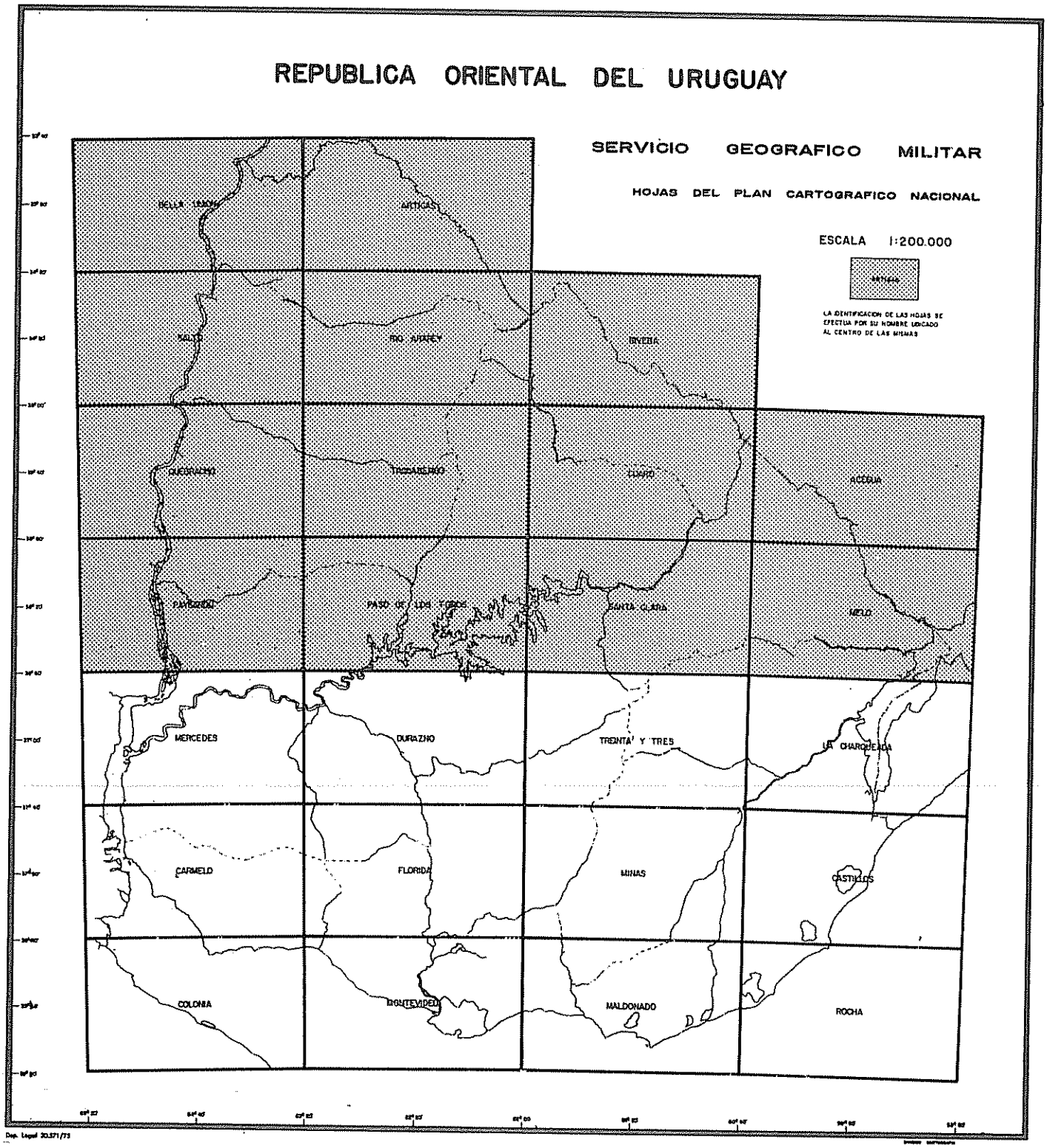


Figura 9. Uruguay: hojas del plan cartográfico nacional, escala 1:200.000

Restitución de aproximadamente 40 hojas del plan cartográfico, en escala 1:50.000.

Iniciar un proceso de actualización de la información planimétrica, correspondiente a las cartas topográficas en escala 1:50.000.

Cartografía

Culminar los programas de impresión de cartas planimétricas en escalas 1:100.000 y 1:200.000.

Preparar para su impresión provisoria (monocroma o policroma) 75 a 80 cartas topográficas en escala 1:50.000.

Ejecución de: Carta aeronáutica (OACI) escala 1:1.000.000.

Ejecución de: Carta magnética escala 1:1.000.000.

Iniciar la compilación de la cartografía 1:250.000 como un esfuerzo de integración cartográfica regional, para lo cual se cuenta ya con la transformación de nuestras coordenadas en sistema UTM DATUM SAD/69.

Esto último fue realizado con el apoyo de la Facultad de Ingeniería por medio de su computadora IBM 360.

Conclusión

El IGM, imagen de la realidad socioeconómica del país, crece y se desarrolla en función de la demanda que de sus servicios exista.

Por su acción continuada, se logró disponer de la infraestructura geodésica adecuada a la ejecución de los relevamientos topográficos y fotogramétricos, que permiten obtener un modelo cualitativo de toda el área territorial y cualitativo en una buena parte del mismo.

Nuestros planes tienden a mantener una adecuada "oferta" de material cartográfico y foto-cartográfico que asegure al usuario el modelo más adecuado a sus fines, a un costo razonable y en tiempo oportuno.

Consideramos de interés prioritario alcanzar la integración científico-tecnológica de nuestros países como único medio para reducir la brecha existente en ese dominio entre nuestra América y los países desarrollados.

NATIONAL REPORT*

Paper presented by Canada

Introduction

The mapping of Canada's 9.9 million km² of territory, to which recently was added the responsibility for over 5.3 km² of salt water including the 200-mile off-shore zone, is a very large task. The geographical characteristics of the country are such that this task is of sufficient scope to include most of those tasks that one might find anywhere in the world. Ninety per cent of Canada's 23.6 million population live on 10 per cent of the land, mainly in urban centres which are, for the most part, situated in a discontinuous settled zone relatively close to the Canada/USA border. Primary industry operates throughout the country and generates about 9 per cent of the gross domestic product. Secondary industry is centred in clearly defined metropolitan regions, and accounts for about 30 per cent of the gross domestic product. To put this in another perspective, one could say that Canada has 25 per cent of the American landmass and 4 per cent of the population.

The size of the country, the physical characteristics, and those of population distribution and industry location determine to a large extent the variety of our mapping tasks, which range from the provision of 1:250,000 and 1:50,000 mapping for the whole country in support of resource development and defence to the provision of 1:5,000 and 1:1,000 mapping in support of urban infrastructures, cadastral applications and land management.

To give you an idea of the magnitude of the task, there are more than 13,000 sheets in the 1:50,000 topographic series, of which approximately 7,000 have been completed. We do not expect, using present technology, to complete this task before the year 2000.

Because of the political characteristics of the country with assigned responsibility for defence, external affairs, off-shore fisheries etc., to the federal Government, and resources and land management, education, transportation, public works and law enforcement to 10 autonomous provinces, the overall mapping task is divided to meet the particular requirements of those two levels of government, as follows. The federal Government assumes responsibility for the establishment of first-order geodetic network and basic topographic mapping at 1:50,000 scale and smaller in the National Topographic System. Full mapping coverage has been achieved at a scale of 1:250,000, while 55 per cent of the task of first-edition mapping has been completed at a scale of 1:50,000. The federal Government is also responsible for aeronautical charting, hydrographic charting, and thematic mapping concerning the nation as a whole, such as the National Atlas of Canada.

The provincial governments assume responsibility for mapping at scale 1:20,000 and larger in support of their resource inventories and their resource development and management, as well as for cadastral purposes.

A major factor in the execution of the Canadian mapping task is a competent and efficient surveying and mapping industry in Canada. Increasingly, government agencies are concerned with setting standards and developing mapping programmes in response to identified needs, while the industry is called upon to execute the programmes under government supervision. The industry also plays a very active part in large mapping projects in many parts of the world, usually under the Canadian International Development Agency projects.

Total expenditures of all types of surveying and mapping, including thematic cartography etc., are estimated at $490 million which is 0.2 per cent of the gross national product, employing approximately 23,300 persons.

* The original text of this paper appeared as documents E/CONF.71/L.63 and Add.1.

Significant events in surveying and mapping in Canada since 1976

Until recently, the rate of surveying and mapping in Canada was almost entirely determined by the advancing technology. A rapidly expanding economy which needed accelerated mapping programmes produced the funds to carry out these activities. In Canada, as in many other countries, the rate of surveying and mapping is increasingly affected by austerity measures of Governments, which force mapping programmes into stiffer competition for funds with other government programmes. Managers of mapping programmes in Canada are forced to express the benefits to the country resulting from their programmes in both quantitative and qualitative terms. In this light, one of the most significant events in Canadian surveying and mapping was the creation in 1977 of a Task Force under the leadership of a private sector consultant, Dr. Philip Lapp, to study Canada's needs for surveying and mapping. After receiving 226 briefs and submissions from the surveying and mapping producer and user community in Canada, and after visits to mapping organizations in six other countries, the Task Force presented 50 recommendations in May 1978 dealing with the role of the national mapping agency, its relationship to the provinces, the production and research programmes, and the methods of programme delivery. The general thrust of the recommendations focused on the continuing need to co-ordinate the efforts by different levels of government in the interest of economy and the longer-range utility of the mapping information itself. This co-ordination would also focus on such matters as mapping standards, compatibility of digital mapping production systems, and the development of priorities in research and development.

Canada has a long tradition of a relentless search for straightforward, economical procedures for surveying and mapping. Stimulated by the vast mapping task at hand, pioneering survey methods were tried in Canada going back to the application of terrestrial photogrammetry in production in the early 1900s to the introduction of EDM equipment in actual field operations, closely following the invention of that equipment. The application of computers in the process of large geodetic adjustments on continental scale and for maximizing aerial triangulation block adjustments was successfully carried out in the late 1960s. Since 1976, several significant developments have followed this tradition of applying new technology to our advantage. The operational performance of the Inertial Survey System was so improved that it has been successfully used in an operational mode in conjunction with Doppler techniques for the extension of the National Geodetic Network and for mapping control. This capability allows the Geodetic Survey of Canada to complete at least twice as many geodetic stations per season as previously, at comparable density and cost.

Another important break-through was made in the development of methods to estimate geoid undulations and deflections of the vertical, using combinations of satellite and surface gravity, astro-geodetic and topographic data.

Since 1976, the Topographical Survey Division has introduced two automated cartographic systems. The first one produces the linework traced by stereo plotters into scribed negatives for the various colours of the map. The second system is used to produce digital terrain models and then contour drawings by means of a Gestalt Photomapper II. The contour plates derived from this are merged with the drawing of the planimetry drawing produced by the previous system. Both systems have progressed through the development phase and are being introduced into production.

Some minor innovations have been introduced in the 1:250,000 mapping in the Topographic Mapping System since 1976. LANDSAT imagery has been used to revise existing maps in the Canadian North, where new man-made features, such as roads or pipelines, have changed the appearance of the terrain.

In response to critiques of the fourth edition of the National Atlas, which was published in 1974, a number of important reviews of this programme have been completed. The critiques were mostly focused on the out-of-dateness of the information, the inflexibility of the format of the bound volume, and the small scales of the maps. The reviews concluded that it is in the interest of the efficiency of the Government's own administration to have at its disposal an up-to-date synthesis in map form of the human, physical, economic and historical geography of the country and that, for this reason, the National Atlas programme should be continued. It was also concluded that the maps should be designed in standard formats to facilitate correlation and comparison of different maps and to simplify cartography to speeed up production. The maps should be published immediately upon completion in single sheets or in subject-related folios. The production priorities should be developed in response to national needs and concerns, and published maps should be updated according to similar priorities. Finally, the Task Force on National Surveying and Mapping, in reviewing this new National Atlas programme, urged the Department to apply computer technology at the earliest possible time to take advantage of the inherent speed of information processing and flexibility in output.

Since 1976, a new format for the 1:500,000 Canadian Pilotage Chart Series was designed and tested operationally. The series was designed in such a way that approximately four traditional sheets are now depicted on the front and the back of a new single sheet. The design was made to allow for process colour printing. Both design aspects significantly reduce the printing effort in maintaining the series, while the pilot will need to carry fewer pieces of paper in the cockpit.

During the reporting period, a decision was made to apply computer technology to the management of the 350,000 records of the National Toponymic Data Bank. The objective is to make the management of the data more effective and to introduce computer methods to provide stick-down type of names and nomenclature in map making automatically, eventually leading to automated type placement. The system itself has been completed and the task of entering the records has started and is expected to be completed in 1981.

Automated cartography is applied extensively in the department responsible for the national census (Statistics Canada) in producing census results maps and maps of the agricultural population. Also, the Canada Land Inventory maintains the Canada Lands Data System which allows the digitizing, manipulation and retrieval of their large geographical files. The data base contains more than 3,000 maps of widely varying scales and diverse themes, including the land capability for agriculture, forestry, rec-

reation, wildlife etc. The system has the capability of overlaying several files to produce a composite polygon file. An interactive subsystem which links thematic data to socio-economic information (census data) has been introduced and was tested during the reporting period. Research and development has focused on raster to vector and vector to raster conversion, interactive retrievals of large polygon image files, and interactive colour graphic CRT systems and development of standards for the transfer of spatial data files.

At the provincial level, some significant initiatives have taken place. Most provinces have always been involved in some form of cartographic activity, such as highway mapping or forest resource inventory and geological mapping. The significance of more recent initiatives lies in the recognition that for the optimal utility of all map information, fundamental basic topographic mapping produced in a systematic way is essential. It forms the basis for the integrated representation of all other spatial information needed for the orderly development of the country. Therefore most provinces have now started systematic basic mapping programmes, replacing the *ad hoc* project-oriented mapping approach of the past. An integral part of this is the interaction between the federal and provincial governments as well as between provincial governments about the need for an integrated approach to the readjustment of the geodetic control networks. This includes studies of the effects of the redefinition of the North American Datum on Mapping and Geographic Information Systems, and what possible actions could be taken to minimize these effects. Ongoing consultation is established in terms of the standardization of cartographic feature classification and the compatibility of computer systems established for mapping programmes.

New technology and the production of nautical charts within the Canadian Hydrographic Service

Since the 1960s as people have looked to the sea for resources while recognizing the need for environmental protection, economic growth has broadened and increased hydrographic responsibilities.

A report by the Group of Experts on Hydrographic Surveying and Nautical Charting, prepared for the United Nations Economic and Social Council, points out that in the marine environment there can be no exploitation of resources without exploration, and there can be no exploration without hydrography.

In Canada new regional institutes have been opened on each coast and the Great Lakes. The Canadian Hydrographic Service (CHS) began to produce Natural Resource Charts, Small Craft Charts, and the General Bathymetric Chart of the Ocean, and provided many charts for utilization with electronic navigation systems. Real-time tidal and water-level data were made available from key-gauging stations, and more up-to-date forecasting techniques were introduced. The need to keep charts current for the benefit of the marine community has become increasingly more important, and modern procedures of chart maintenance have been implemented. Technological change has dramatically increased the efficiency and complexity of hydrographic surveying. The introduction of digital computer processing has had a significant effect, whose full impact will not be felt for some years to come.

It is well known that computer application requires, at the earliest possible stage, data in a digital form. On the field side of hydrography, data are now being collected in that form. However, to produce a chart from digital field data only, particularly charts at small scale, also requires digitizing of other source data and proper interpretation to meet modern navigational requirements.

Early computer-assisted concepts centred on automatic drawing of mathematically defined functions such as lattices and borders, and compilation procedures such as sounding selections, contouring and line generalization. However, most of the process is interpretive in nature, and it is difficult to define it adequately for a computer program. That fact, plus the development of interactive graphics, has prompted movement towards using the computer for data handling but keeping the decision-making in the hands of the cartographer.

Our graphical on-line manipulation and display system (GOMADS), in conjunction with the appropriate hardware, make it possible to compile data interactively for drawing and verification on a Calcomp 960 plotter and final drawing on the Gerber 32 light head precision plotting table.

The drawing of chart borders, lattices and any information that can be produced mathematically is ideal for the application of computers in cartography. Present studies indicate that on the average, a time saving of over 70 per cent from the manual process can be realized. However, we still require about 200 person-days in producing a new chart at medium scale unless the data required for the chart are available in digital form.

Canada, with its over 100,000 miles of coastline, faces an enormous task in providing good chart coverage for the marine community. The federal Government is responsible for the data presentation on nautical charts, but we encourage and engage private enterprise in establishing hydrographic components and assisting the CHS in carrying out its mandate. Results show that it may be beneficial for private hydrographic surveyors, in co-operation with CHS, to explore the foreign market in selling and providing their services.

By tradition, the chart production staff of most hydrographic offices consists of compilers and draftsmen. We recognized a few years ago that combining the two skills could be very beneficial to the career of a marine cartographer, particularly since the drafting part of the chart can now be done to a great extent with the aid of computers and associated equipment. To apply and to utilize these modern techniques requires a cartographer to understand thoroughly compilation and drafting procedures and photo-mechanical processes and to have an understanding of digital data processing and the manipulation of the digital data to provide the end product, a nautical chart. The cartographer of the future has to work closely with computer system analysts, reproduction and printing specialists, hydrographers and others collecting data in order to apply the most efficient and effective means and tools in the charting process.

The CHS developed a well defined career programme for nautical chart surveyors, which includes training courses of several months at appropriate intervals. The programme is an unqualified success and has considerably

enhanced the technical knowledge and career aspirations of our hydrographers. We are now in the process of establishing a similar programme for cartographers. Our Cartography I course has been given for the past two years. Other courses and hydrographic field assignments are planned, in order to provide cartographers with background and appreciation of the data and tools available to them to carry out their daily task.

CHS is a member of IHO and has a very close relationship with the National Ocean Survey and many other hydrographic offices. As much as possible, it applies international standards. An exchange of data, charts and knowledge takes place with other hydrographic offices and international organizations, and we have given assistance and training on several occasions to other nations building up hydrographic offices.

The 1978 annual report and the pamphlet entitled "The Canadian Hydrographic Service" provide more detailed information on our work and what we have achieved.

A project utilizing computers in assisting the cartographer

We have now completed several charts using computers and associated software and hardware developed for and by the Canadian Hydrographic Service. We have also used the systems in compilation. One example is chart No. 8015 which was produced to meet chart requirements along the eastern coast of Newfoundland.

The source data consisted of field sheets at different scales. To visualize what the final product would look like, to carry out a good sounding selection and to develop contours at appropriate intervals, the field sheets were photographically reduced to the approximate scale of the final chart.

After completing the selection of the data, each field sheet was digitized, registered and changed to meet scale, projection and other chart specifications. Soundings in imperial units were converted to the metric system and all files combined into one, to produce a digital mosaic.

Ideally, this part of the data processing should have been done by those having responsibility for providing the basic data. In other words, the hydrographer should prepare the digital data base with which the cartographer portrays information useful to the marine community.

As expected, the field sheets showed overlapping areas, but having the same at-chart scale simplified the editing procedure carried out with GOMADS. After a thorough compilation check, the Gerber 32 flat-bed plotter was employed to draw the final symbolized data for the required negatives and plots.

The project was assigned to one cartographer having the responsibility to see it through from start to finish. A total of 174 person-days were required, and the total cost was about $30,000, which includes the printing of 2,000 copies.

Summary

The 8015 Project demonstrated the feasibility of compiling charts interactively.

With the exception of names, notes, title and some aids, no manual drafting was involved in the construction of the chart. Cartographic compilation and editing was done on the CRT display, and all data were entered into the Digital Data Library and can be retrieved in any scale or projection.

Interactive compilation could be more effective if all of the data were available in digital form, with discrepancies resolved and overlapping information edited.

We have demonstrated that the GOMADS cartographic stations are very adequate compilation and editing tools. Since the completion of the Project, several changes and modifications have been made to GOMADS, making the system even more powerful.

INFORME NACIONAL*

Documento presentado por México

Introducción

El ritmo de progreso cartográfico se ha incrementado notablemente, tanto en la producción de cartografía básica a escalas grandes para catastro rural y urbano, como en la producción de cartografía a escalas medias y chicas que permitan el conocimiento de los recursos físicos, sociales y económicos para su mejor aprovechamiento; de igual forma se ha enfatizado en la sistematización de toda la información cartográfica nacional, con el fin de lograr su óptimo uso y evitar duplicaciones.

Este reporte está basado en información proporcionada por las siguientes organizaciones:

Sistema Nacional de Información (DETENAL);

Departamento Cartográfico, SDN;

Secretaría de Marina (Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo);

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (Plan Nacional Hidráulico);

Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (Dirección General de Carreteras Federales);

Universidad Nacional Autónoma de México (Instituto de Geografía, Geología y Geofísica).

Levantamientos geodésicos

Durante este lapso se han desarrollado fuertemente los levantamientos geodésicos en el país, tanto por instituciones oficiales como privadas; por ejemplo:

Secretaría de la Defensa (DCM): Triangutrilateración: 58 vértices en la Península de Baja California

Petróleos Mexicanos: 25 estaciones Doppler de 40 pasos; triangulaciones, poligonales y nivelaciones en diferentes áreas del país.

Secretaría de Programación y Presupuesto, DETENAL. Poligonal de precisión: 91 vértices en 900 km (lámina 1); nivelación de precisión: 1732 BN en 2 745 km (lá-

* El texto original de esta monografía se publicó como documento E/CONF.71/L.67

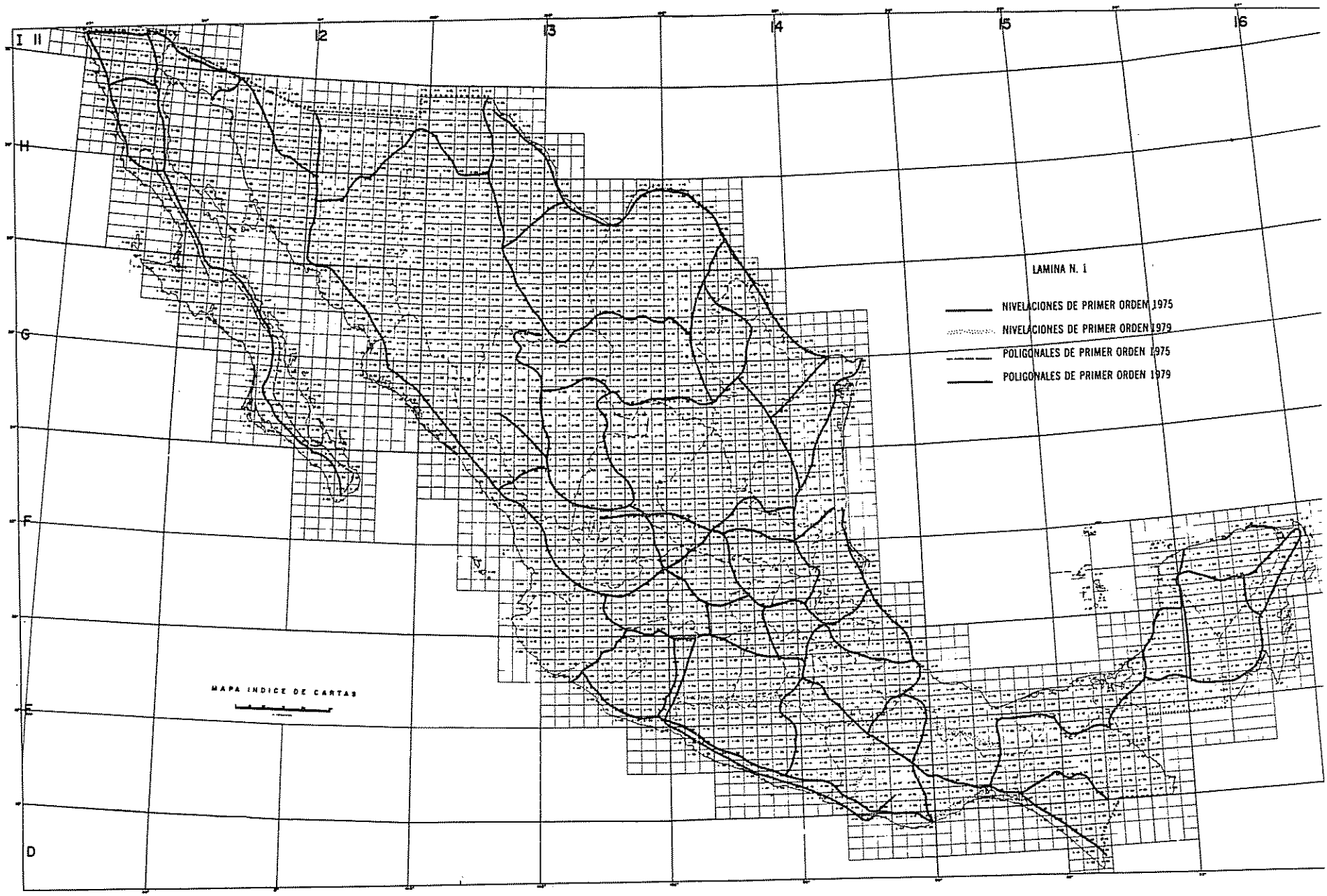


Figura 10. México: nivelaciones y poligonales de primer orden, 1975 y 1979

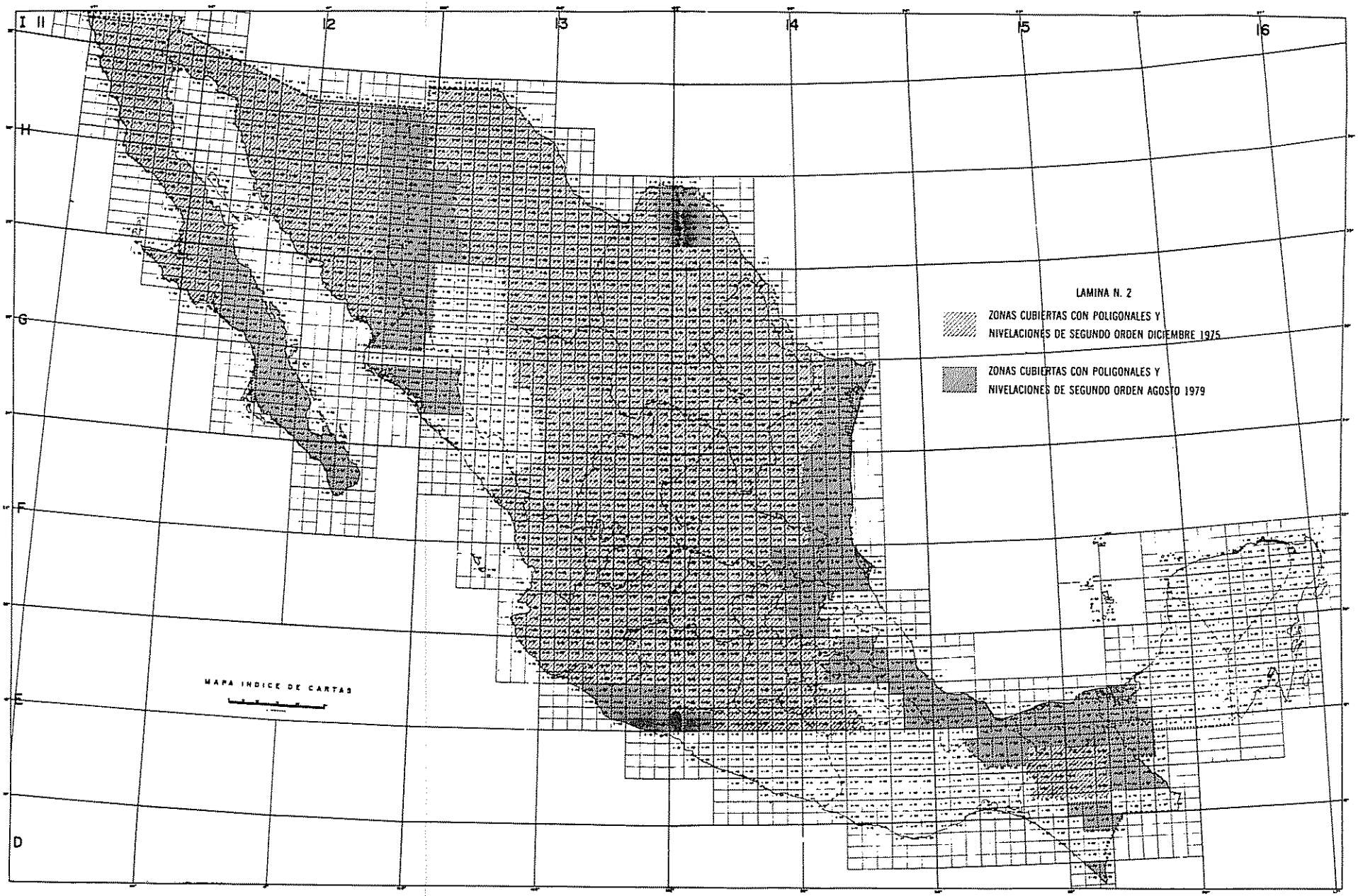


Figura 11. México: zonas cubiertas con poligonales y nivelaciones de segundo orden, 1975 y 1979

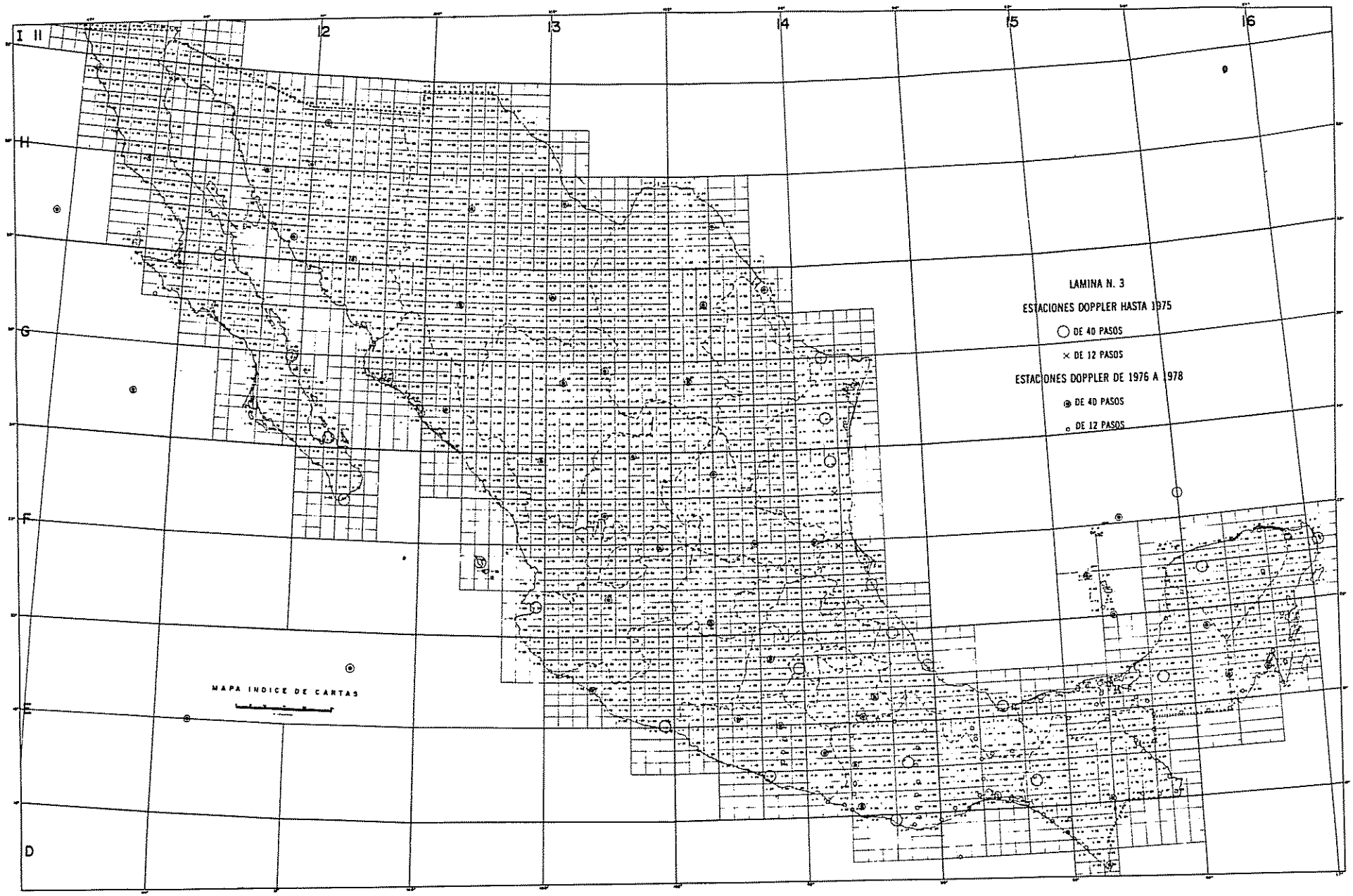


Figura 12. México: estaciones Doppler, 1975, 1976 a 1978

mina 1); poligonal de segundo orden: 848 vértices en 8 650 km (lámina 2); nivelación topográfica: 2692 BN en 18 850 km (lámina 2); posicionamiento Doppler: 66 estaciones de 40 pasos (lámina 3), 87 estaciones de 12 pasos (lámina 3).

Estudios y proyectos. Posicionamiento inercial en áreas urbanas.

Además se han realizado diversos levantamientos en distintas áreas del país con diferentes aplicaciones

Mapas topográficos

En este período se ha obtenido un cubrimiento de fotografía aérea con fines cartográficos de un área de 829 042 km², de los cuales 503 532 son a escala 1:50 000 y menores (figura 13), 325 510 son a escala 1:40 000 y mayor (figura 14).

Se obtuvo fotografía aérea con fines específicos de un área de 211 404 km².

En mapas topográficos se tuvo el siguiente avance:

— A escala 1:50 000 se han producido 867 cartas (figura 15), de las cuales 428 se han impreso (figura 16) y 429 están disponibles en edición provisional.

— A escala 1:100 000 se elaboraron 21 cartas (figura 17).

— A escala 1:250 000 se elaboraron 28 cartas (figura 17).

— A escala 1:1 000 000 se elaboraron cuatro cartas, que cubren completamente el país

Levantamientos catastrales y mapas urbanos

Levantamientos catastrales

En este aspecto, las 31 entidades federativas están realizando levantamientos.

Para los levantamientos rurales se está aprovechando la infraestructura cartográfica existente

En catastro rural a la fecha se han levantado a escala 1:20 000 un total de 5 000 000 ha.

En catastro urbano se han realizado levantamientos aislados con fines fiscales.

Cartografía urbana

En este lapso se cambió la serie de 1:5 000 a 1:10 000 para los principales asentamientos humanos. Se espera en un período de dos años cubrir las áreas urbanas más importantes del país usando la técnica ortofotográfica

El avance en este período es el siguiente:

A escala 1:10 000 se elaboraron 70 cartas y a escala 1:20 000 se elaboraron siete cartas.

Levantamientos hidrográficos y cartas náuticas

Levantamientos hidrográficos

Se reportó un levantamiento de las zonas costeras, de 23 722 km²

Cartas náuticas

Se han elaborado 16 cartas a escalas mayores de 1:100 000; dos cartas a escala 1:250 000 y seis cartas menores de 1:1 000 000. Estas cartas cubren diversas áreas de la república.

Se está trabajando en la definición de nivel y tipo de información que se debe cartografiar de la zona económica exclusiva.

Cartografía automatizada, banco de datos y cartografía computarizada

Cartografía automatizada

Se desarrolló un Sistema Integral de Cartografía Automatizada (SICA), donde a partir de información de fotografías aéreas, imágenes de satélite, información cartográfica e información socioeconómica se pueden producir mapas en forma automática.

Se desarrollaron los programas para producir a partir de información de satélite la carta de uso de suelo 1:250 000.

Banco de datos

Se diseñó el Sistema de Información Geográfico DETENAL (SIGD), que contiene la información cartográfica DETENAL y otras dependencias. Se usa para resolver problemas de planificación.

Se desarrolló el Sistema Geomunicipal, que tiene información que describe el medio socioeconómico tomando como unidad base el municipio. Su uso está enfocado para planeación y estudios estadísticos y socioeconómicos.

Se está implementando la Base de Datos Catastral, que contiene información cartográfica (predios), información de tenencia de la tierra e información legal del registro público de la propiedad. Su uso está enfocado a ayudar a regularizar la tenencia de la tierra.

Se está implementando la Base de Datos 1:2 000 000, que acopla 13 diferentes cartas del país a escala 1:2 000 000. Su uso está enfocado a la planificación nacional.

Cartografía computarizada

Se desarrollaron los programas para derivar en forma automática en un 70% la carta de uso potencial agrícola, a partir de información cartográfica de geología, uso del suelo y edafología.

Se está trabajando para establecer un sistema que permita elaborar automáticamente los originales de impresión de las cartas de recursos (geología, uso del suelo, edafología, uso potencial)

Mapas temáticos y cartografía en pequeña escala

Gran impulso se ha tenido en la producción de cartografía temática para el conocimiento y estudio de los recursos naturales

En este período se ha tenido el siguiente avance:

Cartas geológicas

A escala 1:50 000 se han producido 448, de las cuales 398 están impresas (figura 18); a escala 1:250 000, 12 se encuentran en edición, y a escala 1:1 000 000, tres están en edición.

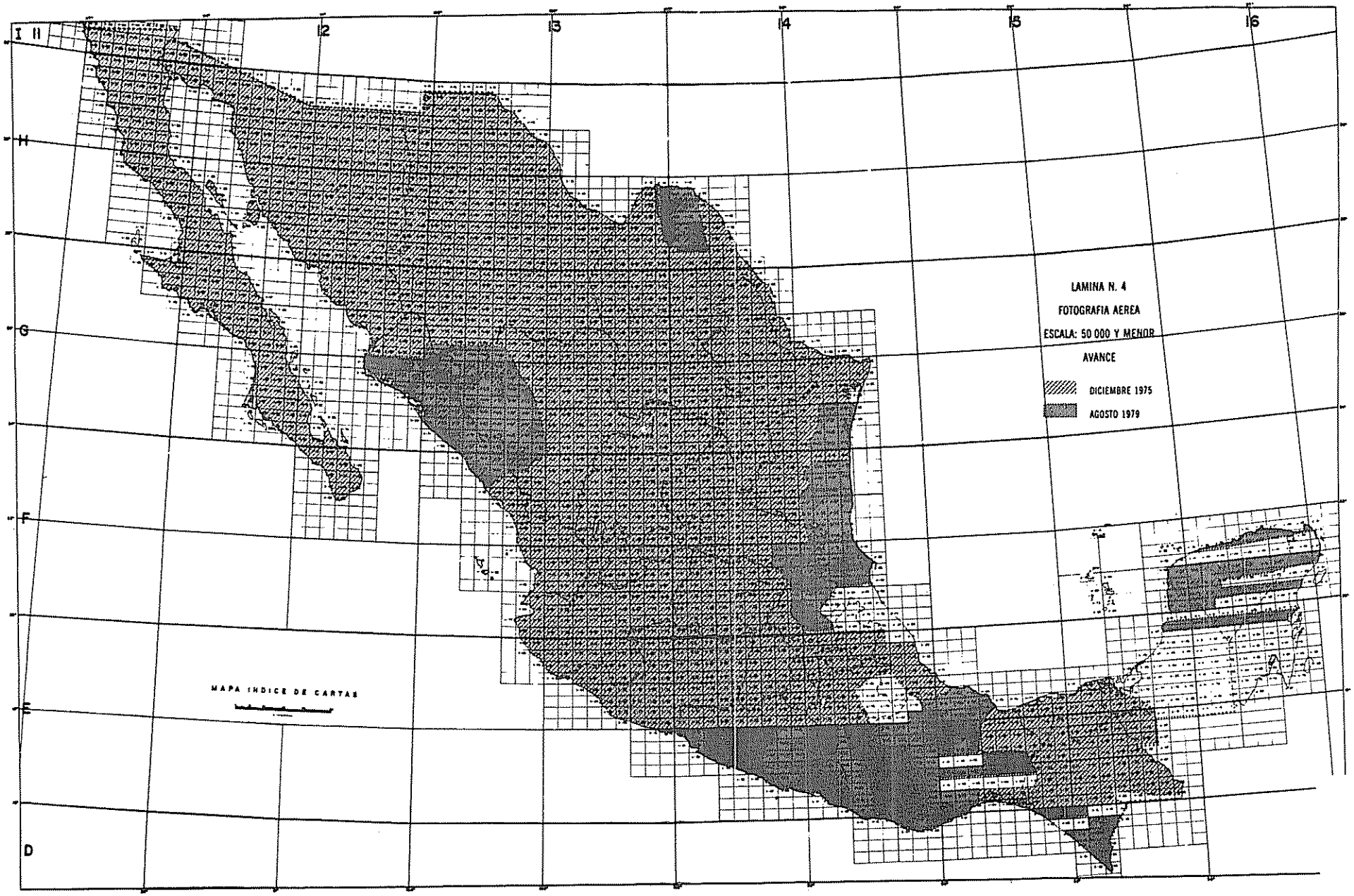


Figura 13. México: fotografía aérea 1:50.000 y menor, 1975 y 1979

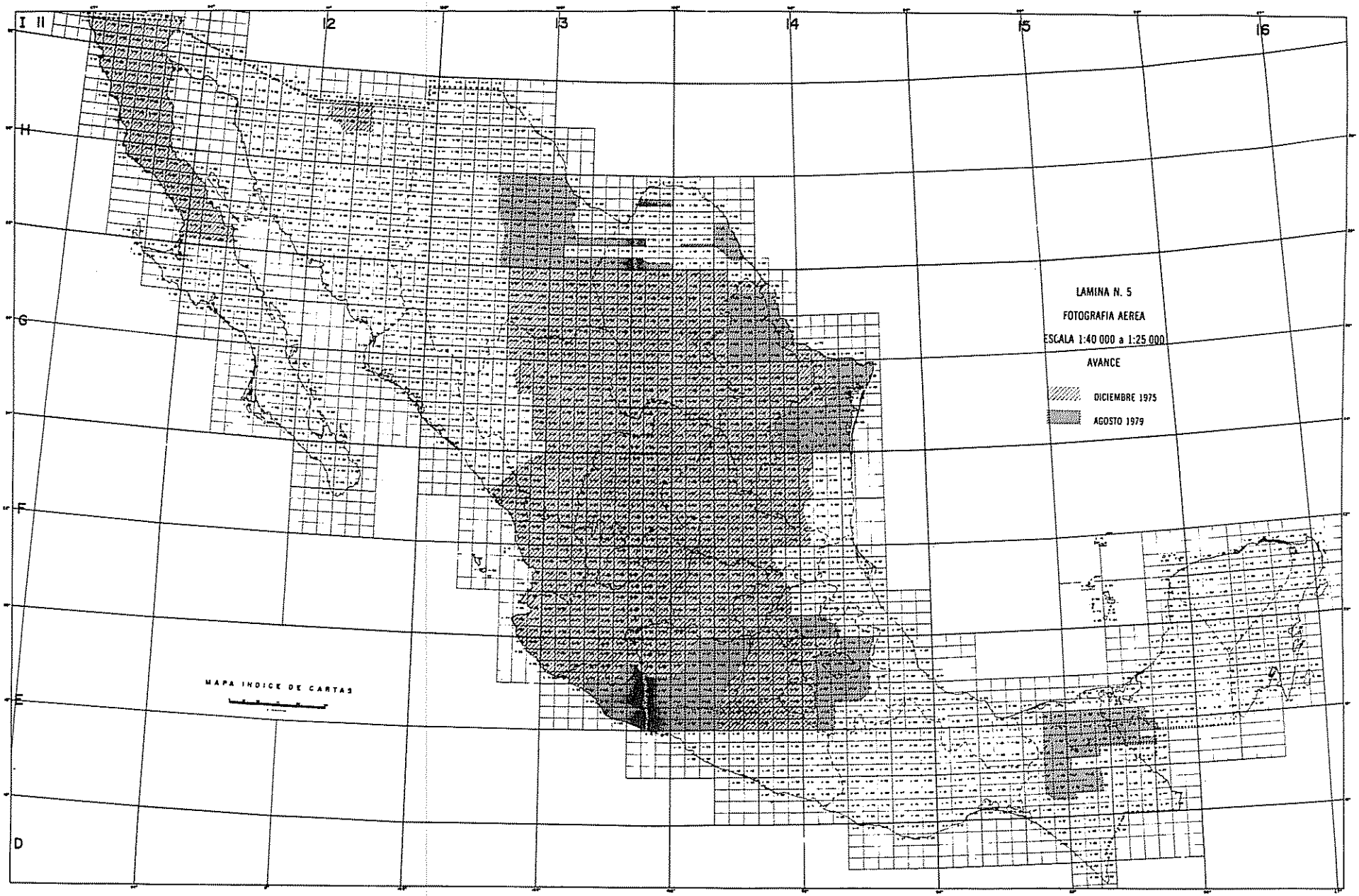


Figura 14. México: fotografía aérea 1:40.000 a 1:25.000, 1975 y 1979

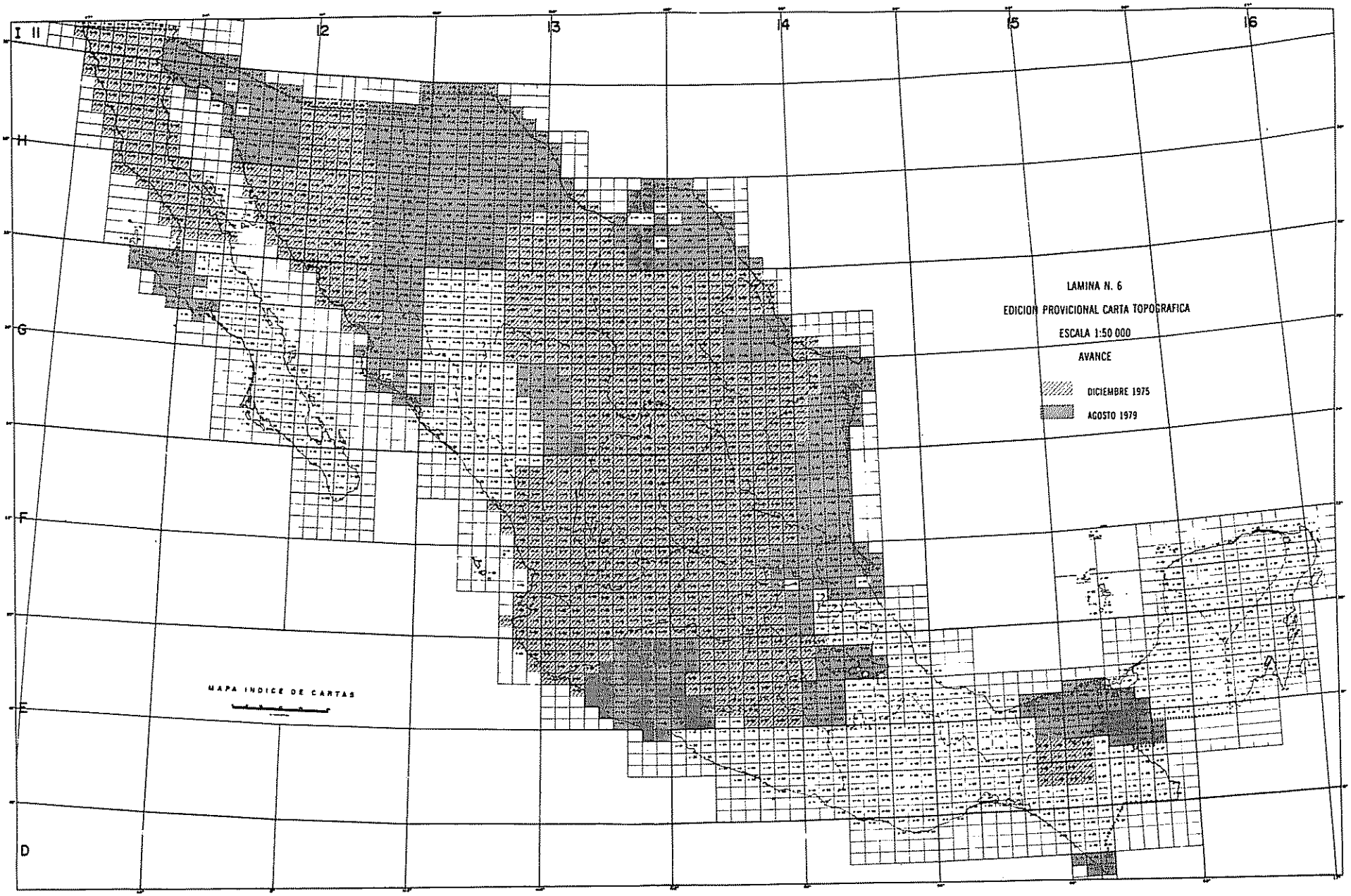


Figura 15. México: edición provisional, carta topográfica 1:50.000, 1975 y 1979

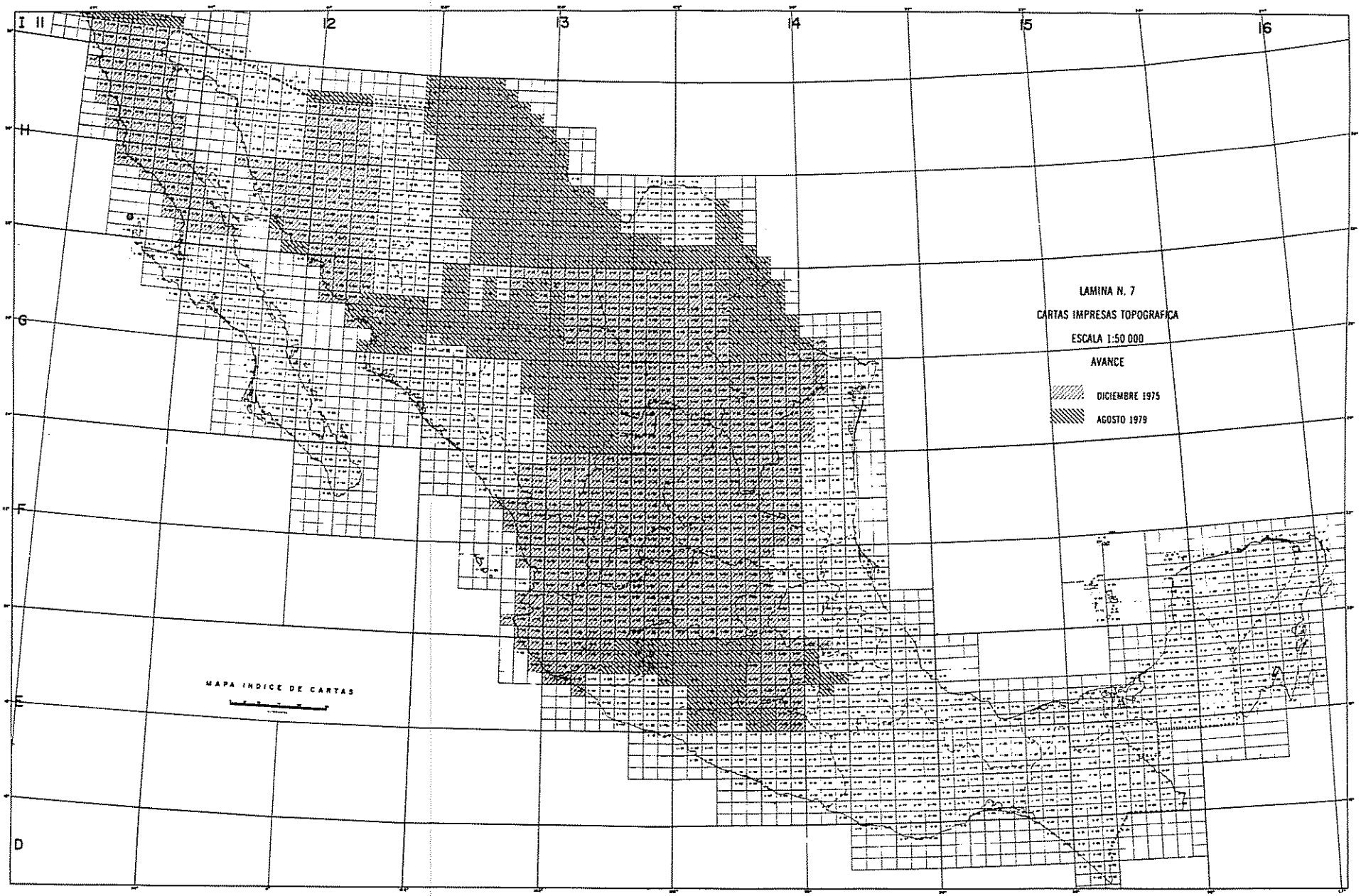


Figura 16. México: cartas impresas topografía 1:50.000, 1975 y 1979

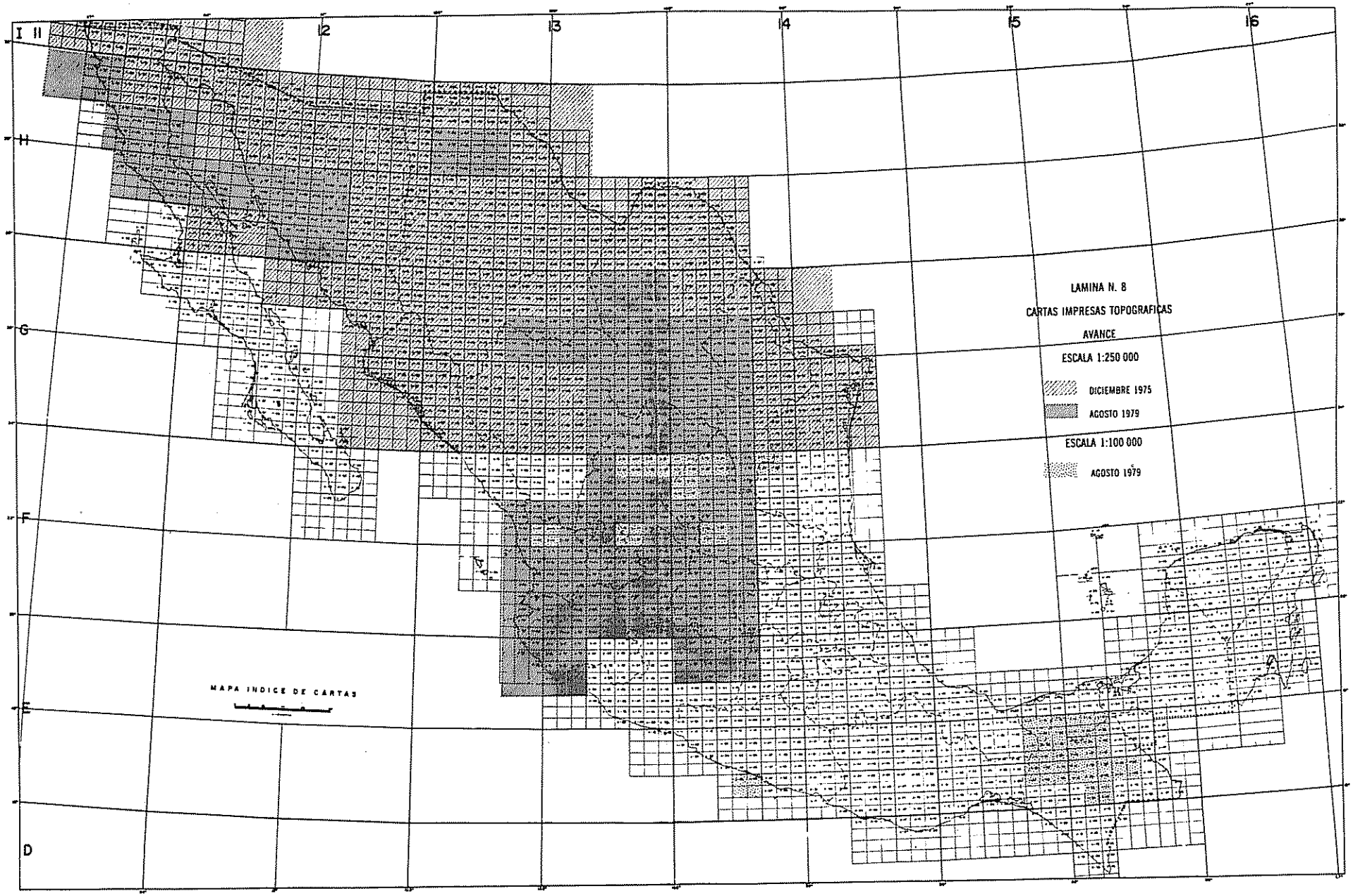


Figura 17. México: cartas impresas topográficas 1:250.000, 1975 y 1979; 1:100.000, 1979

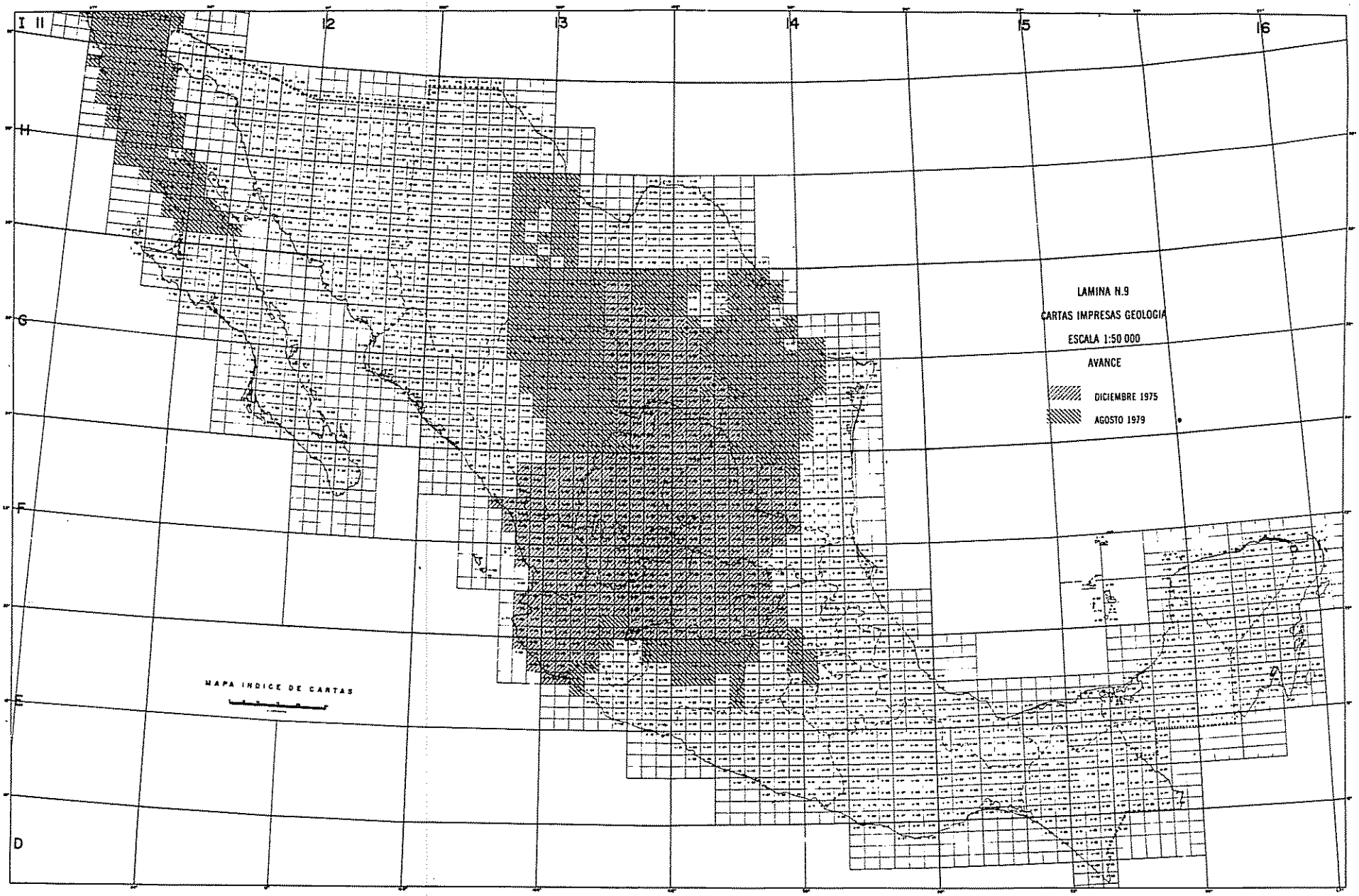


Figura 18. México: cartas impresas geología 1:50.000

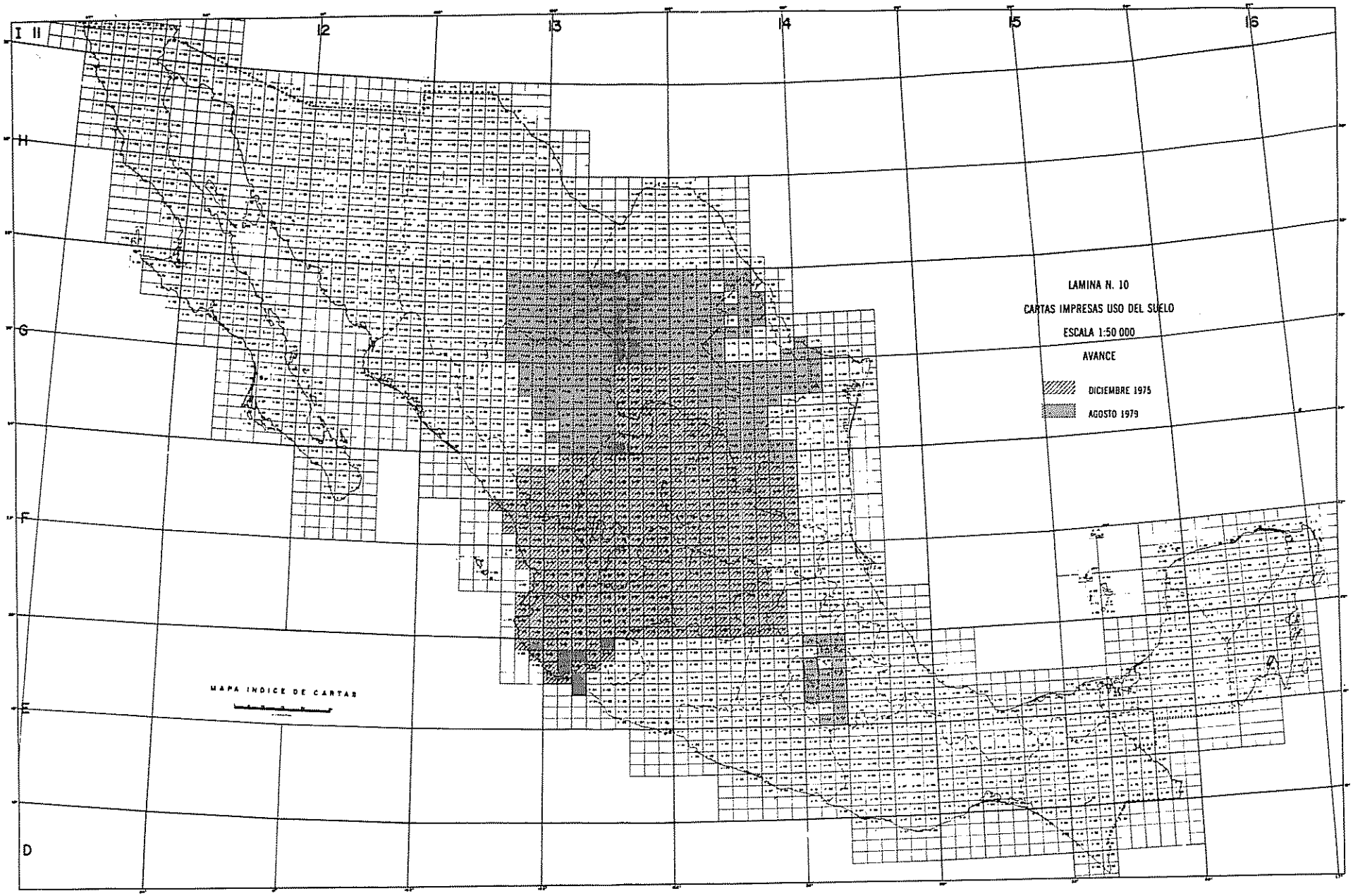


Figura 19. México: cartas impresas uso del suelo 1:50.000

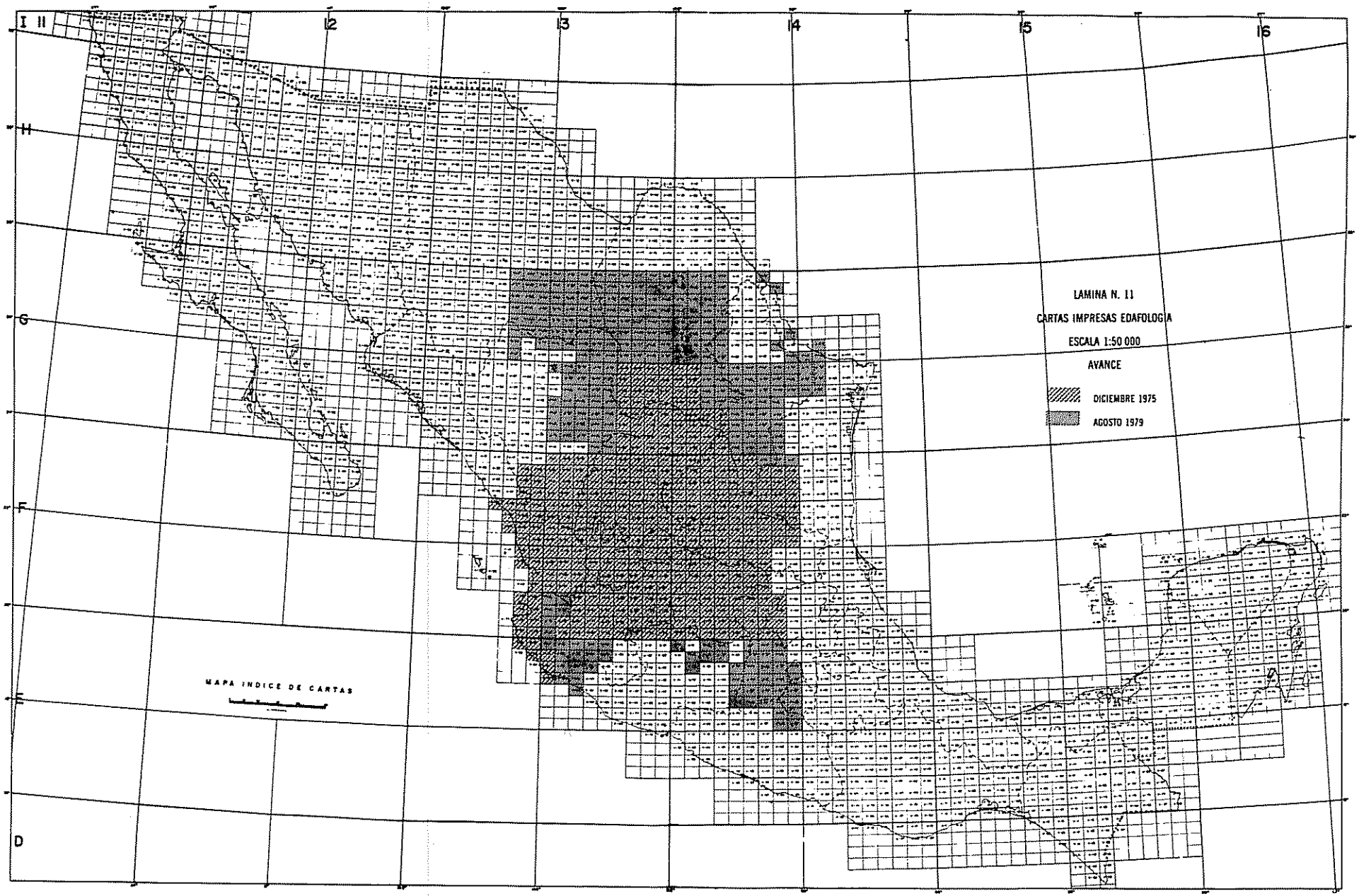


Figura 20. México: cartas impresas edafología 1:50.000

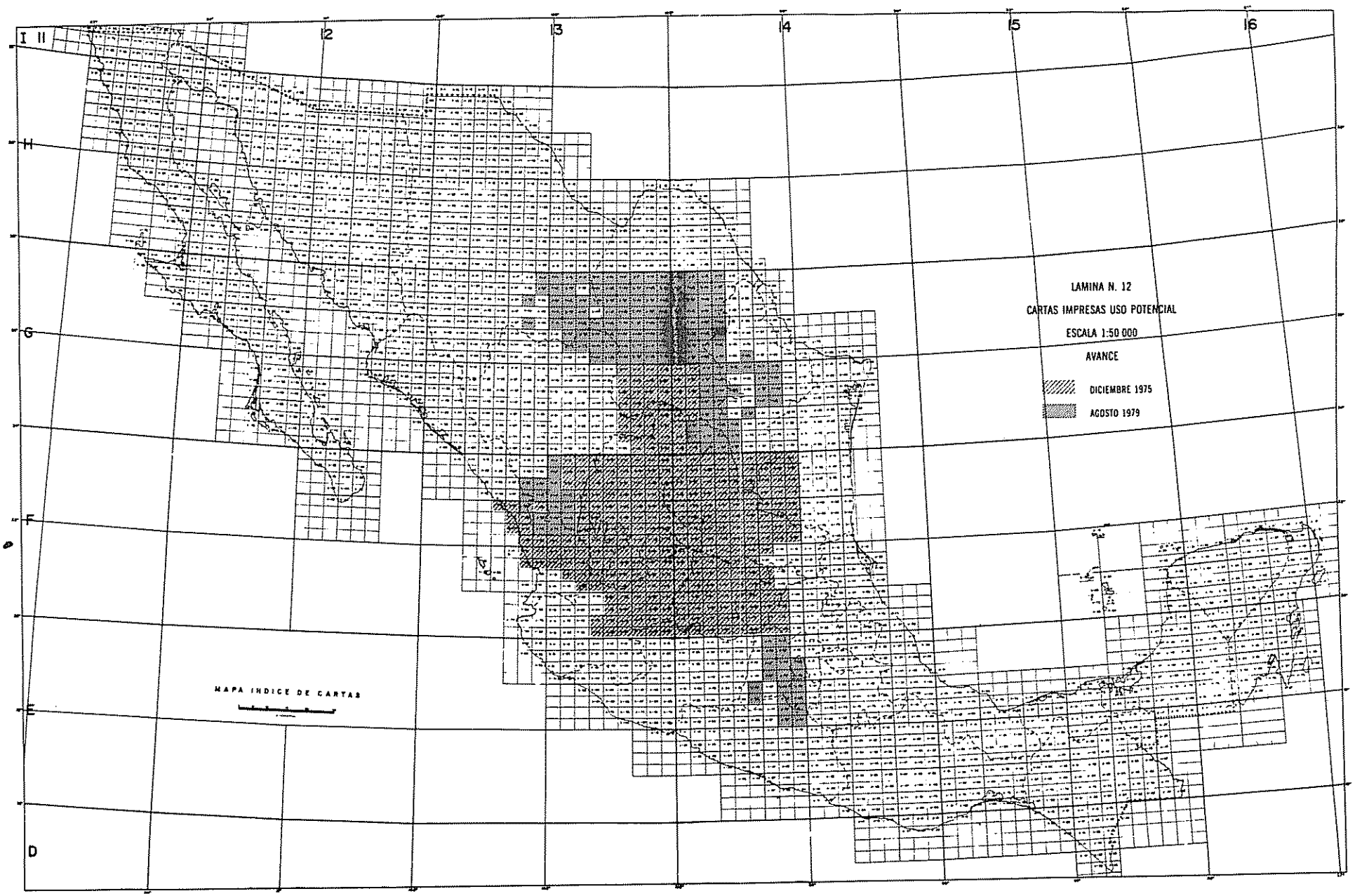


Figura 21. México: cartas impresas uso potencial 1:50.000

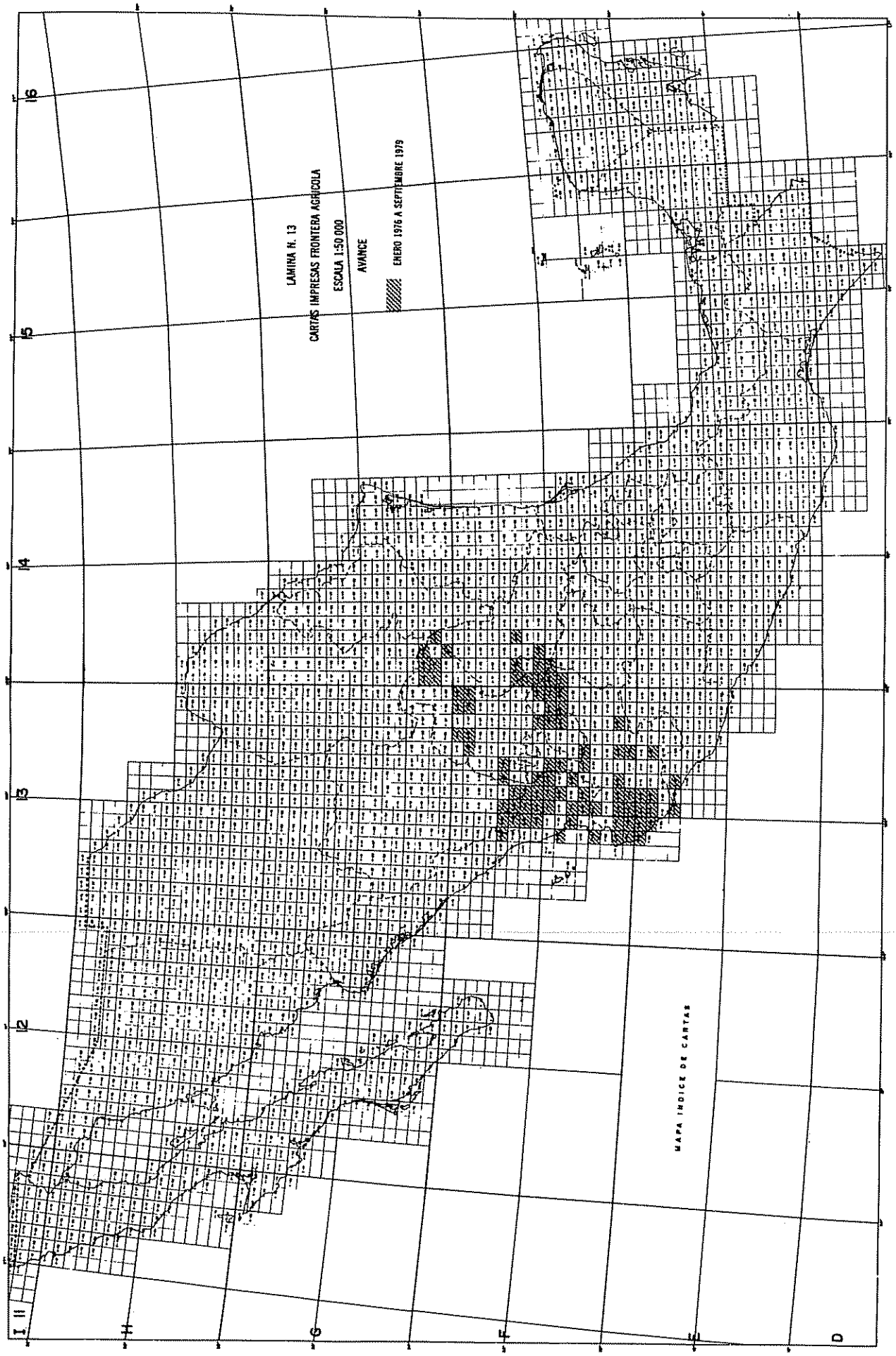


Figura 22. México: cartas impresas frontera agrícola 1:50.000

Cartas de uso del suelo

A escala 1:10.000 se han producido 42 hojas de áreas urbanas; a escala 1:50.000 se han producido 321, de las cuales 265 están impresas (figura 19); a escala 1:250.000, tres están en edición; a escala 1:1.000.000 se han elaborado cuatro, de las cuales una está impresa y tres en proceso de edición.

Cartas edafológicas

A escala 1:50.000 se han elaborado 297 de las cuales 271 están impresas (figura 20); a escala 1:1.000.000 se han elaborado dos y se encuentran en edición.

Cartas de uso potencial

A escala 1:50.000 se han elaborado 219 cartas, de las cuales 219 están impresas (figura 21).

Frontera agrícola

Se encuentran en impresión 85 cartas escala 1:50.000 (figura 22).

Aptitud del suelo urbano

Se han elaborado 42 cartas a escala 1:10.000.

ATLAS NACIONALES Y REGIONALES

En este aspecto se elaboró un Atlas del Estado de Aguascalientes con 80 cartas, que muestran las bases para un reordenamiento territorial.

NORMALIZACIÓN DE LOS NOMBRES GEOGRÁFICOS

En este periodo se realizó la clasificación de campo para 502 cartas topográficas escala 1:50.000 y para 16 escala 1:250.000.

Se inició la elaboración del nomenclator para imprimirse en el reverso de las cartas topográficas escala 1:50.000; a la fecha se han elaborado 24 hojas con nomenclator.

Se ha elaborado el nomenclator del Estado de Aguascalientes.

ASISTENCIA TÉCNICA

Cursos

Se han atendido 130 cursos en especialidades de ciencias de la Tierra y se están atendiendo 133 cursos afines en diversas partes del mundo.

Se asistió a 25 eventos internacionales relativos a seminarios y conferencias.

Han egresado de las universidades del país 243 ingenieros topógrafos geodestas, 153 topógrafos fotogrametristas y 225 licenciados en geografía.

INFORME DEL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL*

Documento presentado por Guatemala

El Instituto Geográfico Nacional de Guatemala está aprovechando el uso de técnicas nuevas en el campo de la cartografía para aplicar ésta en la investigación y el aprovechamiento de los recursos naturales del país. Para ello, la adquisición de equipo actualizado ha sido y sigue siendo una de las preocupaciones del Instituto para la mejor realización de sus funciones.

Como actividades principales desarrolladas por el Instituto Geográfico Nacional a través de un trabajo coordinado de todas sus dependencias, pueden mencionarse las siguientes:

1. *El mapa de la República*: A escala 1:1.000.000, consta de una sola hoja; contiene los datos generales del país.

2. *El mapa hipsométrico de la República*: A escala 1:500.000, se compone de cuatro hojas; sirve de base para la elaboración de otros mapas específicos.

3. *El mapa básico*: A escala 1:250.000, cubre el país en 13 hojas y fue la base para la elaboración del mapa en relieve.

4. *El mapa de la República*: A escala 1:50.000, es una carta topográfica con mayor detalle para todos los usos relativos a la planificación. Consta de 259 hojas y cada una cubre un cuadrángulo de 500 km^2 de territorio, con curvas de nivel a intervalos de 20 m y suplementarias cada 10 m.

5. *El mapa escolar*: A escala 1:500.000, elaborado para fines didácticos.

6. *El mapa geológico*: A escala 1:500.000, contiene los rasgos geológicos generales de todo el territorio nacional. También se elaboran mapas geológicos a mayor escala, con semidetalle y detallados.

7. *El plano de la ciudad de Guatemala*: A escalas 1:25.000 y 1:12.500, habiéndose iniciado ya los trabajos para elaborar otro a escala 1:20.000.

8. *Mapas temáticos*: También se elaboran diversos tipos de mapas temáticos con fines específicos de investigación y estudio; dentro de éstos cabe mencionar principalmente los que se refieren a la capacidad productiva de la tierra, a la calidad y al uso del suelo.

9. *Sensores remotos*: Se está introduciendo ya el uso de la tecnología de los sensores remotos, además de los métodos tradicionales. De imágenes obtenidas por los sensores de los satélites LANDSAT se elaboró en este Instituto un mosaico de Centroamérica a escala 1:1.000.000.

Se tiene el propósito también de aprovechar la técnica del uso de satélites para el control geodésico, a fin de actualizar los métodos que hasta hoy se emplean. Se considera que el uso del llamado "Sistema de Posicionamiento Doppler con Satélites" para obtener posiciones geográficas simplificará con gran ventaja los trabajos geodésicos.

La experiencia hasta ahora obtenida y la existencia de algunas facilidades técnicas permitirán el desarrollo de

* El texto original de esta monografía se publicó como documento E/CONF.71/L.76.

programas para el aprovechamiento integral de los sistemas de sensores remotos en Guatemala, contando por supuesto con la cooperación técnica de las entidades especializadas en este campo, así como con la capacitación del elemento humano necesario.

10. *Fotografía aérea*: Hasta hoy, en Guatemala, la evaluación de los recursos naturales, la determinación de las características físicas de la tierra, así como el estudio y ejecución de proyectos para el desarrollo, se han apoyado en la fotografía aérea convencional y en los mapas y cartas topográficas elaboradas, estando ya cubierto todo el territorio nacional. Para un mayor rendimiento y mejor calidad de la fotografía aérea se está adquiriendo equipo más moderno de acuerdo con los programas a realizar.

11. *Atlas geográficos*: Se tiene elaborado un Atlas Geográfico Nacional y se trabaja en otros regionales para fines didácticos y de información general.

12. *Diccionario Geográfico Nacional*: Contiene la compilación de los datos geográficos e históricos del país y comprende cuatro tomos actualizados.

13. *Nombres geográficos*. El Instituto Geográfico Nacional tiene la satisfacción de contar, dentro de su personal técnico, al experto en nombres geográficos designado por las Naciones Unidas para América Latina, quien, como tal, ha representado a Guatemala y al Instituto en importantes eventos internacionales sobre la materia.

14. *Estudios catastrales*: Desde el año 1966, el Instituto Geográfico trabaja en el establecimiento del catastro, principalmente rural, aunque también se ha realizado algo en centros urbanos. Inicialmente se programó una área de 33.000 km² al sur del paralelo 15, cuya primera fase de 12.000 km² ya está terminada. Actualmente se trabaja en el altiplano del país, siempre dentro del área programada. La finalidad de este trabajo es múltiple, pues se trata de obtener no sólo un catastro inmobiliario, sino también económico, legal y fiscal.

15. *Cooperación del IAGS*: Como un justo reconocimiento, es satisfactorio mencionar la valiosa colaboración recibida del Servicio Geodésico Interamericano (DMA-IAGS), que desde 1946 está prestando a Guatemala a través del Instituto Geográfico Nacional, con base en el convenio celebrado en aquel año.

Uno de los programas más importantes del convenio ha sido y sigue siendo la capacitación de personal en la Escuela Cartográfica de la Zona del Canal en Panamá, en donde han recibido entrenamiento un significativo número de los técnicos con que cuenta el instituto.

RÔLE DE LA CARTOGRAPHIE DANS UN PAYS EN DÉVELOPPEMENT*

Document présenté par la Haute-Volta

Le présent document résume l'expérience cartographique de la Haute-Volta, ainsi que le rôle que la carte peut et doit jouer comme facteur de développement. Il n'est un secret pour personne que la cartographie est, aujourd'hui, universellement reconnue comme la manière la plus rationnelle, la plus rapide et la plus économique de s'attaquer aux problèmes de développement. Partant de cette évidence, il n'est point besoin d'insister sur la nécessité qu'il y a pour les pays en développement de maîtriser leur cartographie. Malheureusement, l'importance du phénomène cartographique n'est pas encore perçue par les responsables politiques, qui ne lui accordent pas toujours l'intérêt qu'il mérite. Paradoxalement, ce sont les Etats qui ont déjà atteint le plus haut degré de connaissance en cartographie qui consacrent encore au développement de celle-ci les crédits les plus considérables, par rapport à leur revenu national, les pays les moins avancés continuant à prendre du retard dans ce domaine. Mais avec l'aide de pays amis et de la communauté internationale, le retard pris par ces pays dans le domaine cartographique sera vite réduit, car ils vont profiter de toutes les techniques les plus modernes pour faire en 20 ans ce qui a parfois demandé 100 ans aux pays avancés.

Le Gouvernement de la Haute-Volta a perçu à temps l'importance qu'il fallait accorder à la cartographie dans le processus de son développement économique et a donc décidé de créer en 1976 un organisme national de cartographie, chargé de mettre en oeuvre la politique gouvernementale à travers un comité cartographique national, ainsi que de contrôler tous travaux de topographie ou de cartographie exécutés sur toute l'étendue du territoire national par les entreprises étrangères.

C'est ainsi qu'est né l'Institut géographique de Haute-Volta (IGHV). L'objectif principal assigné à l'IGHV est la création d'une carte de base au 1/50 000 du pays, mieux adaptée pour les études de développement que celle au 1/200 000 qui nous a été léguée par la France.

Pour réussir cette mission, l'IGHV a fait appel aux Nations Unies et à des pays amis pour l'aider à former le personnel nécessaire et à acquérir le matériel indispensable au bon fonctionnement d'un institut géographique.

Le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) a favorablement répondu à notre demande et a délégué un fonctionnaire pour venir s'enquérir de nos besoins et nous aider à établir un programme de travail. A la suite de cette mission, et pour aider au démarrage de notre Institut, le PNUD nous a consenti une aide de 150 000 dollars des Etats-Unis pour l'achat de matériel et l'octroi de bourses de formation.

C'est également grâce à un expert-consultant du PNUD que nous venons d'établir un document de travail intitulé "Plan cartographique de la Haute-Volta à l'échelle du 1/50 000". Ce document de travail a besoin, pour être appliqué sur le terrain, de la coopération bilatérale des pays amis et du concours de la communauté internationale. Nous lançons donc un appel pressant dans ce sens.

Le Gouvernement de la Haute-Volte exprime sa gratitude aux Pays-Bas, dont l'aide bilatérale a permis en trois années de faire de l'Institut géographique de Haute-Volta un organisme cartographique à part entière. En effet, avec une subvention cumulée en 1977 et 1978 d'environ 3 500 000 dollars, nous avons pu nous doter du matériel

* Le texte original de ce rapport, préparé par El Hadj Sandwidi Kouka Ousmane, directeur général de l'Institut géographique de Haute-Volta, a paru sous la cote E/CONF.71/L.87.

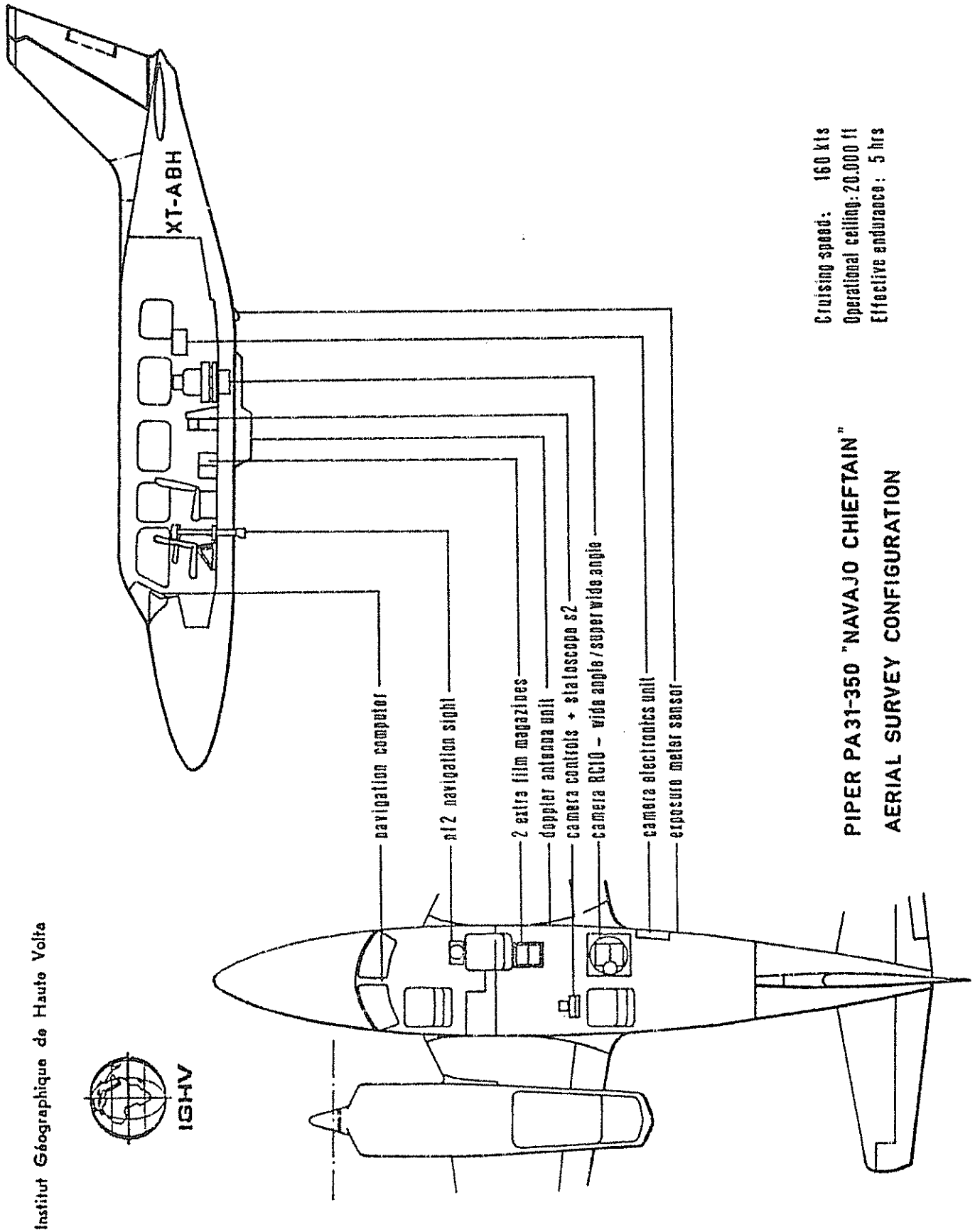


Figure 23. Haute-Volta : adaptation du Piper PA31-350 "Navajo chieftain" pour les prises de vues aériennes

le plus moderne en géodésie et en photogrammétrie, équiper un avion de prises de vue aériennes, acquérir un parc automobile important, et enfin envoyer en formation une trentaine de techniciens dans toutes les disciplines des sciences géographiques.

La France, par l'intermédiaire du Fonds d'aide et de coopération et de l'Institut géographique national (IGN), a entrepris de nous aider à réviser notre carte au 1/200 000, établie depuis les années 60 par l'IGN. Une première expérience très concluante a été entreprise en 1977/78, ce qui augure bien de la suite de ce programme.

L'IGHV envisage de mettre en o euvre un programme de travail à partir de l'important document préparé par l'expert-consultant du PNUD.

Pour créer la carte au 1/50 000 dans un pays de 274 000 km² dépourvu de points géodésiques, il faut, pour aller vite, avoir recours au système moderne de détermination Doppler. Nous avons la chance d'avoir notre territoire national traversé de part en part par la polygonale de précision établie par les Etats-Unis d'Amérique et appelée 12e parallèle. Nous avons donc préconisé d'établir aux limites extrêmes de notre pays 14 points Doppler qui seront rattachés par des polygonales de précision au cheminement du 12e parallèle. Le recours au système de l'aérotriangulation nous permettra de gagner du temps et de pouvoir ainsi, dans un délai raisonnable, produire la carte au 1/50 000 dont le développement de notre économie a bien besoin. Encore une fois, nous lançons un appel pressant aux pays amis et à la communauté internationale pour nous aider à réaliser cet objectif important pour le développement harmonieux de notre économie.

STATUS OF SURVEYING AND MAPPING ACTIVITIES IN LIBERIA*

Paper presented by Liberia

The Liberian Cartographic Service (LCS) has had its ups and downs in the executions of its functions and responsibilities since its formation in the early 1950s as the National Mapping Agency of Liberia. This paper briefly outlines the activities of LCS, from its inception as the body responsible to control survey and mapping activities. Its achievements and disappointments from the time it was embraced by the Department of the Treasury to its present position in the Department of Land Surveys and Cartography of the Ministry of Lands and Mines are noted.

It strives, with the limited resources available to it, to produce and disseminate cartographic and geographical data to its many users, both in the public and private sectors at home and abroad.

SOME HISTORICAL NOTES

Mapping activities in Liberia were first organized when a centralized cartographic unit—the Liberian Cartographic Service—was formed in 1951, with responsibility for all aspects of surveying and mapping activities, including geodesy, cartography, hydrography and photogrammetry. Prior to this, the only national organization involved in surveying and mapping was the Bureau of Mines in the Treasury Department, and it was involved with isolated large-scale cadastral plans of municipal areas. At that time the only existing map of the country was one produced through a one-man effort by Mr. Arthur Sherman, a geologist. He filled in the gaps of previous attempts by others, such as the United States War College and the Holland Syndicate, while on a mining expedition. After 1951, cartographic activities in Liberia became more organized and accelerated. LCS had its operational functions in line with its responsibilities and was expected to continue surveying and mapping of the country.

The first relevant and useful cartographic data produced through LCS was a set of controlled mosaics at scale 1:20,000, covering 93 per cent of the country. This was in 1954, under contract with Aero Service Corporation of the United States. Subsequently, through bilateral cooperation with the United States Coast and Geodetic Survey, 1:125,000 planimetric maps, in five colours, covering the whole country, were produced. From them, 1:500,000 and 1:1,000,000 planimetric maps were published in 1955 and 1956.

In 1958, LCS was taken in by the Bureau of Natural Resources and Surveys (BNRS) through an act of legislature. In 1963, preliminary work leading to the production of a 1:250,000 topographic map series began, with the participation of the United States Defence Mapping Agency and Topographic Command. This operation produced, by 1973, 97 percent photographic coverage (scale 1:40,000) and topographic maps in six colours covering the whole country. In addition 1:50,000 topographic maps covering one quarter of the country and large-scale maps of three cities were produced at scales 1:7,500 and 1:10,000.

Meanwhile the Liberian Geological Survey, established in 1963 in BNRS, with the assistance of the United States Coast Guard, was engaged in the production, at 1:250,000, of a geologic map of the country.

In 1971, BNRS was transferred into the Ministry of Lands and Mines, with LCS still an integral part. In that year the Bureau of Lands and Surveys was created and charged with the responsibility for all cadastral and very large-scale topographic surveys. Prior to this, those functions were executed by the Municipal Bureau of Surveys. In 1974, through a bilateral United Nations aid programme, the Bureau of Lands and Surveys produced 1:1,000 cadastral maps of Monrovia from aerial photographies at 1:3,000. This was to facilitate the establishment of a new Land Registration System (Registration of Title) to replace the faulty Registration of Deeds system.

In 1978 LCS and the Bureau of Lands and Surveys were placed under the Department of Land Surveys and Cartography in the Ministry of Lands and Mines when that Ministry was restructured. The Department is in charge of all surveys and mapping of the country.

* The original text of this paper, prepared by Wellington C. B. Banks and Michael F. Dean of the Liberian Cartographic Service, Ministry of Lands and Mines, Monrovia, appeared as document E/CONF.71/L.93.

PRESENT ACTIVITIES

The Liberian Cartographic Service, as the national mapping agency of Liberia, tries to monitor all mapping activities in Liberia and participates in them to the extent afforded by its limited resources.

Under the present administration, LCS is doing a lot of planning geared towards making itself involved in the production of most or all of the maps in Liberia, using its own staff and encouraging technical assistance from other countries and international organizations.

The present self-producing mapping situation is experiencing many difficulties owing to the lack of aerial photographic, geodetic, photogrammetric, cartographic and hydrographic equipment and materials. The availability of trained manpower is not as serious a drawback as is the lack of equipment and materials. However, there still exists a need for more training of professional personnel in the disciplines of surveying and mapping, especially at basic levels in geodesy and hydrography.

On cartographic activities, table 1 lists the multicoloured and monochromatic maps of Liberia that were produced and are being produced by technical assistance from the United States, the United Nations and the United Kingdom[1] and which are currently in stock and for sale in Liberia

Table 1. Map inventory of Liberia

Scale	*Percentage of coverage*	*Aid from*	*Type*
1:1,000,000	100	United States	Planimetric
1:500,000	100	United States	Planimetric
1:125,000	100	United States	Planimetric
1:250,000	100	United States	Geographic
1:250,000	100	United States	Topographic
1:250,000	100	United States	Geologic
1:125,000	100	United States	Planimetric
1:50,000	25	United States	Topographic
1:50,000[a]	25	United Kingdom	Topographic
1:10,000 (photomap)	2 cities	United States	Topographic
1:7,500 (photomap)	Capital city (Monrovia)	United States	Topographic
1:1,000	Monrovia	United Nations	Cadaster plans

[a] This series of maps is hoped to be available by 1982. It is being prepared under a Joint Liberia/United Kingdom Mapping Programme which is being executed by LCS and DOS

The main activity of LCS at the moment is the extension of its 1:50,000 topographic map coverage, which involves the participation of the British Directorate of Overseas Surveys. This project involves mapping about one quarter of the country at 1:50,000. Geodetic observations and measurements are in operation at present, and air photography of half the mapping area has been completed. The project also involves the large-scale mapping, at 1:5,000, of four cities. The photography has been completed for all four, but the ground control survey has been completed for only one. The whole project is scheduled for completion by 1982, and it is hoped that it will be extended to cover the remainder of the country.

Also incorporated in this project is the purchase of major photogrammetric equipment, a Kern PG2 Plotter, to enable much of the map-drawing phase of the project to be done in Liberia.

At present, the only possible means for map revision is the conventional ground survey method, which is not suitable to small-scale maps such as 1:1,000,000 and 1:50,000. Therefore the multicoloured maps already completed are not being revised. To date, revision has been possible only with LCS-produced large-scale maps at 1:12,000 and larger. It is hoped that with the acquisition of the PG2, some revision will begin on the multicoloured maps.

National mapping programmes in Liberia are experiencing many difficulties and LCS finds itself having to abandon or modify many of its current programmes, mainly because the funds necessary to obtain the necessary training and equipment to implement the programmes fully are not available.

In the past all the LCS large mapping projects were completed through bilateral programmes. LCS did not benefit very much from those programmes in terms of equipment and trained personnel. Therefore it does not have the capability, by way of instruments, to execute and complete its mapping programmes. The main goal of the LCS is that mapping activities be carried out in Liberia by Liberians.

The trend in mapping in Liberia, which has not been very beneficial to the national mapping agency, we hope to arrest in future with other bilateral aid programmes. Liberians are very eager to execute, complete and continue their own mapping and map revision programmes.

Table 2. Samples of topographic and thematic maps produced by LCS[a]

Scale	*Names*	*Printed on*
1:1,000,000	Transportation map of Liberia	Diazo
1:1,000,000	Political map of Liberia	Diazo
1:500,000	Transportation map of Liberia	Diazo
1:500,000	Political subdivision of Liberia	Diazo
1:250,000	Distribution of hospitals and clinics	Diazo
1:250,000	Country map	Diazo
1:125,000	Topographic map of Liberia	Diazo
1:50,000	Monrovia/Robertfield road guide	Diazo
1:25,000	Tourist map of Monrovia	Diazo
1:12,500	Tourist map of Monrovia	Diazo

[a] The above-mentioned maps were produced using the Liberia/United States-produced maps as base and reproducing them to the desired scale, according to user's requirements. LCS also produces other, larger-scale maps (topographic and thematic) by ground survey. These maps are produced when requested

[1] The maps being produced with the assistance of the United Kingdom are still in the preparation stage

GEOGRAPHIC AND CADASTRAL INSTITUTE*

Paper presented by Portugal

GEODESY

Geodetic works in Portugal were inititated in 1788 by Dr. F. António Ciera and continued by Pedro Folque, Filipe Folque, Brito Limpo etc. The evolution of the main geodetic net is to be seen in figures 24 and 25.

The first datum to be adopted was located in Lisbon at the St. Jorge Castle. Recently, the principal net was totally observed with the establishment of another datum (Melriça).

The altimetry is supported by a geometric levelling net, the datum being given by the mean level at Cascais, where our main maregraph is settled (fig. 26)

The first baseline to be measured was located near Montijo (Batel-Montijo); it was abandoned later. The baseline, serving as support to the main triangulation, still in use, was measured in the elevated plain of Chamusca in 1893 (4 km)

At present, we have a baseline in Vilar Formoso (about 19 km), measured in 1960, with invar wires. It has various lengths measured by means of geodimeters and tellurometers.

We have a gravimetric net of the first order and a secondary one, with about 1,000 stations, which serve as base to the construction of maps of isoanomales.

In co-operation with a French team, some satellite observations were made in the Azores and Madeira (Balistic camera method).

Last year, with the co-operation of a British team, some Doppler satellite observations were made on the continent and in the Azores.

From 1975-1977, about 128 points were determined, permitting the delineation of the local geoid map.

In 1962, near Azambuja, an interferometric baseline was established, which was remeasured in 1978.

CARTOGRAPHIC PUBLICATIONS

The central cartographic department for Portuguese continental and insular territories is the Instituto Geográfico e Cadastral, which is responsible for general geodetic, cartographic and cadastral work.

Through its cartographic services, the Institute is responsible for the edition of the general maps of the country for scales larger than 1:500,000. Topical or thematic maps such as military, geological, hydrographic etc., are published by specialized departments, though most of them are engraved and printed in the Institute's offices and make use of its cartographic base.

Publishing of cartographic texts of touristic interest, controlled by the Institute, may also be entrusted to private firms.

The Institute is equipped with modern instruments for photocartography and offset printing, utilizing modern methods and materials.

Map of Portugal in the scale of 1:10,000

The publication of a map in the scale of 1:10,000 was initiated in 1948 in a zone of very dense planimetry of the peninsula of Lisbon by direct generalization of the cartographic base. Its extension to other regions is ordered by reason of special interest. A sheet containing Sagres and Cape St. Vincent has been published in five colours, with contours at intervals of 5m in sheets of 64 × 40 cm. One sheet of the Carta Corográfica de Portugal in the scale of 1:50,000 contains 25 sheets of the 1:10,000 map. The map series is based on the conform Gauss (or transverse Mercator) projection and is calculated on the International (Hayford) Ellipsoid, with its origin in the Central Point ($\varphi = 39°40'$; $\lambda = 1°E$ Lx = 8°07'54", 86 W Gr.), which is utilized in cadastral surveying.

Maps in the scale of 1:50,000

Maps in the scale of 1:50,000 are printed in five colours and have great informative richness, from the topographic, hydrographic etc., points of view. They are an excellent "basis" for the production of special and thematic maps and for the derivation of maps of smaller scale. In their elaboration recent and up-to-date documentation has been used. In regions where an updated cartographic base map at 1:10,000 scale already exists, it is generalized and drawn at the intermediate scale of 1:25,000.

Map of Portugal in the scale of 1:50,000

This map includes, for the whole of continental Portugal, 175 sheets already published, with up-to-date reeditions (fig. 27). It continues to be drawn according to the Bonne projection, calculated on the Bessel Ellipsoid, with its origin in the Central Point, which offers very slight deformations over all the territory.

The sheets measure 64 × 40 cm, with contours at intervals of 25 m.

On the corners of the sheets, surprinted in blue, are the UTM-RE 1950 co-ordinates (Universal System of Mercator; Transversal Projections Unified European Geodetic Net, 1950); in the margin there is an indication of the divisions and subdivisions of UTM system, of military interest.

Administrative divisions (*concelhos* and *freguesias*) are indicated only where the Institute found it possible to make boundary demarcations.

Maps of the adjacent islands in the scale of 1:50,000

The maps of adjacent islands, in the scale of 1:50,000, comprise 14 sheets. In general, the sheets represent isolated islands, but the islands of St. Jorge, Faial and Pico are represented in four contiguous and adjustable sheets.

The UTM cartographic projection is used and the sheet lines are made by meridians and parallels. Reductions to RE-1950 are indicated.

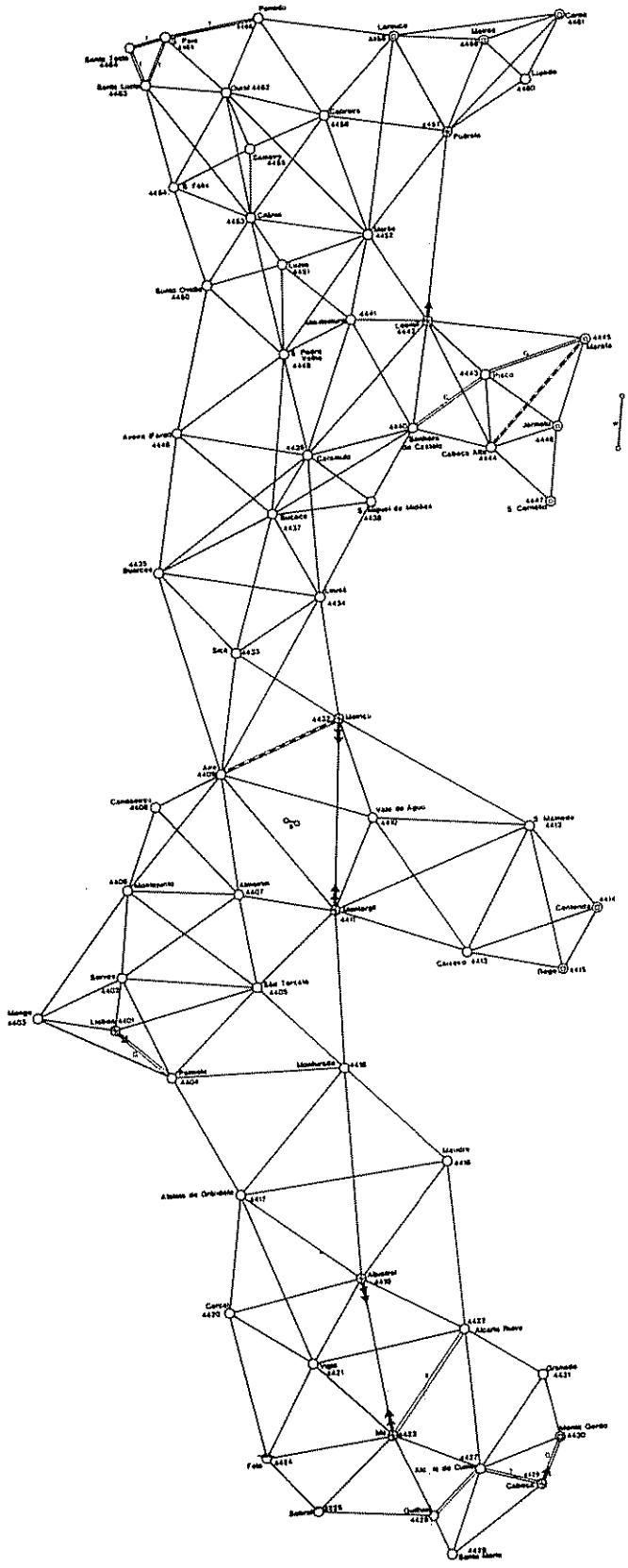
The map is printed in seven colours with symbols recommended by NATO for medium-scale maps.

* The original text of this paper, prepared by the Instituto Geográfico e Cadastral, Lisbon, appeared as document E/CONF.71/L.94

RETrig

Reseau Portugais

1970



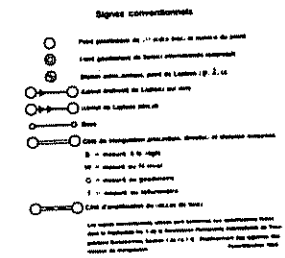


Figure 24. Portugal: part of the first-order geodetic network, reobserved 1970

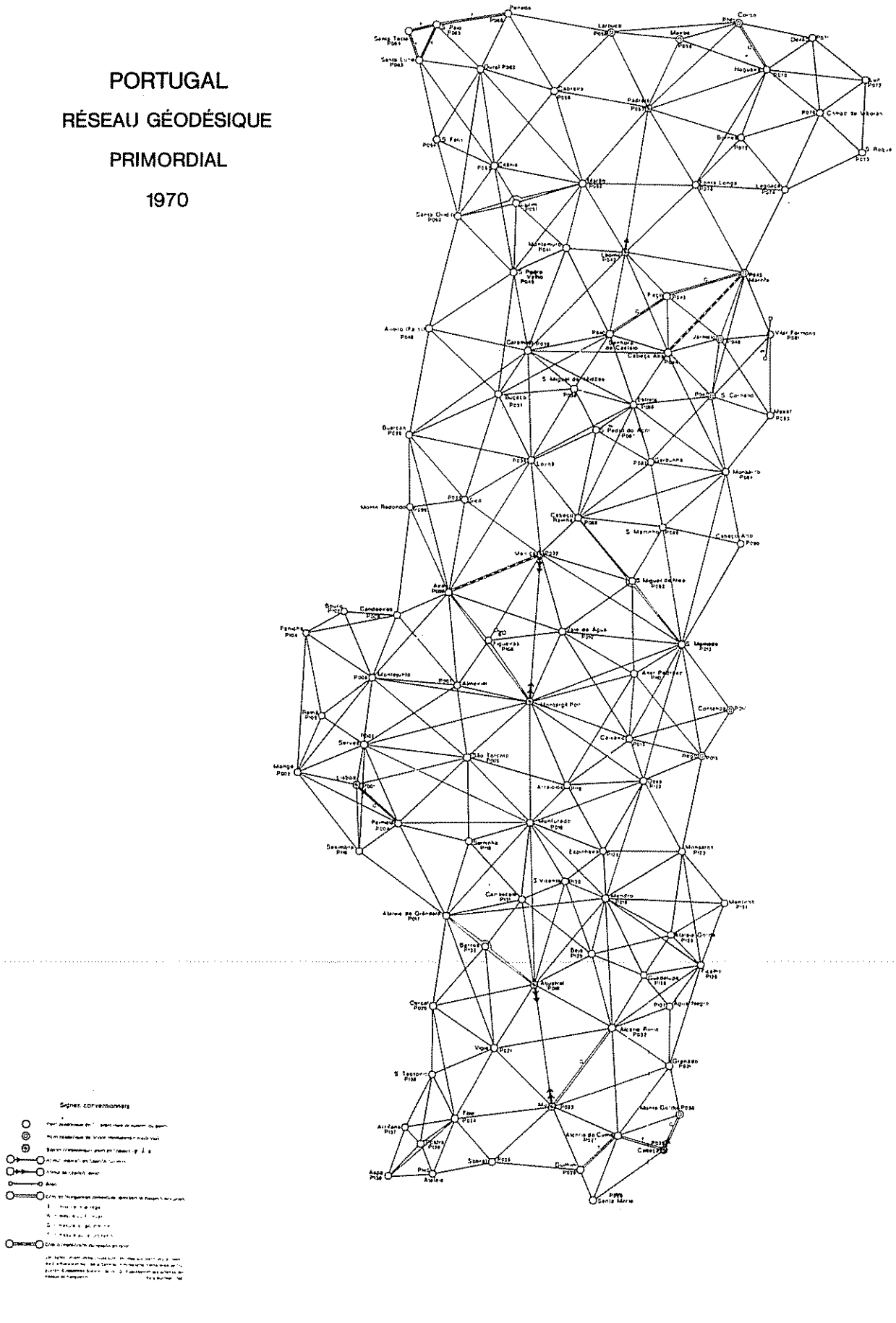


Figure 25. Portugal: first-order geodetic network, 1970

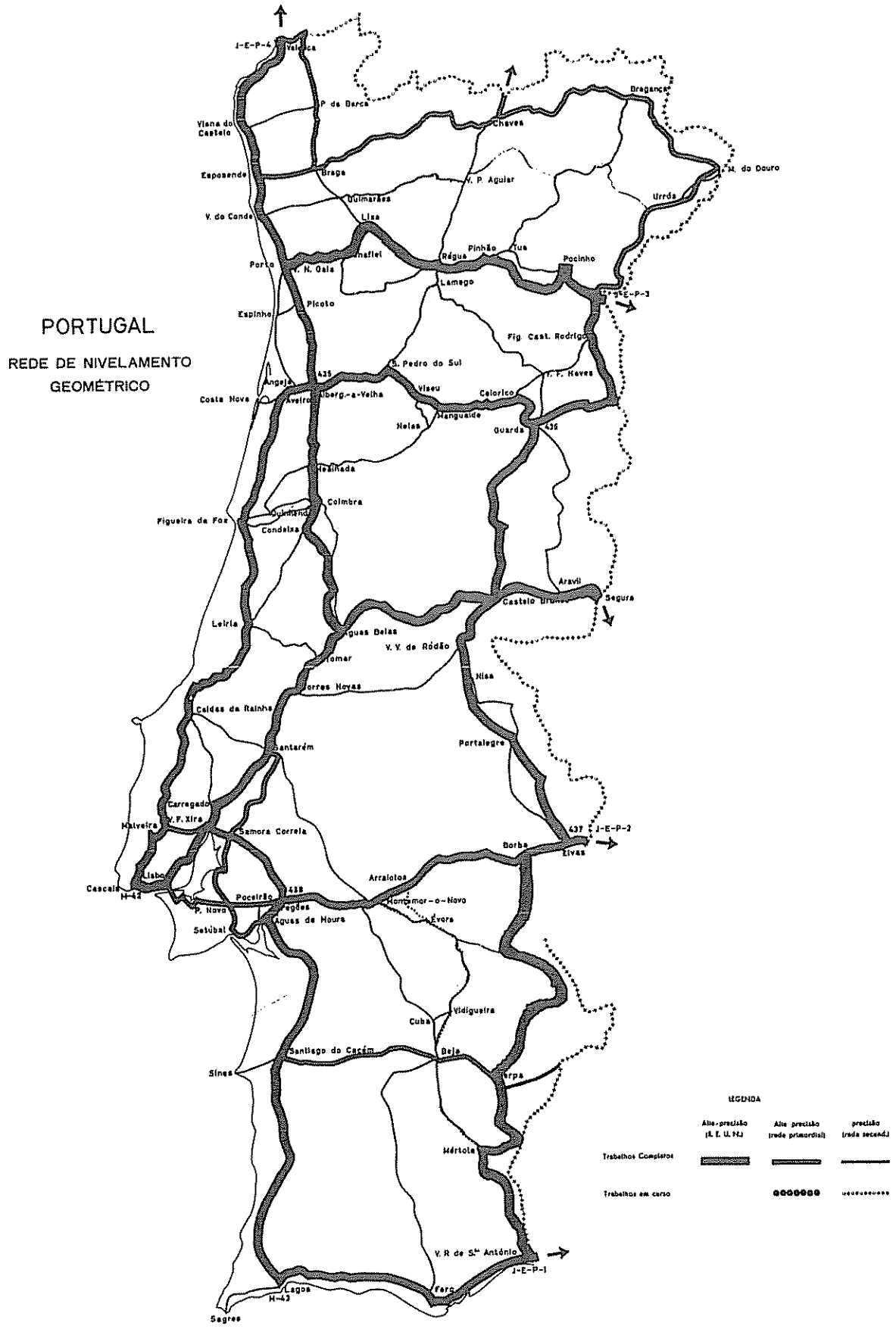


Figure 26. Portugal: geometric levelling network

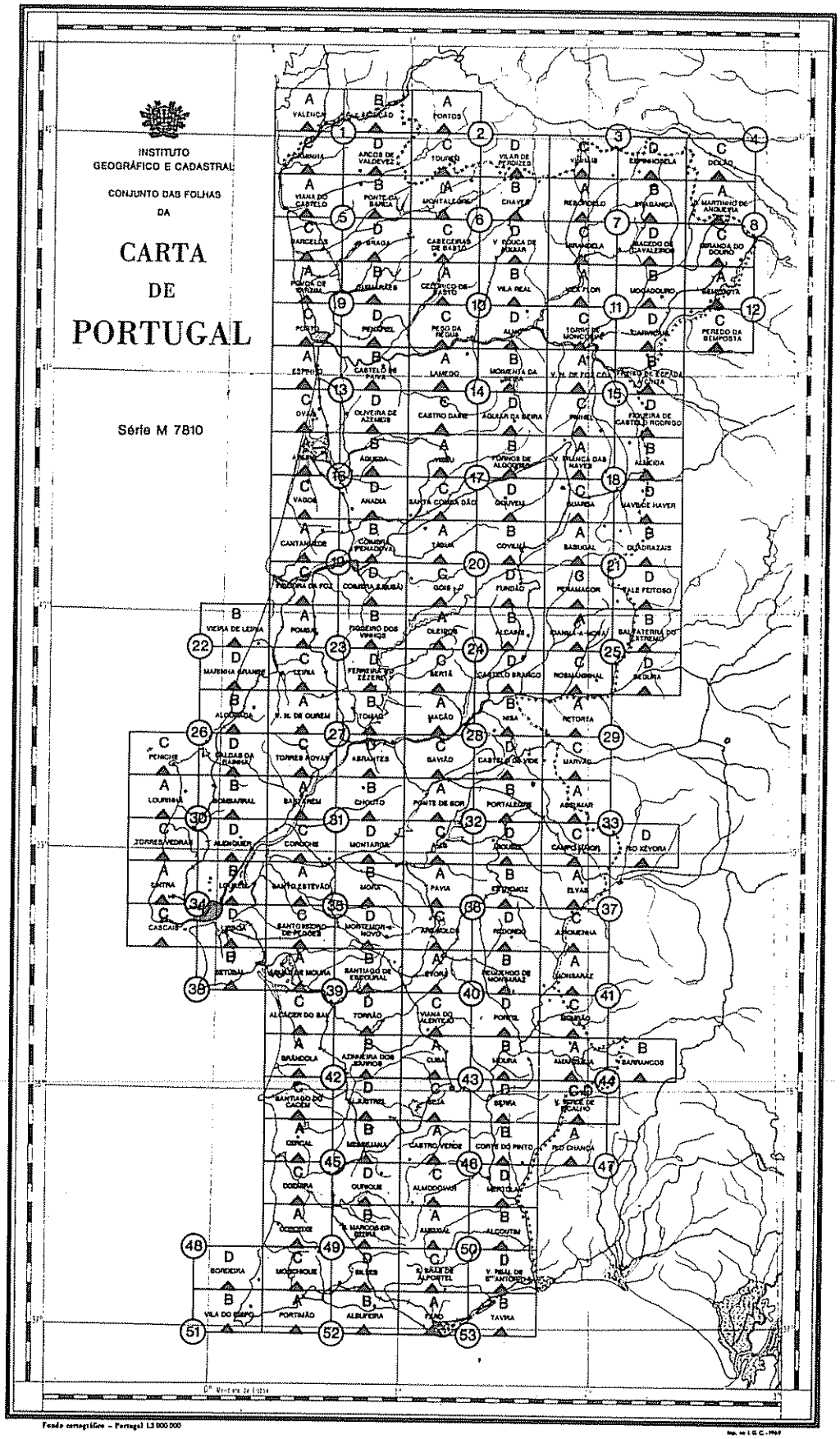


Figure 27 Portugal index sheet to the map of Portugal 1:50,000

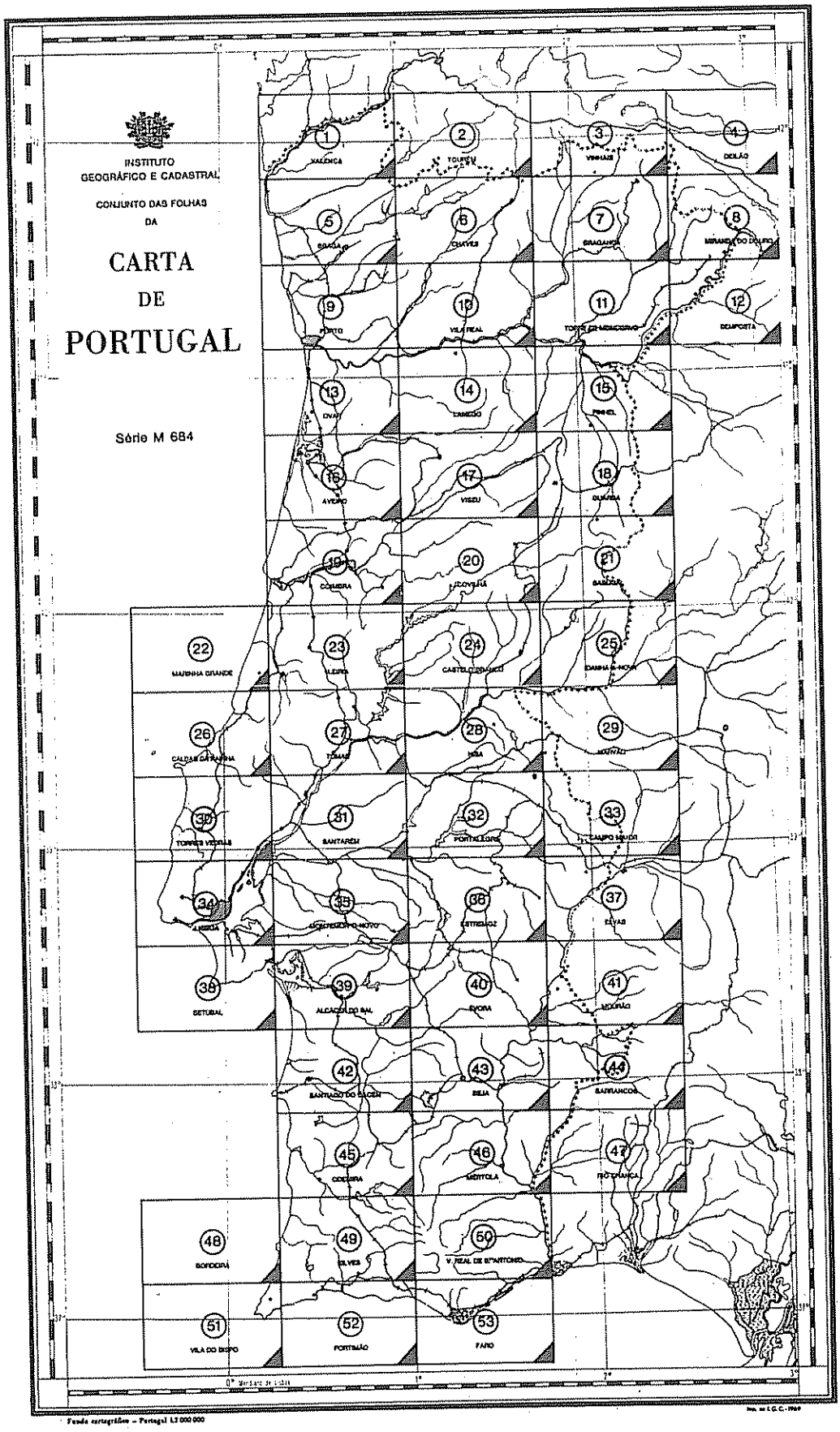


Figure 28. Portugal: index sheet to the map of Portugal 1:100,000

Some samples of ancient maps of Porto Santo and Faial islands in the scale of 1:25,000 are still available

Maps of Portugal in the scale of 1:100,000

The map of Portugal in the scale of 1:100,000 (fig 28), in colour, was initiated in 1938 by generalizing the 1:50,000 map, using the same projection system and reference ellipsoid, the correspondent section and the same tints. Contours are shown at intervals of 25 m (in mountainous regions, of 50 m).

The UTM decakilometric grid and RE-1950 geographic net are surprinted in blue

Municipal administrative divisions are shown, and the differentiation of the boundaries is based on information made available by the Institute

Ancient Map of Portugal, 1:100.000 (Black)

The first regular chorographic map of the country, surveyed from 1853 to 1892, was engraved in the scale of 1:100,000. Contours were shown at intervals of 25 m (in mountainous regions, 50 m). The map was printed in black, in 37 sheets measuring 80×50 cm. It was drawn according to the Bonne projection, with its origin at Lisbon (St. Jorge Castle), and calculated on the Ellipsoid of Puissant. Since this map is still of great interest for study and for those who appreciate the graphic arts, the sheets continue to be reprinted.

Maps in the scale of 1:200,000

A new cartographic series in the scale of 1:200,000, in seven colours, with modern design, printing, itinerary and administrative indications, was initiated in 1969. Contours are shown at intervals of 50 m and emphasized by shading.

The continent is represented on eight sheets of 80×80 cm. Multiples of the sheets in the scale 1:100,000 (sheet Nos. 5, 6, 7 and 8, covering Estremadura, Alto Alentejo, Baixo Alentejo and Algarve) are already printed.

For continental Portugal, a special version of the map has been printed. It uses colour plates for planimetry and hydrography only. It may serve various planning purposes; sketches and diagrams can be easily drawn on it.

The sheets of the oriental and central groups of Madeira and the Azores have been printed

Geographical maps

Map of Portugal in the scale of 1:400,000

This map is printed with contours at intervals of 200 m (auxiliary contours at 50-100 m), in hypsometric tints, in three sheets. It shows population aggregations down to the smallest administrative division. It is an informative map, enriched with municipal boundaries. Road classification has been updated in recent editions.

Map of Portugal in the scale of 1:500,000

In 2 sheets, with contours shown at intervals of 200 m (auxiliary contours at 50-100 m), this map, in hypsometric tints, shows hill shading, municipal boundaries and roads. Three different editions are published, with or without hill shading, hypsometry and forest green coverage.

Administrative Map of Portugal in the scale of 1:600,000

In a single sheet this map shows administrative divisions. Differentiated colours in the districts and reinforcement of the municipal boundaries are shown by inclination of the "grisés"

Hypsometric Map of Portugal in the scale of 1:600,000

This map represents relief by contours and hypsometric tints.

International Map of the World in the millionth scale (IMW)

The Institute is in charge of the production and updating of the three sheets belonging to this international series.

Map of Portugal in the scale of 1:1,000,000

This fine realization of graphic art follows the pattern of the International Map of the World, enriched with relief shadows

Map of continental Portugal and islands in the scale of 1:2,500.000

This map covers the area of continental Portugal and adjacent islands; relief is represented by contours, hill shading and hypsometric and bathymetric tints.

PHOTOGRAMMETRIC SERVICES

The Office of Photogrammetric Service is composed of two divisions: Aerotriangulation and Stereorestitution; and Orthoprojection and Plain Transformation. There is also a photographic laboratory.

Management is composed of five engineers, and the technical staff, including operators, photogrammetric assistants and photographers, numbers 62.

The Office owns the following equipment:

(*a*) Division of Aerotriangulation and Stereorestitution:

2 Zeiss Wild C7 stereoplanigraphs
3 Wild A7 autographs, one of them connected to an EK22 and the other to an EK3 co-ordinates recorder
5 Wild A8 autographs
2 Wild A5 autographs
2 Zeiss mirror stereoscopes
1 Wild Pug instrument for the transfer of points

(*b*) Division of Orthoprojection and Plain Transformation:

1 Zeiss C8 stereoplanigraph, connected to SGI analogical storage equipment
2 Zeiss stereoplotters, D2 Planimat, connected to SGI analogical storage equipment
1 GZI orthoprojector with LGI, as an off-line system
1 Zeiss, SEG V rectifier

(*c*) Photographic laboratory:

2 Wild, RC5a and RC8 aerial cameras equipped with Aviotar and Aviogon cones
Wild equipment for the developing and drying of aerial films
1 Gretag, D 300 densitometer
Gevarex, Agfa-Gevaert equipment

2 Contact printers: Zeiss Aerotopograph Kopiergerat; and Zeiss, KG 30, 24cm × 24cm

1 Durst Duomat Color amplifier for negatives, 6cm × 6cm

During the present year, this equipment will be augmented by:

1 Zeiss stereorestitutor, Planimat D2, with incremental rotative codifiers for the digitalization of the model-co-ordinates and connection to electronic registers

1 Set of incremental rotative codifiers to be adapted to one of the Wild A8 autographs

1 Contraves system for automatic cartography with interphase equipment

1 New projection table, with suction dispositive for the GZI orthoprojector

1 New projection table with suction dispositive for the SEG V rectifier

1 Logetronic dodging printer

Cadastral surveys

Cadastral plans in the scales 1:2,000 and 1:5,000 cover more than half of the continental part of Portugal and the Madeira and Azores archipelagos.

The cadastral plans are normally strictly planimetric. But the law enables Portuguese cadastral plans to have a wider usability, i.e., a general map of the country in large scale which can be utilized for educational and engineering planning purposes; therefore, our topographic-cadastral plans contain altimetric representations with contours at intervals of 5 m.

Direct reproductions of the cadastral plans can be supplied, upon request, by the owners and/or the technicians.

Plans are published in the scale 1:5,000 only in cases of special urban or tourist interest. At present, only one sheet of the city of Lisbon is published.

The cadastral plans, made in great part by methods of classic topography and photogrammetric procedures, serve as fundamental base maps, which are used by the Institute to develop the map series at smaller scales by generalization. The base will be enriched as soon as the Service can use elements from orthophotomaps.

AGENDA ITEM 7

Review of the latest techniques and recent developments related to:

(a) *Geodesy and ground control (including satellite)*

TRENDS IN GEODETIC TECHNIQUES IN THE UNITED STATES OF AMERICA*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

Au cours des 10 dernières années, les techniques géodésiques ont été marquées par un certain nombre de perfectionnements, à divers stades de développement, au service du géodésien et du topographe. Ces perfectionnements permettent naturellement à ces derniers d'accomplir des travaux exigeant un degré de précision plus élevé qu'auparavant; mais ils leur permettent aussi de le faire plus rapidement et plus économiquement puisque le coût des instruments de levé aussi bien que la rémunération des topographes ne cessent d'augmenter. Les conditions plus rigoureuses de précision accrue et d'économie imposées par les milieux civils et militaires ont conduit à perfectionner les techniques existantes et à mettre au point de nouvelles techniques. Ces techniques nouvelles ou améliorées ouvrent un vaste champ de possibilités et ont des degrés de complexité très divers, allant de systèmes tels que l'instrument de "station totale" capable de mesurer à la fois les angles et les distances pour les applications terrestres, au futur Système de positionnement global NAVSTAR qui permettra de déterminer avec précision la position et la vitesse en temps réel d'objets se déplaçant sur terre, sur mer, dans les airs ou sur orbite terrestre.

Compte tenu de tous les changements qui surviennent dans le domaine de la géodésie, il est important de rappeler que la solution des problèmes actuels continuera de dépendre dans une large mesure des techniques géodésiques traditionnelles et des résultats obtenus tant par le passé qu'à l'heure actuelle. Il conviendrait également de ne pas oublier que nombre de ces perfectionnements dans le domaine des techniques géodésiques dépendent très largement des progrès réalisés dans des domaines aussi divers que nombreux (électronique et miniaturisation des semiconducteurs, optique et laser, mathématiques et science informatique). Les techniques qui ont été mises au point pour la réalisation de levés géodésiques (établissement de canevas) et topographiques peuvent être divisées en deux principaux groupes : d'une part, les techniques terrestres et, d'autre part, les techniques spatiales. Les possibilités actuelles et futures de ces techniques sont abordées dans le document, assorties d'exemples représentatifs.

Les techniques géodésiques terrestres classiques ressortissent aux domaines suivants : mesure des angles, ou triangulation, au moyen de théodolites; mesure des distances à la chaîne d'arpenteur ou à l'aide d'autres instruments; nivellement à l'aide de niveaux et de jalons-mires; observation des étoiles au moyen de théodolites servant à

* The original text of this paper, prepared by E. H. Rutscheidt and T. A. Henning, Defense Mapping Agency, Hydrographic Topographic Center, appeared as document E/CONF.71/L.5

RESUMEN

Durante los últimos 10 años se han iniciado, continuado o aplicado una cantidad de adelantos en técnicas geodésicas para asistir al geodesta y al topógrafo. Estos adelantos naturalmente permitieron que el geodesta y el topógrafo realizaran tareas que requieren mayor exactitud que la necesaria anteriormente, pero también permitieron realizar tareas más rápida y económicamente, puesto que el costo de los instrumentos de medición y los sueldos de los agrimensores aumenta constantemente. Requisitos más estrictos de más exactitud y economía que han impuesto las comunidades civil y militar han determinado el ritmo del mejoramiento de las técnicas existentes y el desarrollo de nuevas técnicas. Estas técnicas nuevas y mejoradas abarcan un amplio espectro de capacidad y complejidad que va desde sistemas tales como el instrumento "estación total", capaz de medir ángulos y distancias para aplicaciones terrestres, al futuro Sistema Global de Determinación de la Posición NAVSTAR, que podrá determinar con exactitud la posición y velocidad en tiempo real de vehículos en tierra, en el mar, en el aire o en órbita alrededor de la Tierra.

Con todos los cambios que están ocurriendo en la esfera de la geodesia, es importante recordar que las técnicas geodésicas tradicionales y los resultados del pasado y del presente seguirán teniendo aplicaciones importantes a los problemas corrientes. También debe tenerse presente el hecho de que muchos de estos adelantos en técnicas geodésicas dependen en grado sumo de los progresos en muchas esferas diversas, tales como la electrónica y la miniaturización de estado sólido, la ingeniería óptica y de laser o la matemática y la ciencia de las computadoras. Las técnicas que se han desarrollado para realizar levantamientos geodésicos (es decir, de control) y topográficos puden dividirse en dos tipos principales: técnicas terrestres y técnicas espaciales. Se examinan aquí las capacidades actual y futura con ejemplos representativos de estas técnicas.

Tradicionalmente, las técnicas geodésicas terrestres se han ocupado de la medición de ángulos o triangulación utilizando teodolitos, las mediciones de distancias utilizando cintas u otros mecanismos, las diferencias en elevación utilizando niveles de burbuja y jalones, las observaciones estelares utilizando teodolitos para la determinación de la posición y del acimut y las mediciones de la gravedad utilizando péndulos y mecanismos de resortes

déterminer leur position et leur azimut; et mesure de la gravité à l'aide de pendules et de dynamomètres à ressort. On trouvera quelques exemples des possibilités qu'offrent les techniques géodésiques terrestres pour la mesure des distances; l'établissement de canevas astronomiques et l'utilisation de systèmes de positionnement par inertie.

La définition de points géodésiques par mesures astronomiques est désormais obtenue principalement à l'aide de satellites artificiels à orbite rapprochée. Ces satellites sont maintenant poursuivis et leur orbite calculée avec assez de précision pour que le topographe puisse, avec un récepteur Doppler adéquat, établir des positions au mètre près. En outre, le relevé des perturbations de leur orbite et l'altimétrie radar par rapport à la surface des océans en font aujourd'hui le principal moyen de déterminer les larges variations du champ de gravité. Plusieurs techniques nouvelles ont également été mises au point dans le cadre du programme spatial qui permettent de surmonter certaines limitations imposées par les systèmes classiques et de mesurer au centimètre près de longues lignes de base, la course des pôles, la rotation de la Terre, le mouvement des plaques tectoniques et autres mouvements dynamiques de faible amplitude tels que les marées terrestres et certains mouvements localisés de la croûte terrestre. La poursuite Doppler des satellites à orbite rapprochée est utilisée dans les programmes de recherche géodésique et dans les programmes opérationnels depuis 18 ans environ. Cette méthode de poursuite en tous temps permet une couverture maximale des satellites à partir d'un réseau donné de stations terriennes. Presque tous les résultats qui ont été obtenus jusqu'à maintenant l'ont été grâce au Navy Navigation Satellite System (Système à satellites pour la navigation maritime) des Etats-Unis d'Amérique.

Le succès de ce système a conduit le Ministère de la défense à envisager de mettre au point un nouveau système offrant de plus grandes possibilités ainsi qu'une plus vaste gamme d'applications. Ce nouveau système, actuellement en cours d'élaboration, a été baptisé NAVSTAR GPS (Système de positionnement global NAVSTAR) et devrait permettre une lecture continue des positions en trois dimensions, utile à la navigation aérienne et maritime, ainsi que le positionnement de points sur la terre. Le GPS est un programme commun des différents services du Ministère de la défense, placé sous l'administration de l'Armée de l'air, et le système opérationnel comprendra 24 satellites sur trois plans orbitaux à une altitude de 20 400 kilomètres, plus un secteur terrien qui assurera l'étalonnage et la surveillance du système

equilibrados. Se describen algunos ejemplos del nivel actual de capacidad en técnicas geodésicas terrestres para la medición de distancias, la medición astronómica y los sistemas inerciales de determinación de la posición.

Los satélites artificiales cercanos se han convertido en el principal medio celestial de obtener posiciones geodésicas. Sus órbitas son ahora rastreadas y calculadas con suficiente exactitud para que, con un receptor Doppler adecuado, el topógrafo pueda determinar posiciones con error menor que un metro. Además, gracias a las perturbaciones orbitales y a la altimetría de radar con la superficie del océano, los satélites se han convertido en el medio principal de determinar las variaciones amplias del campo de gravedad. El programa espacial también ha desarrollado varias nuevas técnicas que superan ciertas limitaciones de los sistemas clásicos y, por ende, suministran la posibilidad de obtener exactitud de nivel centimétrico para la medición de líneas de base largas, el movimiento polar, la rotación de la Tierra, el movimiento de los escudos y otros pequeños movimientos dinámicos tales como las mareas continentales y el movimiento cortical local. El rastreo y la medición del efecto Doppler de satélites próximos a la Tierra se han utilizado en programas de investigación geodésica y programas operacionales durante alrededor de 18 años. La posibilidad de rastrearlos en todo tipo de condiciones meteorológicas suministra máxima cobertura de satélites para una red dada de estaciones terrestres. Casi todos los resultados hasta el presente se han obtenido utilizando los sistemas de satélites de navegación de la Armada de los Estados Unidos de América

El éxito del sistema de satélites de navegación de la Armada ha conducido al Departamento de Defensa a considerar un sucesor que tendrá mayor capacidad y aplicaciones. El nuevo sistema que se está elaborando actualmente se denomina Sistema Global de Determinación de la Posición NAVSTAR y está destinado a dar una lectura continua de la posición en tres dimensiones útil para la navegación aérea, así como para la determinación de puntos sobre la superficie de la Tierra. El Sistema de Posición Global es un programa de servicio conjunto del Departamento de Defensa bajo administración de la Fuerza Aérea, y el sistema operacional consistirá en 24 satélites en tres planos orbitales a una altura de 20.400 kilómetros más un segmento terrestre que calibrará y controlará el sistema.

Introduction

During the past 10 years a number of advances in geodetic techniques have either been initiated, continued or implemented to assist the geodesist and surveyor. These advances have naturally made it possible for the geodesist and surveyor to accomplish tasks with greater accuracy than had previously been possible and to do so more rapidly and more economically. More stringent requirements for accuracy and economy, put forth by both the civilian and military communities, have kept pace with the improvement of existing techniques and the development of new techniques. These new and improved techniques span a broad spectrum of capability and complexity ranging from such systems as the "total station" instrument, capable of measuring both angles and distance for terrestrial applications, to the future NAVSTAR Global Positioning System (GPS), which will be capable of precisely determining the real-time position and velocity of vehicles on land, on sea, in the air or in earth orbit.

With all of the changes that are occurring in the field of geodesy, it is important to remember that traditional geodetic techniques and the results from both past and present will continue to have major application to current problems. Also, one should be aware of the fact that many of the advances in geodetic techniques are critically dependent on developments in many diverse fields such as electronics and solid-state miniaturization, optics and

laser engineering, or mathematics and computer science. Traditional techniques, in the context of this paper, include such things as spirit leveling for elevation; pendulums and gravity meters for the magnitude of gravity; triangulation, trilateration and traverse for direction and distance; and the directions of stars relative to a spirit level for the direction of gravity. Modern techniques include such things as electronic distance-measuring equipment, precise photogrammetric techniques, free-fall devices for ultra-precise gravity measurements, large-scale computers as well as microprocessors, radio interferometric determination of baselines, and spacecraft whose motion is carefully measured in order to infer the nature of the earth's gravity field or determine the position of the observer.

In the United States, the major goals of geodesy, as related to the land masses of the earth, to the oceans, the moon, and indeed to the planets, may be briefly stated as:

(*a*) Establishment of global three-dimensional geodetic control networks, and maintenance of those networks as a result of their time-variant nature;

(*b*) Measurement of geodynamic phenomena such as polar motion, earth tides, and tectonic plate movement;

(*c*) Determination of the planetary gravity field and its temporal variations.

These geodetic goals help to establish a fundamental foundation from which most surveying can be conducted. Four broad areas of activity may be defined within the field of surveying:

(*a*) Geodetic, or control, surveys;

(*b*) Construction, or engineering, surveys;

(*c*) Property, or cadastral, surveys;

(*d*) Topographic surveys.

Within the scope of this report, only geodetic and topographic surveys will be addressed.

Geodetic, or control, surveys include determination of the earth's size and shape; selection of co-ordinate systems; establishment of vertical and horizontal control; geodetic information collection, storage and dissemination; and research and development to assure the continued advancement of the state of the art. Topographic surveying utilizes the synergistic effects of such varied disciplines as conventional field techniques, remote-sensing techniques and photogrammetry to provide the basic information required for preparation of maps and charts. Within the United States, these efforts are addressed at the national level by such federal agencies as the Defense Mapping Agency (DMA), the United States Geological Survey (USGS) and the National Ocean Survey (NOS). Most states and many counties and municipalities have their own mapping organizations which prepare and maintain all types of maps.

The techniques which have been developed to accomplish geodetic (i.e., control) and topographic surveys may be divided into two main types—terrestrial techniques and space techniques. The present and future capabilities of these techniques, with representative examples, are discussed below.

Terrestrial Geodetic Techniques

Traditionally, terrestrial geodetic techniques have been concerned with angle measurements, or triangulation, using theodolites; distance measurements using tapes or other devices; differences in elevation by spirit levels and rods; star observations using theodolites for position and azimuth determination; and gravity measurements using pendulums and spring-balance devices. Some examples of the current level of capability in terrestrial geodetic techniques are described below for distance measurement, astronomic measurement and finally inertial positioning systems.

Distance measurement

Over the past two decades, the technology involved in distance measurement has continued to evolve to the point where the state of the art today is based on the principle that when electro-magnetic waves (i.e., visible laser, infra-red, and microwave) are transmitted from an instrument to a reflector and back to the instrument, the transit time can be determined and the distance thus defined. This is a significant change of capability from the days of staking a line of 50-m intervals and then measuring it precisely with invar wires or tapes. Today, there are on the commercial market more than 30 distance-measurement instruments, with a tremendous span of capabilities available to meet the needs of the user community, from the construction engineer laying out a building to the geodetic surveyor running traverse lines across continents. More recent evaluation of this technology has led to the combining of several instruments to provide multiple functions for static measurements and even systems for dynamic position determinations.

Rangemaster II

The Rangemaster II, an electronic distance-measuring device, is representative of the current capability in the area of long-range measurements. This tripod-mounted instrument, weighing only 40 pounds, has a range of up to 60 km with a manufacturer-stated accuracy of ± 5 mm $+ 1$ part per million of the distance. It uses a phase-comparison technique for range determination, which utilizes a continuous wave, helium-neon laser light source with a maximum output of 2.2 mw. The instrument is simple to operate. The measured distance in either feet or metres is automatically displayed on an eight-digit gas discharge display and can also be output to a printer. Only about 10 seconds are required to accomplish a distance measurement. This instrument is currently being used for precise traverse and trilateration in support of geodetic survey programs. Testing of the instrument has verified the manufacturer-stated accuracy.

Terrameter

Uncertainties caused by changes in the refractive index at points along the ray path are the primary factor limiting the accuracy of long-range measurements. One possible solution to this problem is an instrument called the Terrameter, which is nearing the end of development; the testing of a prototype has been completed. The instrument utilizes two optical wavelengths and one microwave wavelength to resolve the refractive index over the entire path being measured. The principle of operation relies on the fact that the two optical wavelengths propagate over the path at slightly different velocities, and the microwave signal is used to determine the average water-vapour density along the path. It should be noted that the microwave channel is provided by a Tellometer CA-1000 interfaced

with the main instrument. The advantage of this instrument is that it virtually eliminates the effects of atmospheric conditions on the distance measurement, thus achieving an order-of-magnitude increase in accuracy over single wavelength instruments

Results of testing the prototype indicate that a precision of 1 part in 10 million, or ±0.1 mm—whichever is greater—can be achieved over a range of 1-15 km. The instrument will be used by DMA to obtain the required accuracy for test tracks at Holloman AFB, New Mexico, and China Lake, California, for research and development at the national test ranges operated by the Department of Defense.

Total Station Instrument

One of the most recent developments in short-range electronic distance-measuring devices is the combined-function Hewlett-Packard model 3820A Electronic Total Station Instrument, which is capable of measuring both distances and directions

This particular infrared instrument has a ranging capability of up to 5 km with a manufacturer-stated accuracy of ±5 mm +5 parts per million of the distance. The light source is a solid-state Gallium-Arsenic diode with a nominal wavelength of 830 nanometers. Direction measurements have a resolution of 1 second with a manufacturer-stated accuracy of ±2 seconds for horizontal directions and ±4 seconds for zenith angles based on readings with the telescope in direct and reverse positions. The system has the ability to automatically compensate for mis-level of the instrument by a dual-axis, liquid surface reflection sensor. The instrument also has a microprocessor which computes, on request, the horizontal distance and the difference in elevation between the instrument and the target, based on the measured slope distance and zenith angle.

The Total Station Instrument can be used for azimuth and distance ties to secondary control points for lower-order triangulation and trilateration. The advantages of the instrument are the speed and the simplicity of operation, which makes its use in support of military operations such as artillery surveys ideal. A further advantage of the instrument is the availability of an optional data recorder which eliminates physical recording of the readings.

Astronomic Azimuths and Positioning

Advances in technology have started to have an impact on the technique of establishing astronomic positions and azimuths. New timing equipment has already been developed and is currently in use. Other developments are in progress for the purpose of minimizing atmospheric effects, eliminating the "personal equation" and automation and decreasing the time required for the computations. To support the testing of defense systems, particularly inertial systems, increased accuracy is needed.

Automated Azimuth Measurement System

An Automated Azimuth Measurement System is currently being developed in the United States to satisfy requirements for highly precise azimuths, and the system represents the state of the art for highly accurate, all-weather, automatic azimuth measurement. The system consists of the following major components: two integrated inertial sensors; an angle transfer system; a tiltmeter array; and an LSI-11 microprocessor.

Traditionally, stellar observations have been used to determine azimuth; however, for certain applications the method can have drawbacks such as:

(*a*) Requiring observations over a period of months or even years to establish an accurate data base;

(*b*) Dependence on prevailing weather conditions;

(*c*) Reducing field data and correcting for such effects as polar motion;

(*d*) Uncertain influence due to atmospheric refraction

Although inertial azimuth systems are not affected by many of the things that influence the traditional methods, they are not without some disadvantages, since most of them cannot distinguish between sensing earth rate and rates that are sensed owing to tilt motions. This system has attempted to minimize that deficiency by incorporating tilt meters, which are used to determine corrections which can be applied by the microprocessor.

Extensive laboratory and field testing has determined that the system accuracy yields a standard deviation for a single azimuth determination of approximately 2.1 arc seconds and a standard error of the mean of 0.6 arc seconds.

Continued improvement of the accuracy and automation of this system is planned and will address the following problem areas:

(*a*) Replacement of noisy electronics with precision linear power packs;

(*b*) Improved optics;

(*c*) Application of advanced hardware and techniques for the tiltmeters;

(*d*) Utilization of the latest microprocessor technology to improve signal processing and the degree of automation.

Astronomic position determination

Over the past 20 years a number of attempts have been made to develop automatic astronomic position-determination instruments. Efforts have also been made to improve the accuracy of astronomic positions. Efforts are currently under way to improve the accuracy of astronomic position determinations made with the reliable conventional instrument, the Wild T-4 Universal Theodolite. Two studies are currently under way, including the development of a two-colour refractometer and the development of an impersonal eyepiece. The ultimate objective is the determination of an astronomical position with an accuracy of 0.1 arc second, or—better—for a single observation utilizing a portable field instrument.

Impersonal eyepiece

Conventional astronomic positioning utilizes a variety of telescopes and theodolites with the human eye as the sensor in a system that relies on the reaction time of the observer (usually in excess of one hundredth of a second) to track a star with a drum micrometer. Various attempts have been made in the past to either minimize the effect of the observer's error (i.e., motor-driven micrometers), or to eliminate the observer completely (i.e., the Automated Astronomic Positioning System). Recent developments and refinements in the technology for fabrication of sizable

arrays of photosensitive transducers (i.e., photo diodes, charge injection devices, charge coupled devices) have created an opportunity for new attempts to eliminate the observer's error completely.

In an experimental demonstration-of-concept effort, completed by the United States Army Engineer Topographic Laboratories (USAETL), the eyepiece of a Wild T-4 Theodolite was modified so that a self-scanning photodiode array with 50 × 50 elements replaced the manual micrometer. The associated electronics and signal processing system had the ability to determine the position of the leading edge of the star image as it moved across the array.

Very limited field observations indicated that the system could detect stars as faint as +3.5 magnitude, but easily added cooling of the array could extend this to +7 magnitude. Aside from the cooling improvement, utilization of larger arrays (i.e., 512×320 etc.) and utilization of arrays which allow an element-by-element rather than raw-by-raw mode of operation are technologically feasible today and should improve system performance. Research and development efforts are continuing.

Two-colour refractometer

The development of the two-colour refractometer involves the design, fabrication and testing of a two-colour sensor system. This will be followed by a programme to measure the value of atmospheric refraction as it affects the measurement of the absolute position of a star with respect to local gravity. The objective is to determine the power spectral density of anomalous refraction—i.e., the difference between the value of the measured refraction and the standard values from refractive tables, using local refractivity. The data will permit a direct evaluation of the expected effort of the experimentally determined anomalous refraction on measurements conducted with an absolute accuracy of systems which use arrays to replace the observer, or which use apparent stellar rates to obtain astronomical position. The combination of the anomalous refraction measurements, made under a variety of atmospheric conditions, with an analytic treatment of the atmospheric effect may make it possible to extrapolate those data to sites other than the ones used in the tests.

Polar motion and rotation

Precise geodetic measurements involving celestial reference, or the space surrounding the earth, are affected by variations in polar motion and rotation, and corrections for the variations may be introduced. As early as 1892 the International Association of Geodesy (IAG) set up a programme for monitoring variations in latitude. Later a programme was set up to measure variations in the time of rotation. More than 50 astronomical observatories participated in the programme, which have been monitored by the International Astronomical Union (IAU) and the IAG. The services of data acquisition, analysis, dissemination etc., have been performed by the International Polar Motion Service, which includes the International Latitude Service and the Bureau international de l'heure (BIH). The instruments used by those observatories have been improved over the years. The data collected and reduced are now being supplemented on a regular basis by data which are derived from the Doppler tracking of satellites. These valuable data are obtained from the computation of the precise orbits of the Navy Navigation Satellites and are used by BIH. In this era of space technology, it seems likely that laser-ranging and long-baseline-interferometry measurement will soon replace conventional techniques for determining the earth's rotation and polar motion. The current accuracy of results given by the international services is insufficient for use in studies of world-wide plate tectonic motions and large-scale distortions within plates with mobile stations. Studies for utilizing the laser-ranging and the long-baseline-interferometry measurements have been initiated in the United States by NOS, the National Aeronautics and Space Administration (NASA), and the United States Naval Observatory.

Inertial Positioning System (IPS)

During the past 20 years great strides have taken place in inertial navigation system technology. Inertial systems used for aircraft navigation have been refined and modified to produce a surveying tool which is versatile and cost-effective for many applications. Its utility has been demonstrated for densifying horizontal and vertical survey control between existing control points established either by conventional means or by Doppler point-positioning. Operational systems have been built by Litton Systems Inc., and by Honeywell Inc. They can be mounted in a jeep, helicopter or similar vehicle. The cost of the equipment is currently about one half million dollars or more per unit. Highly skilled operators and maintenance personnel are essential to the success of this highly complex equipment. When surveys are properly planned and the equipment operated according to carefully developed specifications, its productivity is such that it can out-produce conventional survey methods.

The basic unit consists of an inertial measuring unit, a data processing unit, a power supply unit, a control and display unit, and a data storage unit. The control and display unit is located next to the driver's/pilot's seat, for easy access while the system is being operated. The inertial measuring unit contains two air-bearing gyroscopes and three accelerometers mounted orthogonally to measure acceleration during the north, east and vertical axes. A computer monitors the accelerations in the horizontal channels, which are integrated by time to give the distance travelled in the particular direction. In establishing positions with the system, an elevation and position update is performed at the traverse starting point, at which time the known co-ordinates of the point are entered into the system. The system is transported over the traverse course, stopping at intervals for zero velocity updates and stopping to perform point position determinations where required; the closure error is computed and the traverse adjusted. All data are recorded on a magnetic cassette.

Extensive field-testing performed by the Bureau of Land Management, the Geodetic Survey of Canada, and DMA have resulted in the development of accurate, effective, and practical field-operating procedures that have yielded an accuracy of ±0.5 m, 1 sigma for each component on reasonably straight lines with control points no more than 50 km apart. Azimuths determined by the north-seeking gyros can be transferred to a terrestrial target with an accuracy of ±20 arc seconds, 1 sigma. The use of the IPS for determination of relative gravity and deflection of the vertical are currently in the developmental stage. Gravity determinations from 20 test traverses show a system accuracy of 1.5 to 2.0 mgals, with the ex-

ception of several lines influenced by heading sensitivity problems. The accuracy of deflection determinations are generally less than 1.5 arc seconds in the meridional and prime-vertical components for missions of 2 hours or less. Results of 22 test traverses have shown an accuracy of ±1."3 in the north/south component and ±0."8 east/west component where the average traverse is 40 to 50 km in length. Larger errors were associated with traverses over 80 km in length with mission times greater than 3.5 hours.

A general problem with inertial systems is that to obtain optimum accuracy the system must be employed in a fairly straight line-measurement procedure. The GEO-SPIN may minimize this problem. The Honeywell GEO-SPIN system was delivered to DMA in late April 1979, and tests and evaluation were to be completed by late 1979.

The high accuracy and stability of the Electrically Suspended Gyro Inertial systems such as GEO-SPIN, combined with the low noise content of their inertial sensors (1-3 cm of position uncertainty), offer major benefits to precision land survey. Current projections for GEO-SPIN measurement accuracies include 10 to 15 cm, rms, for position, 1 to 2 mgals for gravity anomaly, and 0.5 to 1.0 arc seconds, rms, for deflections of the vertical.

Land survey applications during the 1980s are expected to include at least the following:

(*a*) Geodetic control (first and second order);

(*b*) Detail surveys;

(*c*) Urban densification (to accuracies of 8-10 cm, rms, with 800-m monument spacing);

(*d*) Ground control for aerial surveys;

(*e*) Pipeline and transmission line survey;

(*f*) Oil, gas and coal exploration;

(*g*) Horizontal and vertical profile mapping;

(*h*) Cadastral survey;

(*i*) Relative gravity mapping.

Users will include military organizations, other governmental agencies, and commercial surveying companies. World-wide use of this capability has already begun.

Space Techniques

Close artificial satellites have become the principal celestial means of obtaining geodetic positions. Their orbits are now tracked and calculated so accurately that, with an appropriate Doppler receiver, the surveyor can recover positions accurate to about 1 m. In addition, through orbital perturbations and radar altimetry to the ocean surface, satellites have become the principal means of determining broad variations in the gravity field. The space programme has developed several new techniques which overcome certain limitations of the classical systems and thereby have the potential of centimeter-level accuracy for the measurement of long baselines, polar motion, earth rotation, plate motions, and other small dynamic motions such as solid earth tides and local crustal motions. Two of these new techniques include accurate laser tracking both to artificial satellites and to reflectors on the moon and a technique involving the radio interferometric tracking of natural astronomical sources called quasars and radio signals from satellites.

The original tracking techniques for geodetic purposes were cameras and radio Doppler tracking. Radio ranging was also developed for geodetic purposes in the early 1960s. These systems obtained global networks of positions with about 5-m accuracy by the early 1970s. Cameras had a fundamental limitation in that they depended on accurate positions of stars in the background of the satellite to obtain directions. This technique has now been superseded for geodetic purposes by laser ranging.

Doppler tracking of near-earth satellites has been utilized in geodetic research programmes and operational programs for about 18 years. Its all-weather tracking capability provides maximum satellite coverage for a given network of ground stations. Almost all of the results thus far have been obtained using the United States Navy Navigation Satellite Systems (NNSS).

Satellite Doppler positioning

The Applied Physics Laboratory (APL), Johns Hopkins University, and the Naval Surface Weapons Center (NSWC) at Dahlgren, Virginia, have pioneered the major developments in NNSS (also called the TRANSIT system), but public and private institutions world-wide have had access to the system and have contributed to its success.

The Department of Defense conducted a test programme in late 1971 by comparing relative positions of fixed sites derived from Doppler measurements with positions along the precise geodimetre traverse in the United States which had been established by the National Geodetic Survey (NGS). The comparison yielded rms differences of 1 m in each position component for sites in the eastern half of the United States and about 3 m for the western sites. These results led to the adoption by DMA of the Doppler system as its primary geodetic satellite ground positioning system. It has proven to be the most effective system for accurate and efficient determination of both relative and absolute geodetic positions. The DMA Doppler system is currently being used to support all mapping, charting and geodesy programmes for the Department of Defense and is also being used by a number of United States civilian agencies, such as NGS, USGS, and the Bureau of Land Management (BLM), as the primary geodetic satellite positioning system. The Doppler system as currently used in the United States for precise point-positioning consists of a tracking network (TRANET) for continuous world-wide observation of selected satellites from the NNSS and small quick response and short-term field survey teams deployed with portable Doppler instrumentation for the collection of tracking data from selected satellites and finally the combination of the precise satellite post processed ephemeris from TRANET data and the portable receiver tracking data for the computation of precise point positions.

A number of activities are currently being studied to increase the flexibility and accuracy of the Doppler system. These include the replacement of the current TRANET equipment with state-of-the-art equipment, improvements in reduction software, the study of atmospheric effects, and the evaluation of the ephemeris broadcast by the satellite—i.e., the "broadcast" ephemeris. All of these areas were discussed in great detail recently at the Second International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, held at Austin, Texas. They will be briefly discussed in this paper.

The Physical Science Laboratory (PSL) at New Mexico State University is currently building, under contract to DMA, new satellite tracking equipment. The present equipment is approaching 17 years of continuous service, with a corresponding increase in failure rate and decrease in parts-availability. The new equipment, called TRANET II, includes 10 stations which will replace 10 of the 15 operational TRANET stations of the network starting in early 1979 and ending in late 1979 when the fabrication of all equipment has been completed and is operational. Each of the 10 new stations will be equipped with a rubidium frequency standard to insure that high-quality data is recorded at all times. The new station will be capable of tracking the TRANSIT satellites and the geodetic satellites such as GEOS-3 simultaneously. A number of improvements are incorporated in the equipment including microprocessor, the storage of data on a floppy disk, improved diagnostics during each pass as well as automatic self-test features. In summary, the TRANET II station will provide more reliable data more efficiently with only two persons manning each station.

The point positioning programme DOPPLR was developed by DMA during the early 1970s as part of the effort by the geodetic community to achieve station point position solutions of geodetic quality from the Doppler tracking of the NNS using the then newly developed GEOCEIVER. Extensive testing of the programme occurred during testing of the GEOCEIVER and the programme was later furnished to NGS where additional modifications were made and incorporated. The programme was also furnished to several countries possessing Doppler receivers in South America. The DOPPLR software was re-examined beginning in 1977 for several reasons. First, since sub-metre accuracy was not a specific goal at the time the programme was written—as it is now—it was possible that submetre biases and sources of noise in the software existed and would be of concern. Secondly, multistation reduction techniques (simultaneous point positioning, translocation and short arc) have been shown to be superior to single-point positions when maximum relative accuracy is required. Personnel from DMA, APL, and NGS have made a concerted effort to examine and update, if necessary, the techniques used in the programme.

The use of satellites for geodesy as well as navigation requires a knowledge of the satellite position, the observed Doppler curve, and the effects of the medium through which the radio waves pass. It is the latter which is being studied by the Applied Research Laboratory (ARL), at the University of Texas. The study has employed simulated NNS passes observed at a number of ground stations to determine the relationship between the ionospheric range error and the residual range error (RRE), which is based on the relationship between the RRE and the first-order range error. This approach is being used by ARL because the ionosphere is extremely variable from day to day. The first-order term is a real time measure of the state of the ionosphere and can account for the variation.

It has been obvious for some time that there are systematic differences in geodetic point positioning using the "broadcast" ephemeris versus the DMA "precise" ephemeris. Doppler data reduced both ways have clearly demonstrated the differences, and the reason for them should be understood by the geodetic surveying community. A two-part study of the differences between the "broadcast" ephemeris and the "precise" ephemeris was recently conducted jointly by APL and DMA. Part one of the study consisted of a careful comparison of the software used to produce the two ephemerides, with the aim of ferreting out incompatibilities, which can produce systematic differences in point positioning. In the second part of the study, a world-wide distribution of surveyed sites is used to compare the geocentric point positions obtained from the two different ephemeris types.

Changes to the software by either DMA or the Navy Astronautics Group (NAG) are expected to be accomplished during 1979. The adoption of these changes by DMA and NAG will be of considerable interest to the Doppler positioning community since the result will lead to compatibility between the broadcast and precise ephemerides. The changes to be adopted to obtain consistency include use of same-gravity coefficients, station coordinates, GM value, tidal parameters and the speed of light. In addition, both systems should use the satellite electrical centre rather than the centre of mass, correction for UTC-UT1 should be added, the orbit should be refit twice per day, NAG should implement the polar motion fitting programme and use two-day arc for orbit fit and, finally, DMA should implement the Jacchia density model for air drag.

In view of the continued progress in the development of the NAVSTAR GPS the obvious question raised by the navigation and Doppler surveying community is: What is the status and future of the Navy Navigation Satellite System?

Several years ago the Navy undertook a programme called the Transit Improvement Program (TIP) to enhance and improve certain features of the system. TIP consisted of a number of developmental satellites, and the design is in production for future operational use. The design is called NOVA and the first NOVA satellite is scheduled for launch in January 1980, with the second NOVA scheduled for launch six months later. The NOVA satellites contain a number of improved features, including drag compensation, improved time/frequency control and programmable on-board computers. The user will not be able to distinguish between the current OSCAR satellites and the NOVAs, except for the 3 to 4 db signal enhancement from the improved antenna and transmitters. Plans call for the maintenance of a mixed constellation of NOVAs and OSCARs until the implementation of a better system—namely, the GPS. The Department of Defense has structured a programme to validate performance of GPS for its strategic programme purposes and to maintain and support TRANSIT until 1990 (and beyond, if necessary) while developing and installing GPS equipment.

Comparisons of space systems

Extensive investigations have been carried out since about 1974 to compare Doppler positional information with external standards. The external standards included precise baseline traverses and measurements by extraterrestrial geodetic systems, including mobile and fixed Very Long Baseline Interferometry (VLBI), Lunar Laser Ranging (LLR) and Satellite Laser Ranging (SLR). Additionally, Doppler results have been compared with Deep Space Network (DSN) measurements.

These investigations have been conducted with two objectives in mind. First, Doppler positional information will play an important role in establishing and defining the overall scale of the co-ordinate system for the redefinition of the North American Datum (NAD). The accuracy of the Doppler positional information had to be validated; the Doppler results had to be put into the proper co-ordinate system; and the proper scale had to be defined. Secondly, there is a question of comparing extraterrestrial geodetic techniques, to demonstrate system capability for precise geodetic measurements, to define co-ordinate system differences, and establish a "benchmark" for future validation experiments involving existing systems and proposed use of the GPS.

As a step towards accomplishing these objectives, a special co-operative project involving NGS, NASA's Goddard Space Flight Center (GSFC) and the Jet Propulsion Laboratory (JPL) with DMA support was carried out in 1978. The project has been referred to as the Space Systems Validation Project and included the collocation of Doppler, VLBI (from both JPL and GSFC), LLR, and Satellite Laser Ranging systems.

Based on the results of the Validation Project, precise Doppler point positions from data sets of 200 or more passes were derived with a precision of ±20–30 cm. In addition, the known scale bias of −0.4 ppm to the 0.1 ppm level was verified, and it also seems possible that orientation of Doppler positional information at the 0.01 arc second level and scale accurate to 0.05 ppm can be achieved. Follow-on experiments are under way or are planned.

Satellite-to-satellite tracking

Another technique which has promise for the application of satellites to geodetic problems is the concept of satellite-to-satellite tracking. In this technique, one or more satellites that are assumed to have well-defined positions are used to track (i.e., determine the location of) a satellite of unknown position. This concept was tested in 1975, utilizing the synchronous altitude ATS-6 satellite at 35,786 km to track the low-altitude GEOS-3 satellite at 843 km.

The GPS, which will be described below, will also be utilized for the purpose of satellite-to-satellite tracking. There are plans to put a GPSPAC, the hardware system required to utilize GPS for satellite-to-satellite tracking, on the LANDSAT-D, which is scheduled for launch in 1981.

Satellite-to-satellite tracking has been shown through studies to have several MC&G applications. Since the range and range-rate data can be used to provide an almost instantaneous determination of the position and velocity vectors of the satellite being tracked, one is able to derive items of MC&G interest. For example, the position velocity vectors can be used in the integration of the total energy, which may allow the gravity parameters in the potential to be recovered directly, without requiring the use of the orbital mechanics for the satellite being tracked and also without having to use existing gravitational models, which may be incomplete. Also, the satellite-to-satellite concept will provide a means of increasing accuracy in tracking. It also means fewer ground-based tracking stations, which are subject to limitations as to where they can be placed, are influenced at some finite level of accuracy by atmospheric (i.e., ionospheric and tropospheric) effects and present all types of logistical challenges if they are to operate on a continuing basis.

In summary, the satellite-to-satellite concept is another of the technologies which is in the early stages of development but which promises to develop into a useful tool for MC&G applications.

Future Techniques

The new adjustment of the NAD 1983 has been widely publicized and described in some detail in recent literature. The new adjustment by NGS will span the United States, Canada, Greenland, Mexico and the republics of Central America. Early in the decision-making process, consideration was given to the choice of datums, and it was determined that a geocentric datum—that is, one whose centre closely coincides with the centre of mass of the earth—would be desirable, considering the total spectrum of users of the final geodetic product. This decision will obviously have an impact on the surveyor. To facilitate readjustment, the unprecedented task of establishing a data base containing approximately 250,000 control stations as well as 2,500,000 observations in computer-readable form has been undertaken by NGS. The readjustment of the geodetic control, followed by the development of a precise geoid of North America, will provide valuable data for NAVSTAR GPS applications in North America. The North American geoid will contain the Doppler positions, astrogeodetic deflections, surface gravity, and the latest earth gravity model (GEM-12). The accuracy of this new geoid should be 2 m or better.

The availability of the readjustment of control data for NAD based heavily on Doppler positions and a geocentric datum together with the development of the precise geoid will facilitate the use of GPS in North America. Co-ordinates obtained from GPS observations will be referred to the WGS ellipsoid. The observed co-ordinates will require transformation to the local system (NAD 83) and precise geoid information will be required to refer the GPS derived co-ordinates to sea-level elevations. If a small minicomputer is available with the associated GPS equipment, the surveyor or geodesist can store at least parts of the geoid in the minicomputer in the form of a polynomial and perform the transformation and reduction to sea level in almost real time.

Future impact of the NAD 1983 adjustment on the geodetic and surveying community

One of the major scientific achievements of its day was the NAD 1927 with which the United States Coast and Geodetic Survey undertook the adjustment of co-ordinates of points in the 48 contiguous states and parts of Canada and put them into a single system with a relatively high degree of internal consistency. The quality of this work has been verified by satellite methods by determining chord lengths. Satellite methods have also made it apparent that the data which has been utilized for so long will no longer suffice. Fifty years of newer, more precise survey data, along with satellite data, are now available for use in new adjustments.

Present plans call for those adjustments to be completed in late 1982 and published in 1983. They will include all orders of geodetic control from the United States, Canada, Greenland, Mexico and the republics of

Central America, which should total about 2-1/2 million observations. With such a massive amount of data, it was necessary to utilize innovative approaches to the data processing, including doing some adjustments on a "field-project-by-field-project" basis, partially reducing the normal equations of nearly 200 blocks by eliminating unknowns with fully formed coefficients, and utilizing a back substitution procedure to solve the entire system. Also, research has indicated that modeling of the geoid will allow deflections of the vertical to be predicted accurately enough to allow them to be used to apply corrections in an expeditious manner.

The concept for the new adjustments calls for a geocentric datum or one which is centred on the centre of mass of the earth. This concept presents several significant changes which surveyors must adjust to:

(*a*) Control surveyors will have to reduce measured distances through a longer distance than if a NAD were chosen. This correction would be less than or equal to 60 m, or approximately 10 ppm.

(*b*) Co-ordinates will be grossly different, with a geocentric datum and "unfamiliar" to the users.

However, if one defines a land surveyor as one whose activities are limited to property surveys using metres and bounds, these changes will not affect him at all.

Very Long Baseline Interferometry

In 1974 another geodetic tool was devised when radio signals began to be used to determine the distances between quasars on the basis of signals received from two separate antennas. This effort, called ARIES for Astronomical Radio Interferometric Earth Surveying, is different from most conventional field methods because it has an all-weather capability and can measure intercontinental distances. For east/west distances of 500 km the system has shown an ability to determine chord distances within several centimetres.

A more recent concept of an interferometric technique calls for the use of signals from the NAVSTAR/GPS satellites in place of the signals from the quasars, which are much farther away and about 100,000 times weaker. Because of the much greater signal strength of the GPS satellites, much smaller and more portable antennas can be utilized in SERIES, or Satellite Emission Radio Interferometric Earth Surveying concept. Instead of needing a dish antenna more than 20 m in diameter, SERIES will use highly portable active arrays which can be trailer mounted.

NAVSTAR GPS

The success of the TRANSIT Satellite Navigation System has led the Department of Defense to consider a successor with greater capability and wider application. A new system now under development is called NAVSTAR GPS. It is designed for continuous position readout in three dimensions, which is useful for aircraft/shipboard navigation and for positioning points on the earth. GPS is a service program under Air Force management. The operational system will consist of 24 satellites in three orbital planes at an altitude of 20,400 km and a ground segment which will calibrate and control the system.

At present GPS is in the Phase I, or concept validation stage, and activities include the testing of several types of equipment. A Mobile Test Van (MTV) has been fabricated. It houses a GPS x-type receiver which has the capability to collect data from four satellites simultaneously. It is designed to be more accurate than the y-type, which observes multiple satellites one at a time in sequence, or the z-type, which can receive only a single channel. In contrast to the above-mentioned receiver types, which are based on the pseudo-range technique, there is another vehicle-mounted receiver which was sponsored by DMA and which operates on the Doppler principle in a manner similar to present DMA-utilized positioning systems such as the GEOCEIVER and JMR-1. Extensive testing is planned for these two systems and possibly others, since they concurrently occupy several sites in the United States and elsewhere.

The technology of GPS when fully operational and accompanied by the full system of 24 satellites is expected to produce navigational accuracies on the order of 10 to 15 m and to require less than one second to produce such results. It also appears possible that specially designed equipment may be able to achieve accuracies that are comparable to those expected with VLBI (i.e., several centimetres) for differential measurements over a few hundred kilometres.

There is no doubt, even at this early phase in its development, that GPS, on the basis of existing technology alone, will have a revolutionary impact on the entire geodetic and cartographic community. However, there are many issues needing verification in the future with regard to the utilization of GPS. What accuracies are attainable with standard navigational receivers using optimized ephemerides? Must navigational receivers be modified in order to obtain mapping control accuracies of approximately 1 m? Is the addition of laser retroreflectors aboard GPS satellites either feasible or desirable? Can the navigational Doppler transmitter be utilized to obtain geodetic accuracies of less than 10 cm?

References

Allen, W. A. and Pi-Fuay Chen. Automated astronomic position determination using self-scanned optical sensor array. Proceedings of the American Congress on Surveying and Mapping, Washington, D.C., 27 February-5 March 1977.

Beers, L. D. and E. W. Finnegan. Future of satellite geodesy in mapping, charting and geodesy applications. First United Nations Regional Cartographic Conference for the Americas, Panama, 8-19 March 1976, vol. II, Technical Papers (United Nations publication, Sales No. E/F/S.79.I.14).

Boosler, J. D. The new adjustment of the North American horizontal datum, *EOS* 57 No. 8 (August 1976).

Brunswick, C. Doppler data receivers. Paper presented to the Inter American Geodetic Survey Technology Exchange Week, Panama, 14-19 May 1979.

Currie, D. G. Proposal for the study of two-color absolute astrometry. University of Maryland, College Park, Maryland, November 1976.

Geodesy: trends and prospects. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 1978.

Hadfield, M. J. Location, navigation and survey-adaptability of high precision ESG inertial systems in the 1980s. Paper presented to the Position Location and Navigation Symposium, San Diego, California, 6-9 November 1978.

Mancini, A. Inertial geodesy—results and applications. Paper presented at the Ninth Brazilian Congress for Cartography, Curitiba-Parana, Brazil, 4-9 February 1979.

Proceedings of the First International Symposium on Inertial Technology for Surveying and Geodesy, Ottawa, 12-14 October 1977.

Proceedings of the Second International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, Austin, Texas, 22-26 January 1979.

Rutscheidt, E. H. Future of satellite geodesy systems. Paper presented at the Fifteenth International Congress of Surveyors, Stockholm, 6-14 June 1977

Sharp, C. B. Surveying and geodesy overview. Paper presented to the Inter American Geodetic Survey Technology Exchange Week, Panama, 14-19 May 1979

Vonbun, F. O. and P. D. Argentiero. Orbit determination accuracies using satellite-to-satellite tracking. Paper presented to the Position Location and Navigation Symposium, San Diego, California, 6-9 November 1978

West, S. A unique system of earth surveying might make unexpected use of defense satellites. *Science News* 115.

NATIONAL GEODETIC CONTROL DIAGRAMS—PAST, PRESENT AND FUTURE*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

On trouvera dans le document une description des activités passées, présentes et futures concernant le développement des canevas géodésiques. Le premier canevas géodésique était un projet de croquis des travaux réalisés sur le terrain à New York en 1816-1817. Depuis ces lointains débuts jusqu'à l'achèvement en 1927 du "North American Datum" (NAD) [Niveau de référence pour l'Amérique du Nord] et en 1929 du "National Geodetic Vertical Datum" (NGVD) [Niveau de référence vertical géodésique national], les canevas se sont présentés dans les rapports définitifs de levés, soit comme des projets de croquis, soit sous la forme d'ensembles de réseaux. Dans les années 30, les canevas géodésiques ont été abondamment diffusés afin de permettre aux utilisateurs de choisir des stations spécifiques du NAD de 1927 et du NGVD de 1929 et de prévoir des levés futurs. On s'attend, avec l'achèvement du nouveau NAD en 1983 et de nouveau NGVD en 1985 et étant donné le nombre croissant d'activités de levé qui sont entreprises, à une demande accrue de canevas géodésigues. Afin de satisfaire à cette demande, le National Ocean Survey (Service océanographique national) sera équipé d'un système de cartographie informatisé.

RESUMEN

Se examinan las actividades pasadas, presentes y futuras que entrañan el desarrollo de diagramas de control geodésico. El primer diagrama de control geodésico fue un proyecto de esquema de los trabajos sobre el terreno realizados en Nueva York de 1816 y 1817. Desde estos tempranos comienzos hasta la terminación de la Referencia Norteamericana (NAD) de 1927 y la Referencia Geodésica Vertical Nacional (NGVD) de 1929, los diagramas de control aparecían ya fuera como proyectos de esquemas o complejos de redes en los informes finales de levantamiento. En el decenio de 1930, los diagramas de control geodésico se produjeron en masa para permitir al usuario que seleccionara determinadas estaciones de la Referencia Norteamericana de 1927 y la Referencia Geodésica Vertical Nacional de 1929 y planificara relevamientos futuros. Se prevé que, con la terminación de la NAD en 1983 y de la NGVD en 1985 y la tendencia a aumentar las actividades de levantamiento, aparezca una necesidad mayor de diagramas de control geodésico. Para satisfacer eficazmente esta necesidad, la Dirección Nacional de Levantamientos Oceánicos está obteniendo un sistema cartográfico acompañado de computadoras

INTRODUCTION

The first geodetic control diagram, drawn in 1817, was a project sketch of the first geodetic survey performed in the vicinity of New York City. Briefly, until the early 1840s, horizontal control (triangulation) was shown on nautical charts; after that period, for nearly 100 years, control diagrams were shown as project sketches in the final survey reports.

This paper traces the developmental stages of geodetic control diagrams in the United States from the Coast Survey's first turbulent decade to the future redefinition of the North American Datum 1983 (NAD83) and the National Geodetic Vertical Datum 1985 (NGVD85).

With completion of the North American Datum (NAD) of 1927 and the National Geodetic Vertical Datum (NGVD) of 1929, tremendous network densification surveys were begun by various governmental and private organizations. The first mass production of geodetic control diagrams occurred in the mid-1930s. They were used then, as today, to assist the user in making specific station selections and to develop plans for future surveys.

Several years from now when the new adjustments of the NAD83 and the NGVD85 are completed, we can again anticipate tremendous network densification survey activities. A satisfactory updated series of geodetic control diagrams depicting these network results and their supplemental survey connections will be available to the user by means of computer-assisted cartography.

DIAGRAMS OF THE PAST

The Survey of the Coast, which was established by Congress on 10 February 1807, developed very slowly for numerous reasons: war; delays in congressional funding; problems in design and procurement of survey equipment; and, finally, bureaucratic reorganization when chart-making was reassigned to the Navy Department in 1818. (Do these problems sound familiar?) After 11 frustrating years, Ferdinand R. Hassler, the Survey's first superintendent, had completed only one control survey project. That project covered about 880 km^2 in New York State's Atlantic coastal region. Figure 29 is Hassler's diagram of the nation's first geodetic control survey. Figure 30 is a partial representation of the original work, showing land features.

* The original text of this paper, prepared by J. M. Collom, cartographer, and J. F. Spencer, Jr., geodesist, National Geodetic Information Center, National Geodetic Survey, National Ocean Survey, National Oceanic and Atmospheric Administration, Rockville, Maryland, appeared as document E/CONF.71/L.17.

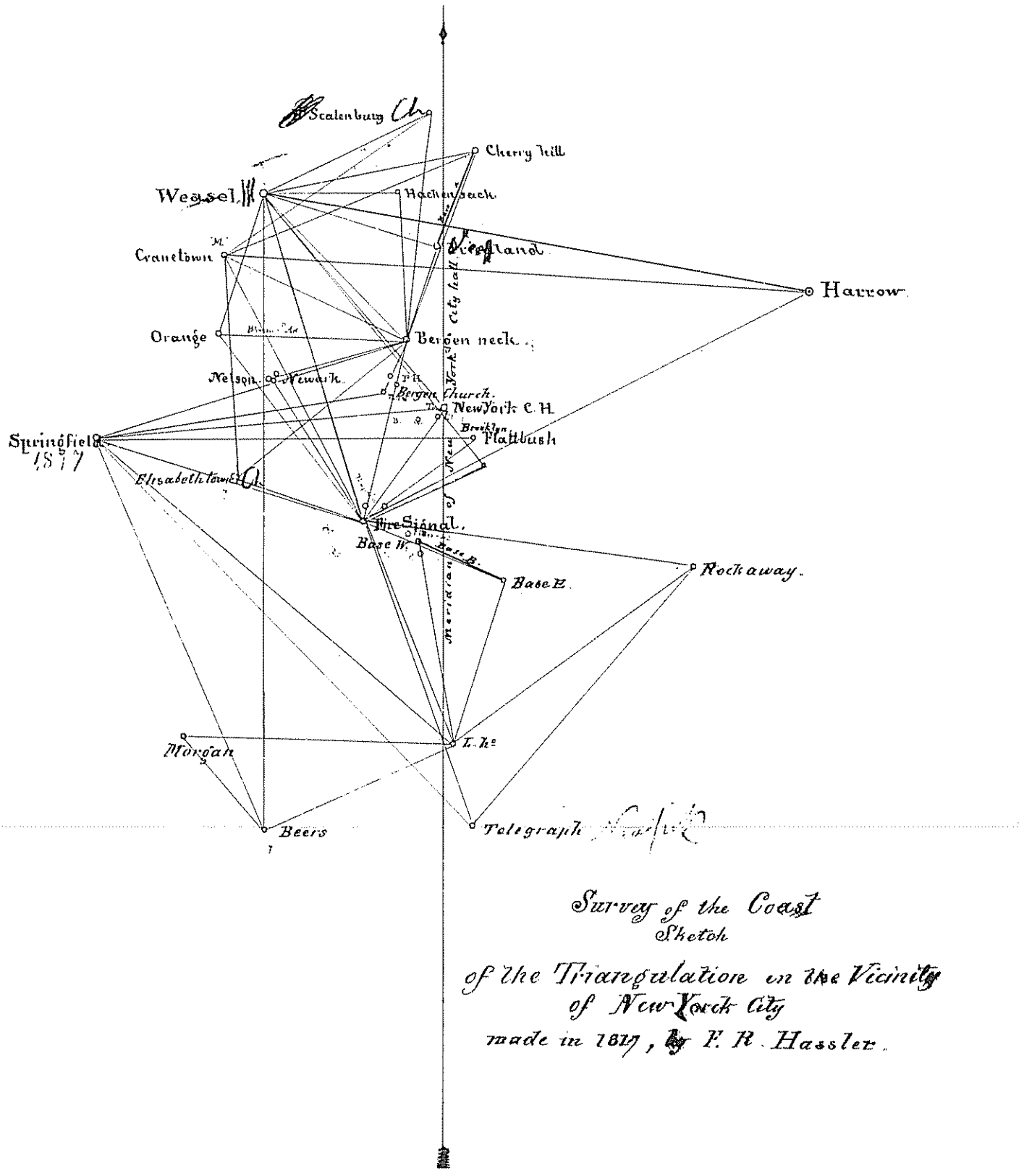


Figure 29. United States of America: Hassler's diagram of the country's first geodetic control survey (1816-1817)

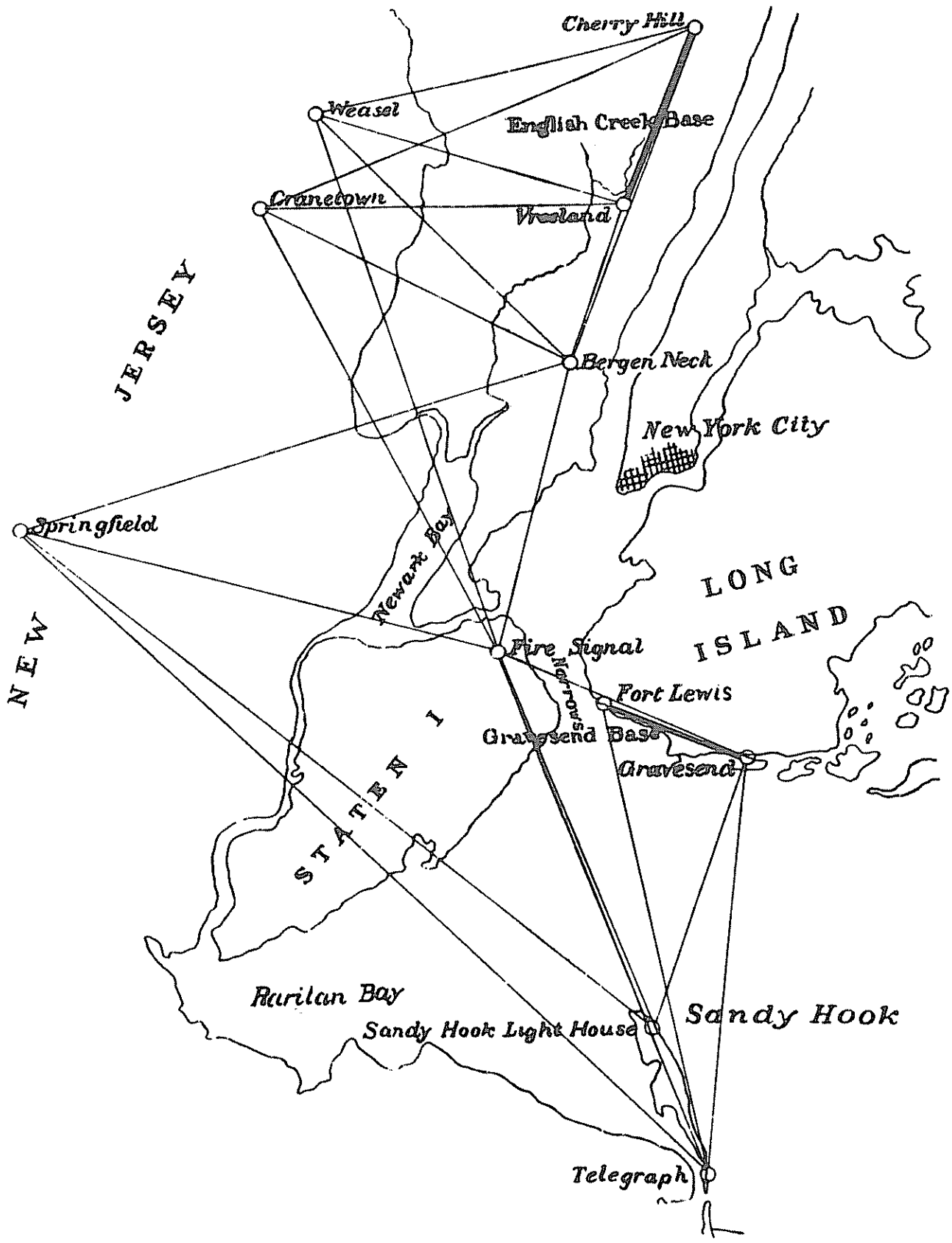


Figure 30. United States of America: partial representation of figure 29 depicting land features

On 10 July 1832, under the original Act of 1807, Congress reinstated the Survey of the Coast. Its stated mission was to perform two important tasks: survey the inadequately charted coastal zones, including the areas recently acquired by the United States through annexation of Spanish Florida (1819); and provide charts for safe navigation of commercial and military shipping in United States coastal waters.

Geodetic field work, the precursor of hydrographic and topographic surveys, was renewed in October 1832 along New York's Atlantic coastline. By 1834, the organization had completed the triangulation of the coastal area in New York and Connecticut. Four 1:100,000-scale geodetic control diagrams were created. Sufficient space was provided on these sheets for soundings and shoreline information that would be added later. A composite of these diagrams, updated with later work, depict the origin of the nation's geodetic control network system (fig. 31).

The Superintendent's report of May 1834 (Hassler, 1834) states:

> "The Survey of the Coast must evidently, merely as such already, extend land inwards, at any place, until to the ridges of hills or mountains that border the valleys emptying their waters into the sea, or the large bays and rivers; it must present the localities of all the passages and gorges that lead to these valleys, etc. etc., because it must contain all that is needed for the proper defence of the coast in case of any attack whatsoever, just as much as the outlines of the coast and the soundings; because, as these furnish the guide to the navigation, so the others are the elements upon which the directions for a proper defence of the country, in case of need, must be grounded; and all these elements must be so detailed, and present such a full and self-explaining picture of the country, that, with the map before the eye, the military operations may be properly judged and guided in the Cabinet. It is therefore also habitual to join for each district a statistical statement of its natural means and resources; it is as desirable to have these accounts of the land part as those upon the currents in the naval part of the work.
>
> "This work must besides furnish the elements of any other survey that may be desired for any public aim whatsoever, either within or in the neighborhood of its extent; its accuracy, if properly executed, and its wide range, render it peculiarly fit to become a standard to which all other surveys may and even shall be attached."

In this 145-year-old report Hassler expressed the principal reasons for establishing a national geodetic control network:

(*a*) To provide geographical information for proper national defence;

(*b*) To provide statistical information concerning natural resources—i.e., land-use planning and off-shore exploration;

(*c*) To provide a standard upon which all surveys (i.e., hydrographic, topographic, geological, geomagnetic, and gravimetric) would be based.

The foundation for future geodetic surveys had been laid as early as 1834 with envisioned expansion into a national network.

Diagrams of the Present

Tremendous scientific and technical advances have taken place since the first survey in 1817. Figure 32 shows the growth of geodetic activities and graphically illustrates the relationship of network densification to the increased needs for geodetic control diagrams.

When the first major survey project was completed in 1834, the United States had just begun to experience rapid growth. An additional 4.7 million km^2 of land involving 14,600 km of general coastline were added by the close of the century. This physical growth in land with increased economic growth in commerce, primarily shipping, required the Coast and Geodetic Survey (the agency was renamed in 1878) to tie the nation together with geodetic control networks. These networks evolved slowly. However, as the network grew piece by piece, and as one project was tied to another, the patchwork network of geodetic control took shape. During this time, geodetic control diagrams were usually published as progress sketches showing respective project results (fig. 33). Geodetic network status maps of the United States were updated yearly and were published in the Superintendent's annual report (fig. 34).

Transcontinental levelling was begun in 1877. By 1907, the first continuous level lines linked the entire nation from east to west. The transcontinental arc of triangulation was completed in 1897. After these initial east/west connections were completed, the data gathering activities of the field surveying parties were increased considerably, as were surveys in other related federal agencies—i.e., United States Geological Survey and United States Lake Survey. The increased data-gathering activities provided for the first general adjustments of the NGVD in 1898 and the NAD in 1901. The national network adjustments were performed by the Coast and Geodetic Survey. The national horizontal control network contained about 800 control marks and the national vertical control network about 6,500 control marks. Accentuated data-gathering activities continued until the final general network adjustments of NAD27and NGVD29 were performed three decades later. The horizontal network had increased to 25,000 control marks and the vertical network to 30,000 control marks.

The growth experienced during this period was described by Admiral Allen L. Powell (1976), the present National Ocean Survey (NOS) Director, who wrote:

> "Establishment of the North American Horizontal Geodetic Datum of 1927 was a monumental step in chart-making for it meant that every point on every nautical chart of the Atlantic Coast, the Gulf Coast, the Pacific Coast, Alaska, and the Bering Sea was referenced to one common position of longitude and latitude on a universally accepted spheroid."

Today the geographical positions of horizontal control stations established in coastal areas are plotted and identified on National Ocean Survey nautical charts. However, the triangulation networks, which were shown on the charts during the early 1800s, are at present represented only on geodetic control diagrams.

The first large-scale geodetic control diagrams were mass produced shortly after the results of the last general adjustment became available. They were used to assist the user in specific station selection or to develop plans for

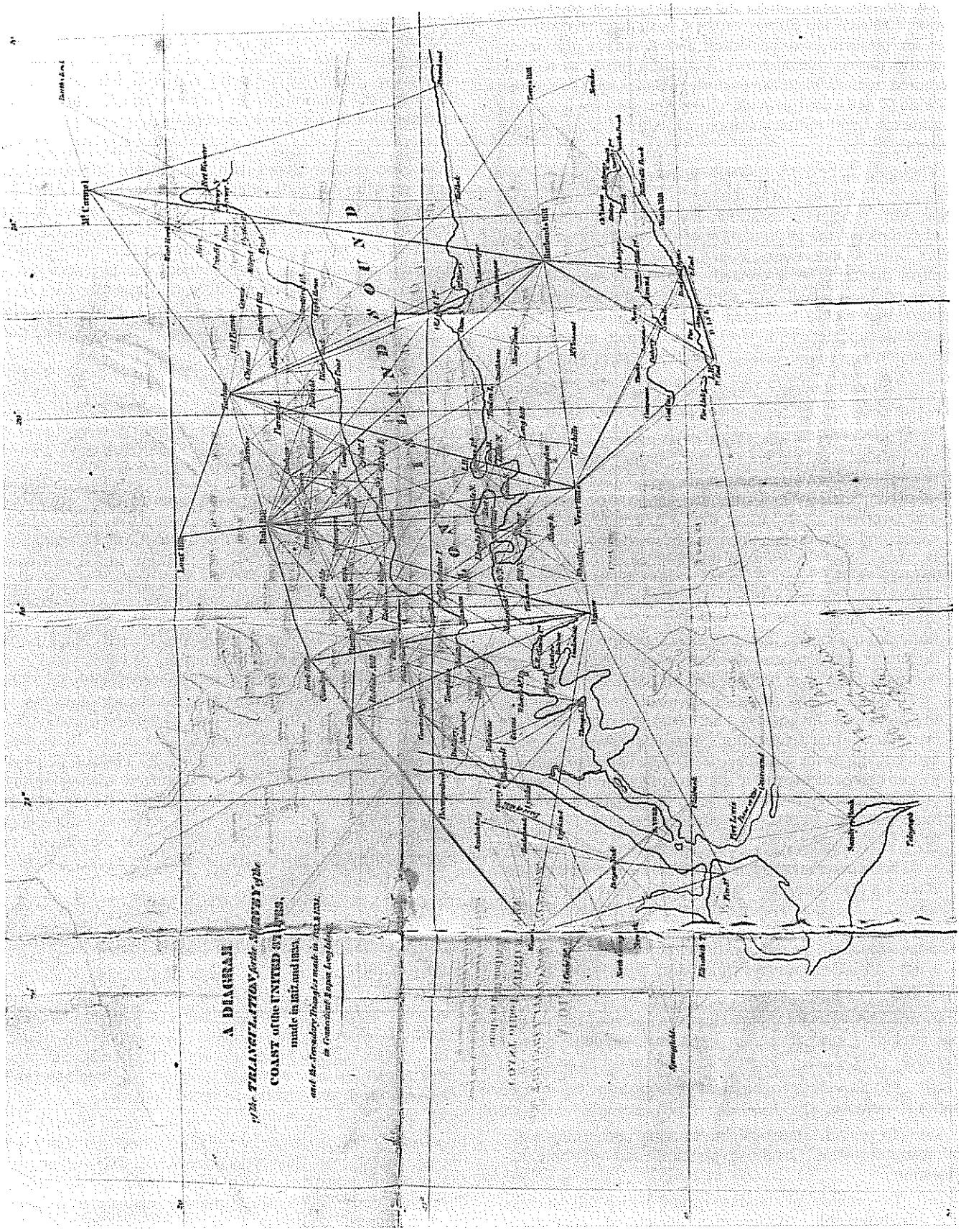


Figure 31 United States of America geodetic network along the New York/Connecticut coastline

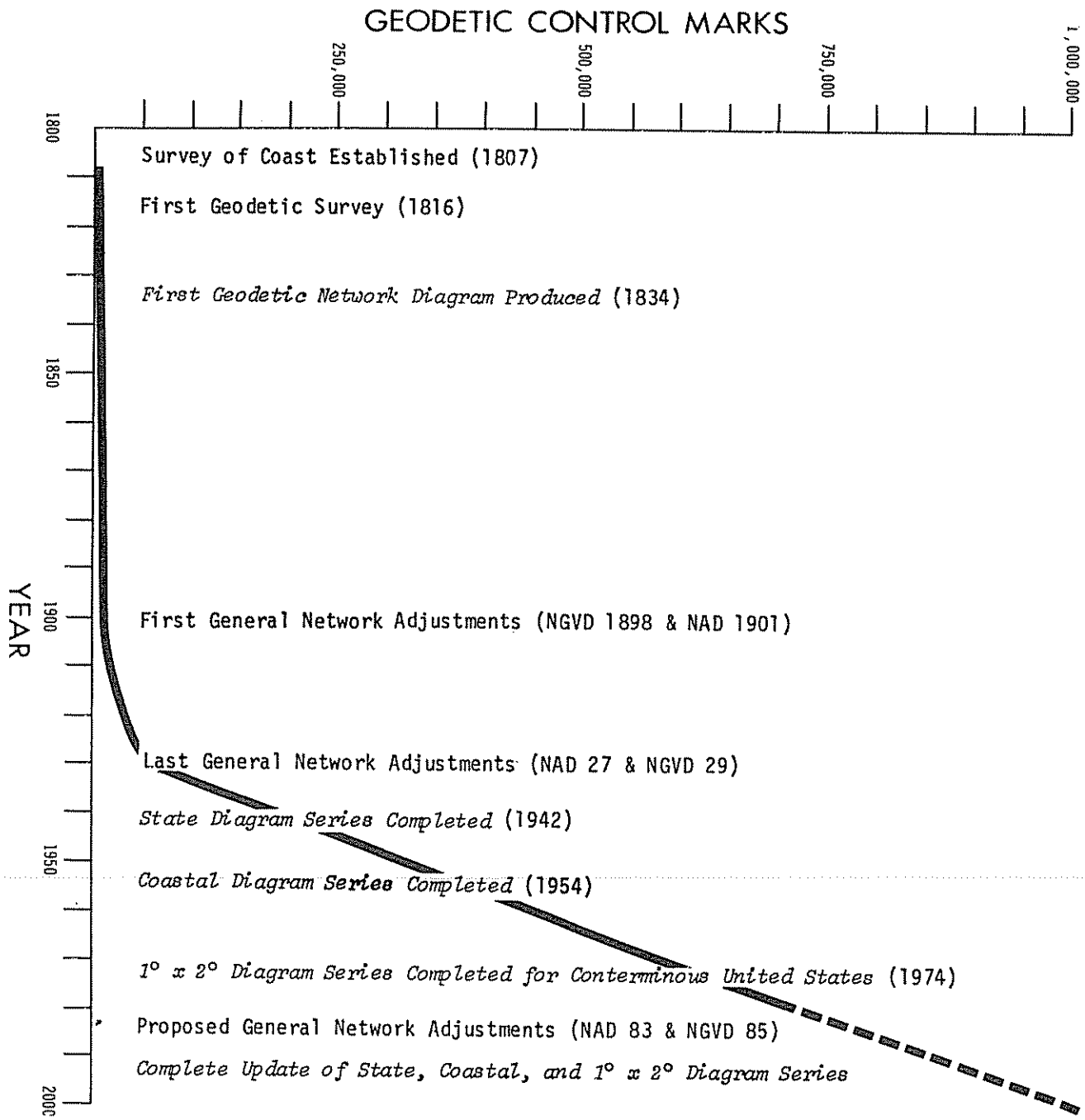


Figure 32. United States of America: growth of geodetic networks

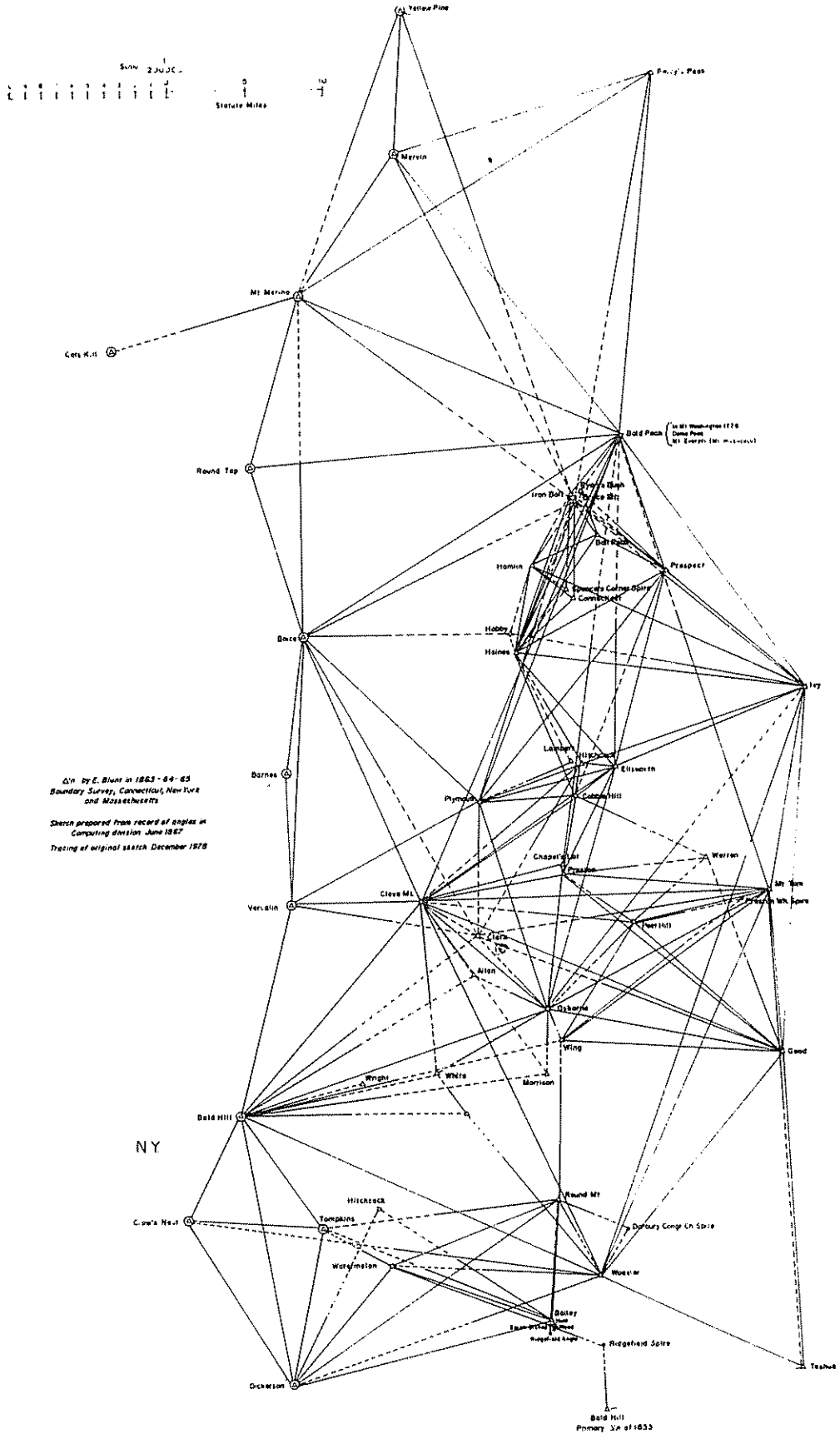


Figure 33. United States of America: progress sketch, Boundary Survey, Connecticut, New York and Massachussets (1863-1865)

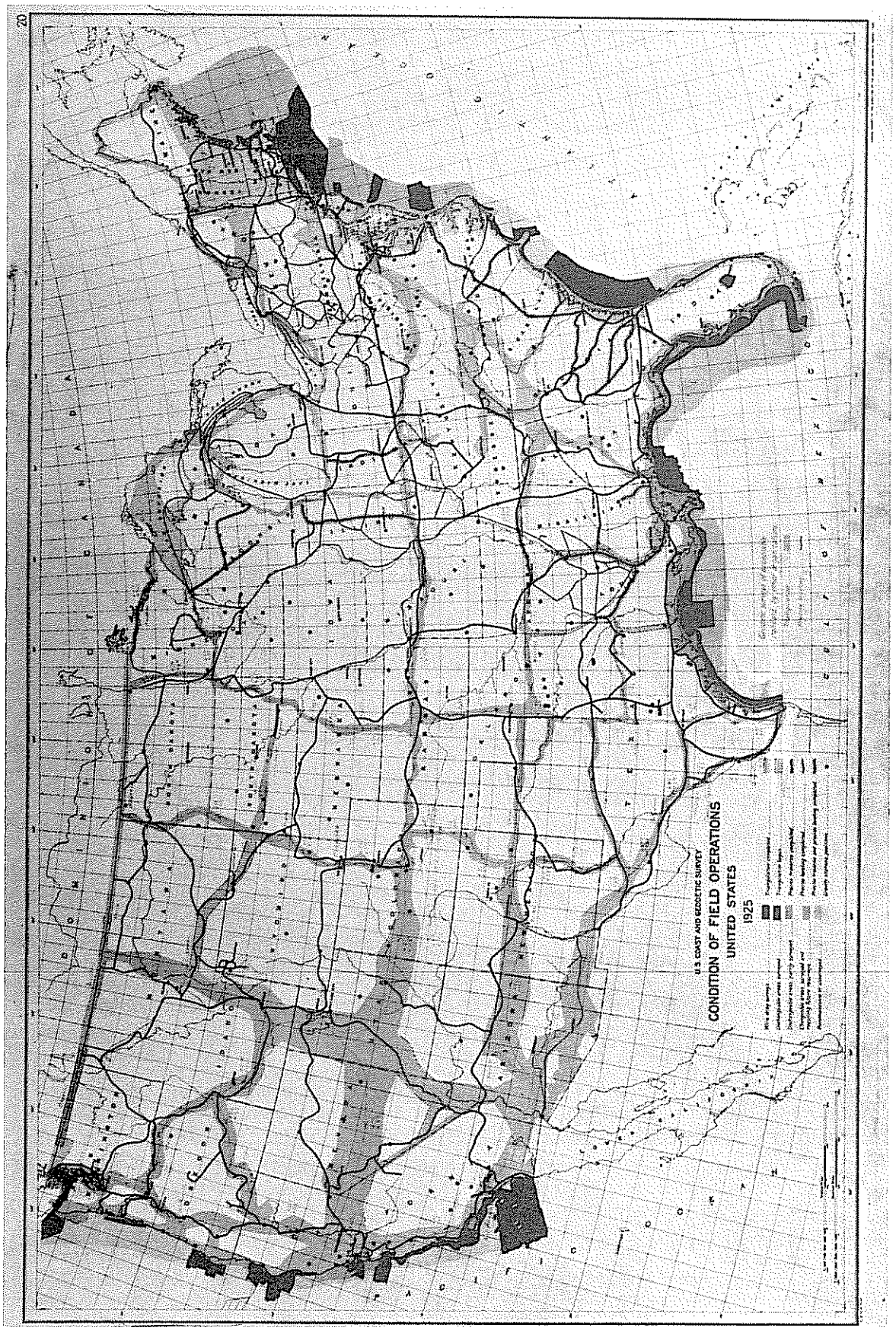


Figure 34 United States of America geodetic networks status map (1925)

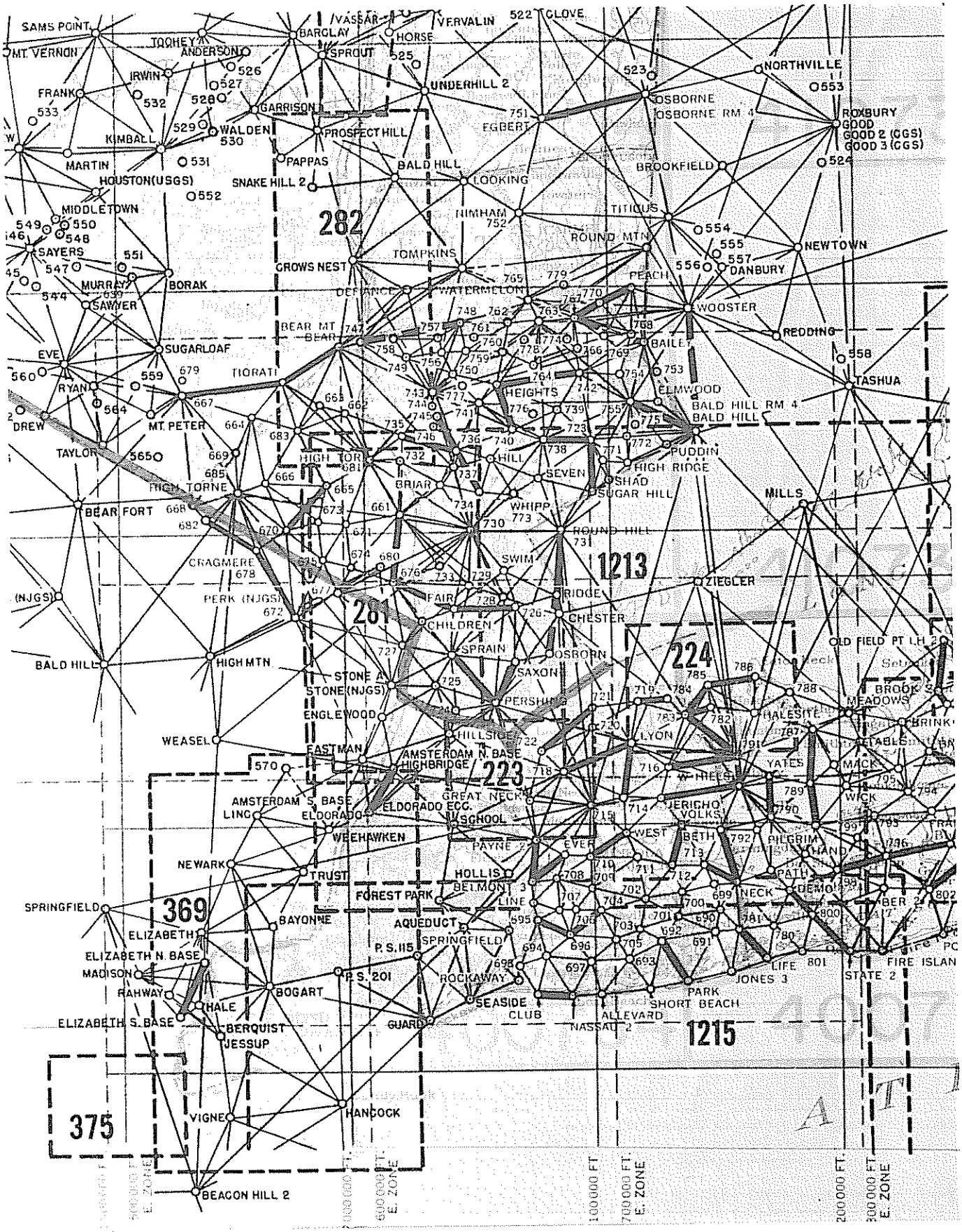


Figure 35 United States of America New York State triangulation diagram (partial representation)

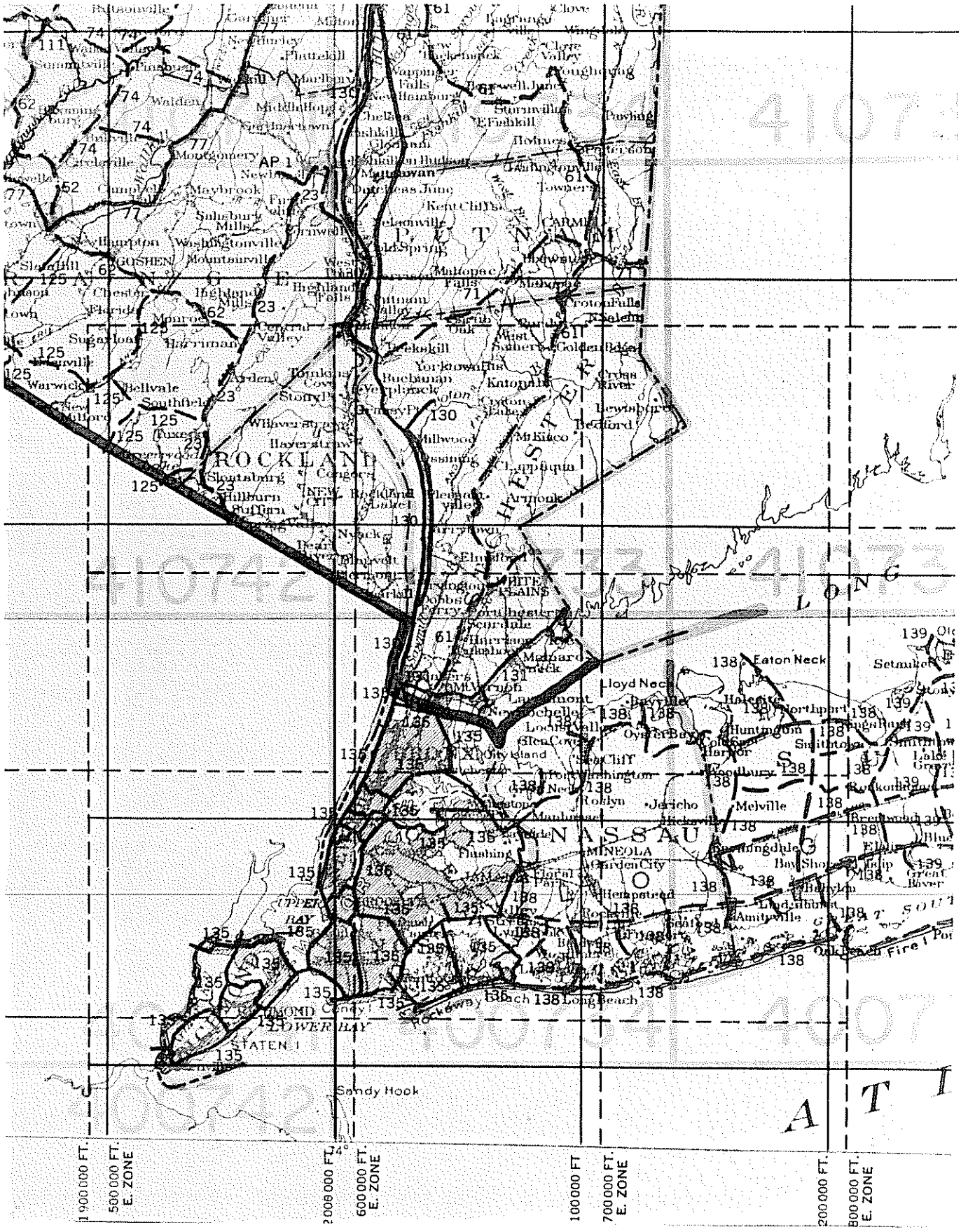


Figure 36 United States of America: New York State levelling diagram (partial representation)

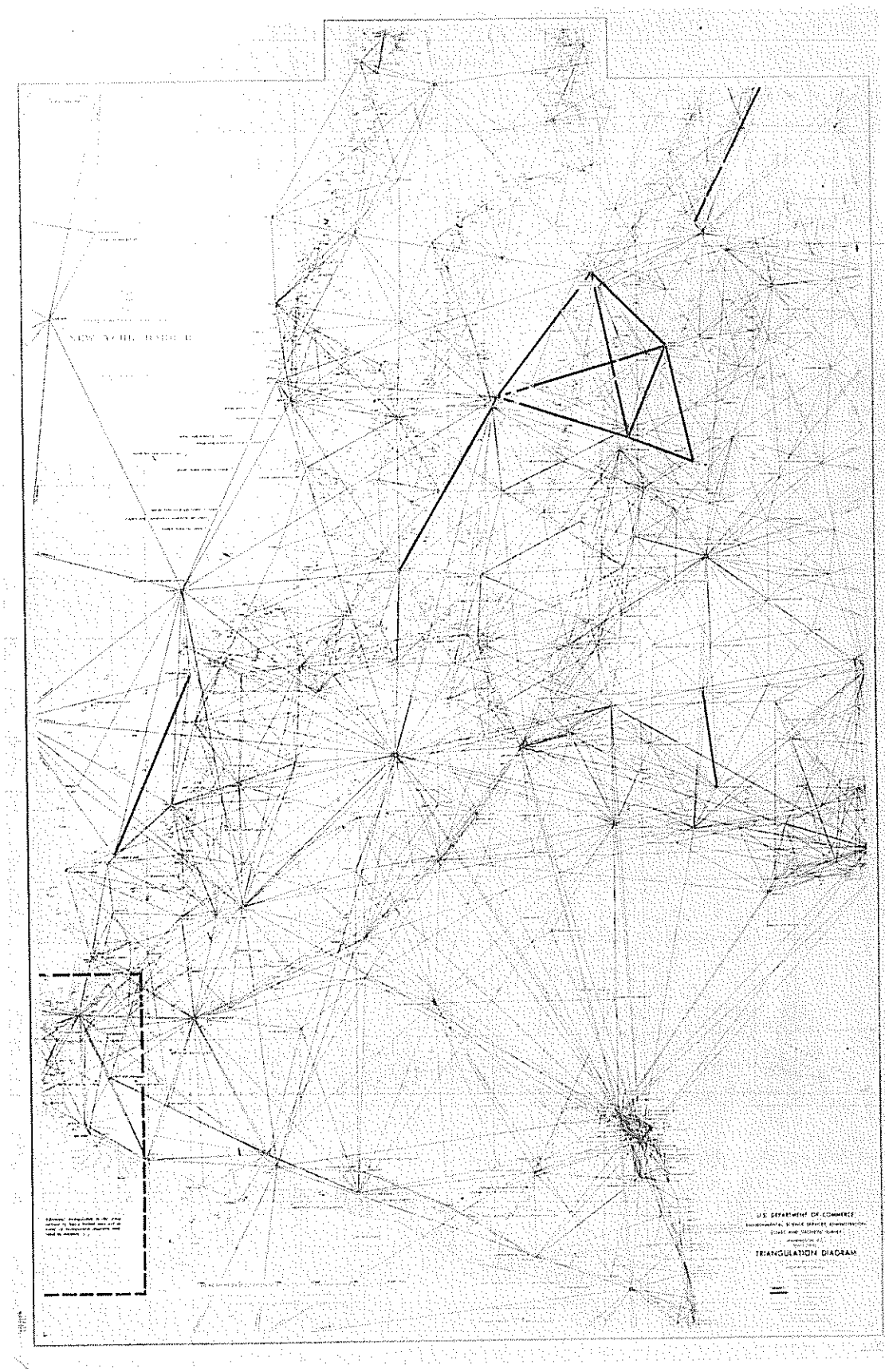


Figure 37. United States of America coastal map, New York Harbour, Chart 369 (1970)

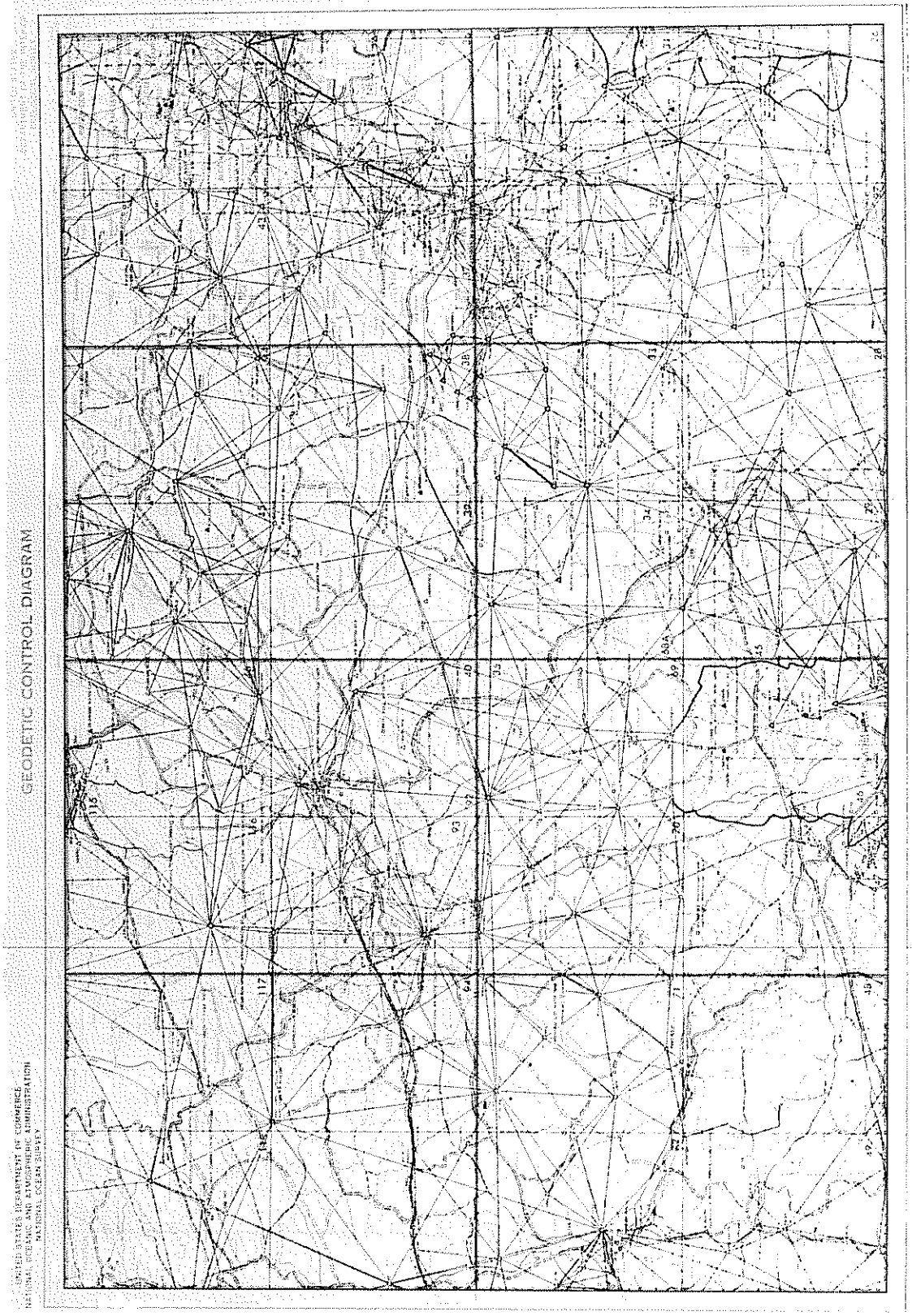


Figure 38 United States of America 1° × 2° diagram, New York NK 18–12 (1973)

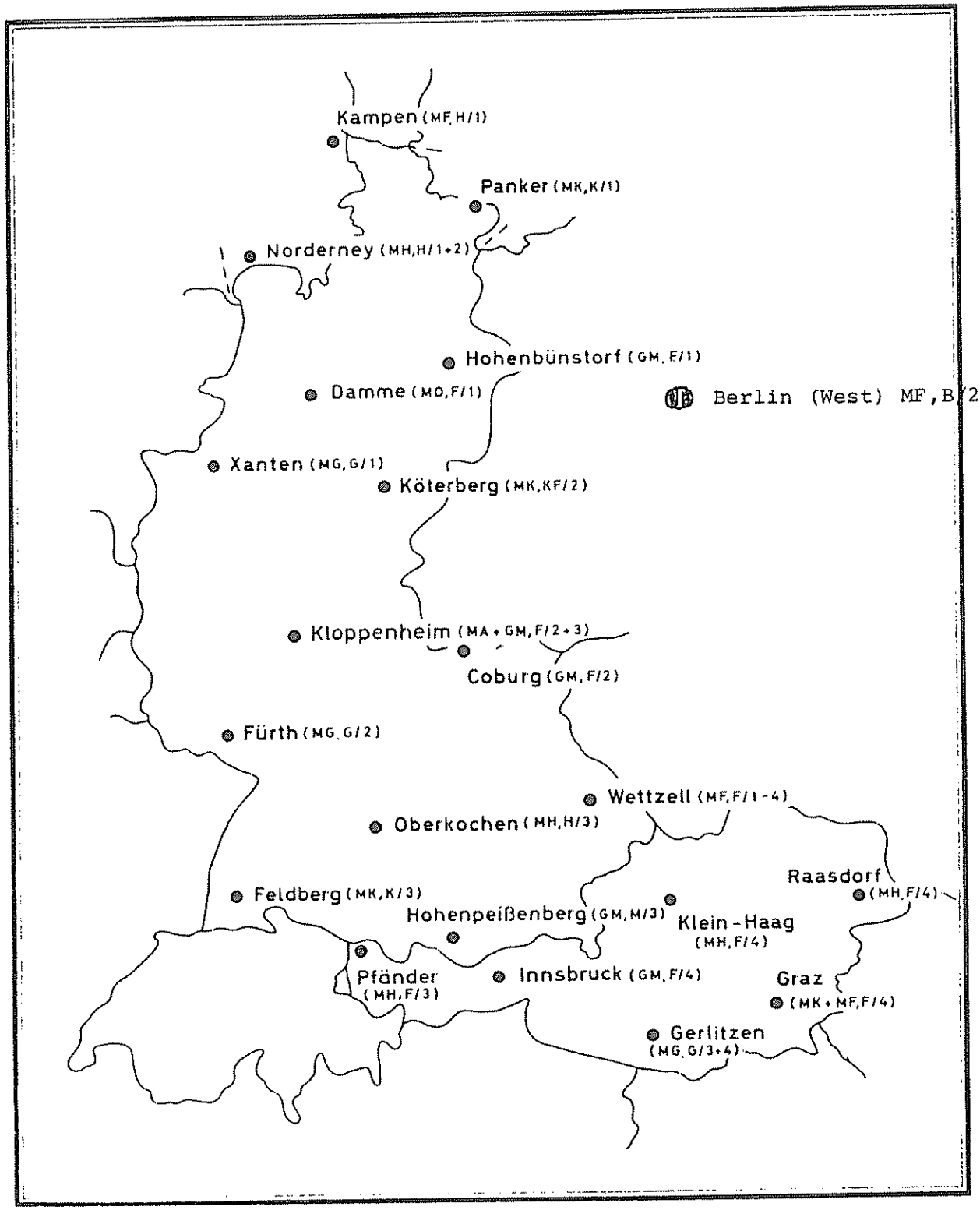


Figure 39. Federal Republic of Germany: network of the FRG/Austrian Doppler Observation Campaign (DÖDOC)

future surveys. These diagrams are available by state (figs. 35 and 36) and by coastal mapping areas (fig. 37).

With the exception of the annually produced national network status maps, previously mentioned, the state and coastal diagrams were the only products depicting the national networks for nearly 25 years. In March 1959, the first of a new series of diagrams was published. Control surveys performed by co-operating federal, state, and local agencies were depicted by geographic areas of 1° latitude and 2° longitude at a scale of 1:250,000 (fig. 38). This series began as a joint effort between federal surveying and mapping agencies—primarily the Geological Survey and the National Ocean Survey (NOS). In January 1974, the last of 467 diagrams in this series was completed for the contiguous United States. Manual maintenance of this series and the state and coastal diagrams is continuing today at NOS with limited resources on a 15-year update cycle. In order to accelerate this cycle and to prepare for the cartographic depiction of the NAD83 and NGVD85 network results, a computer-assisted cartographic system, currently being procured, will generate the necessary overlays. This system will be required to depict cartographically the latest network results on standard bases—i.e., national, state, coastal, and 1° × 2° diagrams, and graphically generate special-purpose overlays, i.e., crustal movement maps and gravity anomaly surfaces.

Diagrams of the future

Since the last general adjustment, the horizontal control network has increased through extension and densification surveys from 25,000 to 217,000 points; likewise, the vertical control network has increased from 30,000 to 500,000 points. The long overdue redefinition of these networks is now in progress. The horizontal network is scheduled to be completed in 1983 and the vertical network in 1985. Then, an estimated 244,000 horizontal control points and 575,000 vertical control points will encompass the new national networks.

The NAD27 and NGVD29 provided the required reference standards upon which user demands for survey densification and user diversifications within the United States were satisfied from the early 1930s until the present time. The NAD83 and NGVD85 will supply the required reference standards to satisfy similar demands of the country well into the twenty-first century. At the same time, an avenue for exchanging international geodetic information will be realized. File digitization, involving the newly redefined networks and their subsequent cartographic representation as national geodetic control diagrams, will meet the needs of the user in this modern information age.

References

Berry, R. M., "History of geodetic leveling in the United States", *Proceedings of the American Congress on Surveying and Mapping*. Washington, D C., 22-28 February 1976, pp. 229-251.

Boston Herald American. *The World Almanac and Book of Facts, 1979*. New York, Newspaper Enterprise Association, 1978. pp. 457, 460.

Brown, C. M. and W. H. Eldridge. *Evidence and procedures for boundary location*. New York, John Wiley and Sons, 1962. 484 pp.

Collom, J. M., "Automation of geodetic control diagrams", paper presented to the Fourteenth Congress of the International Federation of Surveyors, Washington, D C., 7-16 September 1974. Rockville, Maryland, National Ocean Survey, 1974. 16 pp.

Dracup, J. F., "A potpourri of geodetic and other surveying items", preprint. Rockville, Maryland, National Geodetic Survey, 1978. 47 pp.

Hassler, F. R., *Principal documents relating to the survey of the coast of the United States, since 1816*. New York, Van Norden, 1834, pp. 150-151. (Subsequent Superintendents' reports through the year 1925 were also researched.) Out of print.

Powell, A. L. "National Ocean Survey—the Government's first technical agency," paper presented to Joint Plenary Session, American Congress on Surveying and Mapping and American Society of Photogrammetry Washington, D C., 22-28 February 1976, 55 pp.

EXPERIENCE USING DOPPLER POSITIONING*

Paper presented by the Federal Republic of Germany

RÉSUMÉ

Reconnaissant la haute précision et la fiabilité avec lesquelles on peut déterminer des positions par des mesures Doppler effectuées au moyen du système de navigation de la Marine des Etats-Unis d'Amérique, plusieurs organismes d'Europe occidentale ont entrepris, vers 1975, un certain nombre d'activités dans ce domaine, parmi lesquels l'Institut für Angewandte Geodäsie de Francfort-sur-le-Main agissant dans le cadre et au nom du Groupe spécial de recherche sur la géodésie par satellites de l'Université technique de Munich. Dans le document est examinée l'expérience accumulée de plus de neuf projets exécutés dans ce domaine en République fédérale d'Allemagne et en Europe occidentale sous la direction de l'Institut, soit comme responsable unique soit comme coordonnateur.

RESUMEN

Reconociendo la alta exactitud y la seguridad que pueden lograrse en la determinación de posiciones con ayuda de las mediciones Doppler en el Sistema de Navegación de la Armada de los Estados Unidos de América, varios organismos de Europa occidental comenzaron, alrededor del año 1975, a desarrollar varias actividades en esta esfera. Entre esos organismos se cuenta el Instituto de Geodesia Aplicada, de Frankfort del Meno. El Instituto ha trabajado dentro del Grupo Especial de Investigaciones sobre Geodesia con Satélites de la Universidad Técnica de Munich o en su nombre. En el documento se examinan las experiencias logradas en más de nueve de esos proyectos ejecutados en la República Federal de Alemania y en Europa occidental bajo la responsabilidad exclusiva o la dirección coordinadora del Instituto de Geodesia Aplicada.

* The original text of this paper, prepared by H. Seeger and W. Schlüter, Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main, appeared as document E/CONF.71/L.20.

Recognizing the high accuracy and reliability which is attainable in determining positions with the aid of Doppler measurements using the United States Navy Navigation System, around 1975 several agencies in the Western European area started to develop a number of activities within that field. Among them is the Institut für Angewandte Geodäsie Frankfurt am Main (IfAG)-Abteilung II des Deutschen Geodätischen Forschungsinstituts, acting within and on behalf of the Special Research Group on Satellite Geodesy of the Technical University, Munich (SFB 78). This paper reviews the experiences from more than nine such projects conducted in the Federal Republic of Germany and within the area of Western Europe under the sole responsibility or the co-ordinating leadership of IfAG.

Projects and campaigns (1)*

Determining the position of tracking stations for the European Space Agency

During 1974/75, under contract to the European Space Agency (ESA), four primary tracking stations were positioned-at Fairbanks, Alaska; Redu, Belgium; Rehbach, Federal Republic of Germany; and Villafranca del Castillo, Spain. The Doppler measurements were carried out in autumn and winter under extreme variations of temperature and humidity and demonstrated effectively the reliability of the equipment.

Polar motion studies and special experiments at the Satellite Observation Station, Wettzell

Since mid-1975 continuous observations have been made at the NNSS frequencies from the satellite observation station at Wettzell, Federal Republic of Germany. The object of the measurements has been to make studies of polar motion. Parallel observations were made from the same site for the first 18 months using two astrolabes. The Doppler observations are reduced with the precise ephemeris using five-day mean solutions, 10 to 20 passes contributing to each result. Station positions computed in this way usually demonstrate standard errors of 40, 50 and 40 cm for the three co-ordinates adjusted over the five-day span.

During several periods of 10 days each a second receiver has been located at Wettzell at several pre-selected points. The tests were designed to determine the precision of Doppler positioning techniques on very short lines (around 50 m).

Position determinations at the site of the radio telescope at Effelsberg, Federal Republic of Germany

Shortly after completion of the observations described above, IfAG was approached by the Geodätisches Institut of the University of Bonn with a request to conduct measurements at the site of the radio telescope at Effelsberg. A two-week campaign followed early in 1975, and the results were completed in 1976. The same standard of accuracy as that achieved at the ESA tracking stations resulted.

Observations at the same site were repeated over the course of one month early in 1978, at the request of the National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) in Washington, D.C., which had the responsibility of conducting corresponding measurements simultaneously at VLBI sites in North America.

The FRG/Austrian Doppler Observation Campaign (DÖDOC)

In 1976/77 the Institut für Weltraumforschung of the Austrian Academy of Science at Graz, Austria, and IfAG developed plans to carry out Doppler measurements at 21 well-distributed stations (fig. 39) of the two primary triangulation networks (Austria: six stations; Federal Republic of Germany: 15 stations). These operations were designed to address the following objectives:

(*a*) The computation of precise transformation parameters for the complete primary triangulation networks or—if necessary—for parts of them;

(*b*) To control scaling and orientation of that network;

(*c*) To investigate the overall stability and accuracy of the first-order network;

(*d*) To study the accuracy attainable by Doppler measurements to the Navy Navigation Satellites compared with that of the well-defined primary triangulations in Central Europe;

(*e*) To compute geocentric NWL-9D (NSWC 9Z-2) co-ordinates for all stations of the primary triangulation network of the Federal Republic of Germany;

(*f*) To compute geocentric co-ordinates of a selected number of stations of the primary triangulation network of Austria (2)

The observations at the 21 stations were carried out between mid-May and early July 1977 during four observation campaigns of 10 days each. Up to nine Doppler receivers were available simultaneously during that period. To obtain some overlapping between the campaigns throughout the whole period, one receiver was operating at Wettzell; another station was observed during the first and second, a third one during the second and third, and a fourth one during the third and fourth campaigns.

The computations necessary to determine the position co-ordinates were performed mainly at Frankfurt (IfAG) and Graz (Academy of Science). Both agencies have access to the GEODOP-programmes developed by Kouba (3). The final combination of the normal equations from all four campaigns was made at both agencies with identical results.

A follow-up programme to compute geocentric co-ordinates for all stations of the primary triangulation network, limited to the area of the Federal Republic of Germany, is foreseen. It will carry out the following operations with the aid of the precise Doppler positions for the 14 stations of the primary network:

(*a*) Determination and computation of orthometric heights for all stations of the network, including the corresponding variance/covariance matrices of the heights and the height differences;

(*b*) Computation of the quasi-geoid undulations together with the variance/covariance matrices of the geoid-undulation differences. The information is derived as part of a special programme to determine a combined astro-gravimetric geoid of the Federal Republic of Germany; this work will be completed soon);

(*c*) Computation of ellipsoidal co-ordinates of the first order stations derived from an optimal free adjustment,

* Numbers in parentheses are keyed to the reference list

together with its variance/covariance matrices. (The optimal network will be determined by making a special adjustment using all the information available to date);

(*d*) Determination of a set of transformation equations between B, L, H and X, Y, Z, taking into consideration the correlations;

(*e*) Computation of geocentric Cartesian co-ordinates for all stations of the primary network

The European Doppler Observation Campaigns (EDOC-1 and EDOC-2)

In 1975 the Working Group on Geodynamics of the Council of Europe organized the first European Doppler Observation Campaign (EDOC-1) in which six stations participated (fig. 40) (5). The campaign was organized to gain experience in multi-national Doppler-positioning (4). Its success, together with the good results obtained, generated the will to organize a second effort, EDOC-2 (5).

The objectives laid down for EDOC-2 were strictly limited, and a strict timetable was established for producing results. The goals of EDOC-2 were:

(*a*) To establish a zero-order network of reference points for Western Europe on a geocentric datum;

(*b*) To establish transformation parameters between the geocentric datum and the existing European network (ED-50 and subsequently ED-77);

(*c*) To investigate the possibilities of local distortions in the existing European net;

(*d*) To provide a tie between national Doppler networks;

(*e*) To set up a data bank for further investigations.

The timetable for the data reduction visualized the presentation of single-point solutions for each of the stations by December 1977, and a multistation solution and the presentation of final co-ordinates by December 1978. Both goals have been fulfilled.

The second campaign was indicative of the rapid growth of interest in the Doppler technique which has been taking place in Western Europe. Whereas in EDOC-1 the six stations participating represented the total of Doppler equipment available for such campaigns in Western Europe at that time, EDOC-2 comprised 37 stations (fig. 40), for which about one third of the equipment was rented or on loan. All stations were occupied simultaneously for the period of two weeks from 23 April 1977 0^h UT to 7 May 1977 24^h UT. Owing to the failure of equipment at two stations, a follow-on campaign, which repeated observations at five of the stations, was held during the period from 22 July 1977 to 31 July 1977 (7). Three computing centres were adopted, each working with a different computational model. The three centres are at Brussels-Uccle (Observatorie royal de Belgique-ORB), Frankfurt (IfAG) and Paris (IGN). The computations were performed on all data at each of the centres. Results have been obtained for the single-point, multipoint and short-arc modes using precise and broadcast ephemerides. Preliminary results were presented at the Journées luxembourgeoises de geodynamique held in December 1977 for about two thirds of the stations occupied, and a final set of point co-ordinates for all stations has been presented at the Second International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, which was held at Austin, Texas, in January 1979. The results indicate agreement at the metre level for the majority of points and a high internal consistency within each model solution. Detailed analysis of all results obtained will be presented in a final report to be concluded in 1979. Further investigations of the systematic model differences will be necessary before conclusions can be drawn as to their origins, but the size of the differences has been considerably reduced since the EDOC-1 results were presented.

The EROS-Doppler Observation Campaign (EROS-DOC)

In order to support the First European Range Observation to Satellites Campaign (EROS-1), it had been agreed during the first EROS-Conference held in January 1977 at the Satellite Observation Station Kootwijk, the Netherlands, that a special Doppler Observation Campaign should be conducted immediately following the first EROS-Laser-Campaign, with simultaneous Doppler observations at all those satellite observation stations in Western Europe which were or were expected to be equipped with a Laser Ranging System. Through such a campaign, an independent solution for the station-to-station vectors was to be established and accurate and uniform NWL-9D (NSWC 9Z-2)-co-ordinates for the eight anticipated European laser stations were to be determined. The IfAG/SFB 78 was asked to prepare and execute the campaign, supported by the staffs of the participating stations.

The EROS-DOC campaign was carried out between 2 and 16 December 1977, operating Marconi CMA-722B receivers at eight stations (see fig. 41).

The computations to determine the position co-ordinates were performed at the IfAG/SFB 78 with Koubas programme GEODOP (3) using the broadcast and the precise ephemerides. In both systems (broadcast ephemeris and NSWC-9Z-2) single-point and multipoint solutions have been computed.

SEASAT-A

A number of experiments proposed by European investigators working together in the SEASAT Users Research Group of Europe (SURGE), a working group of the European Association of Remote Sensing Laboratories (EARSeL), have been included as part of the SEASAT-A programme. Whereas a portion of the proposal dealt with experiments requiring tracking on a global scale, a significant part of the European proposal was concentrated with experiments in the area of the North Sea. Only that portion of the North Sea experiments proposed by IfAG will be reviewed here.

In brief, the experiment proposes the computation of a local geoid for the area of the North Sea, using altimetry observed from SEASAT-A and the comparison of the results with similar values computed from terrestrially observed astro-gravimetric observations.

To achieve this the experiment was broken down into three observation campaigns as well as the computation of the astro-deodetic geoid, which is being performed by the Institut für Theoretische Geodäsie at the TU in Hanover.

The three observation campaigns comprised:

SEA-TOC: the determination of station positions for all tracking stations participating in the experiment in the West European area (see fig. 42) using Doppler observations at the NNSS frequencies (400/150 MHz);

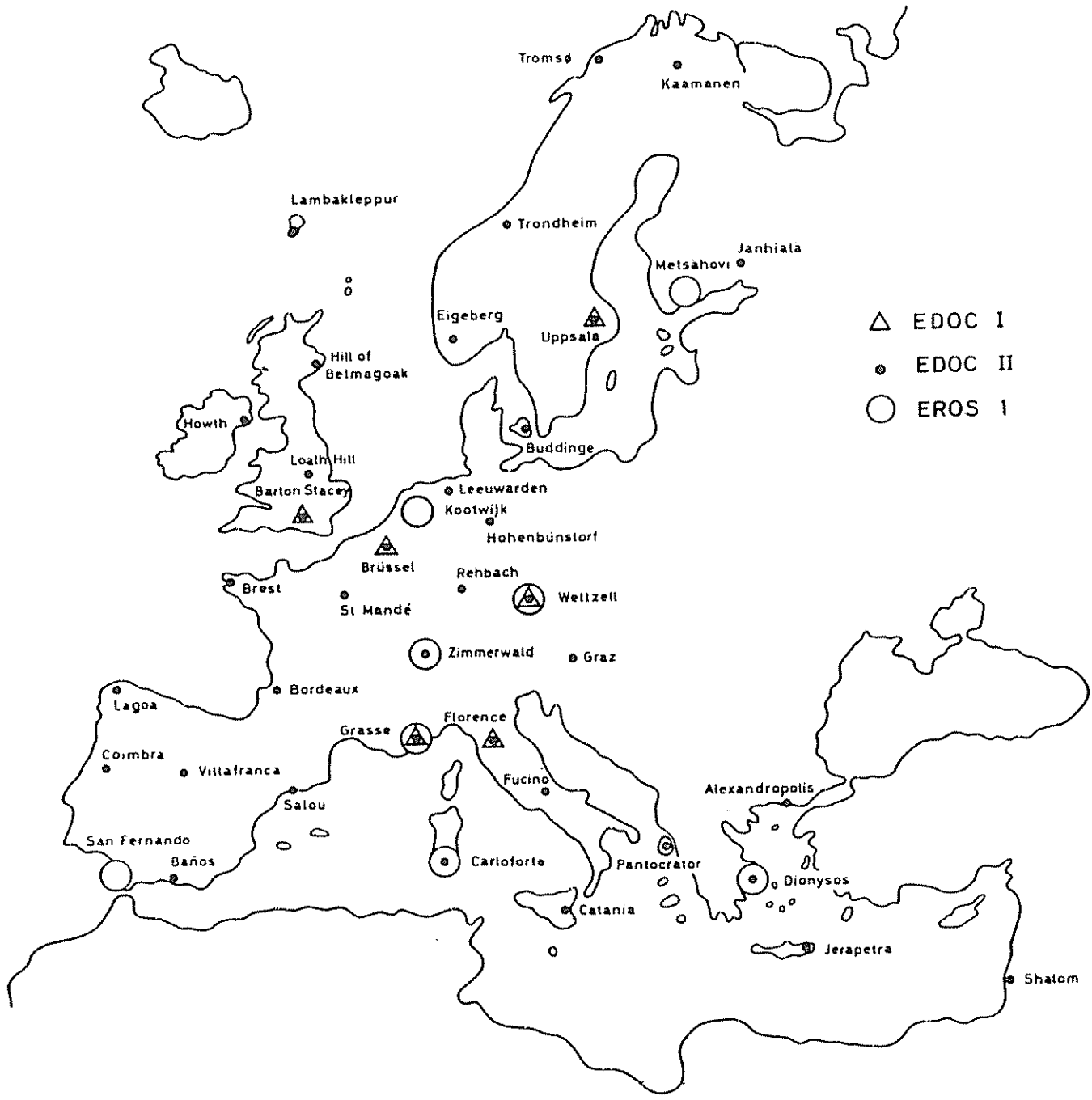


Figure 40. Federal Republic of Germany. EDOC I, EDOC II and EROS stations

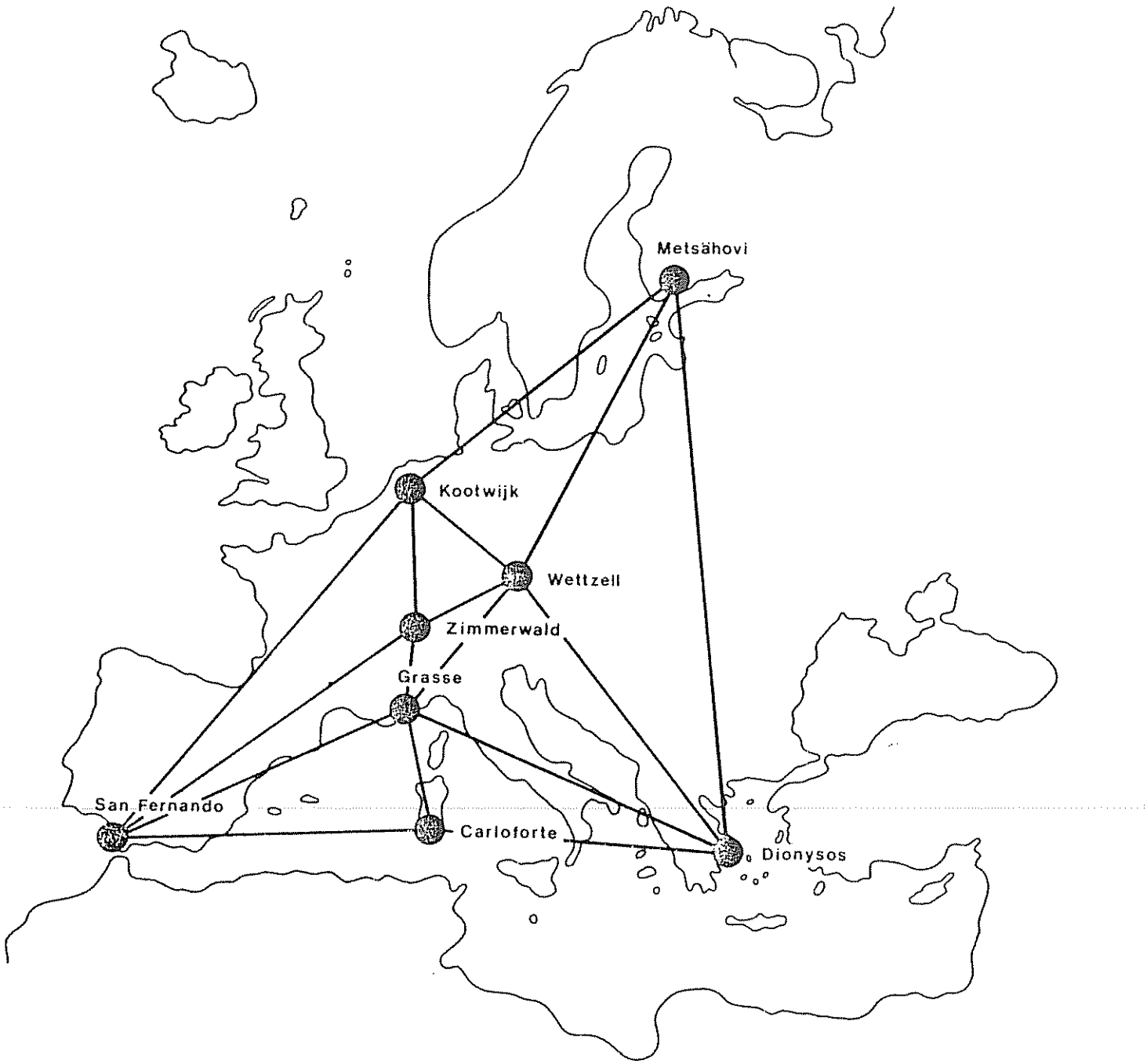


Figure 41. Federal Republic of Germany: EROS stations

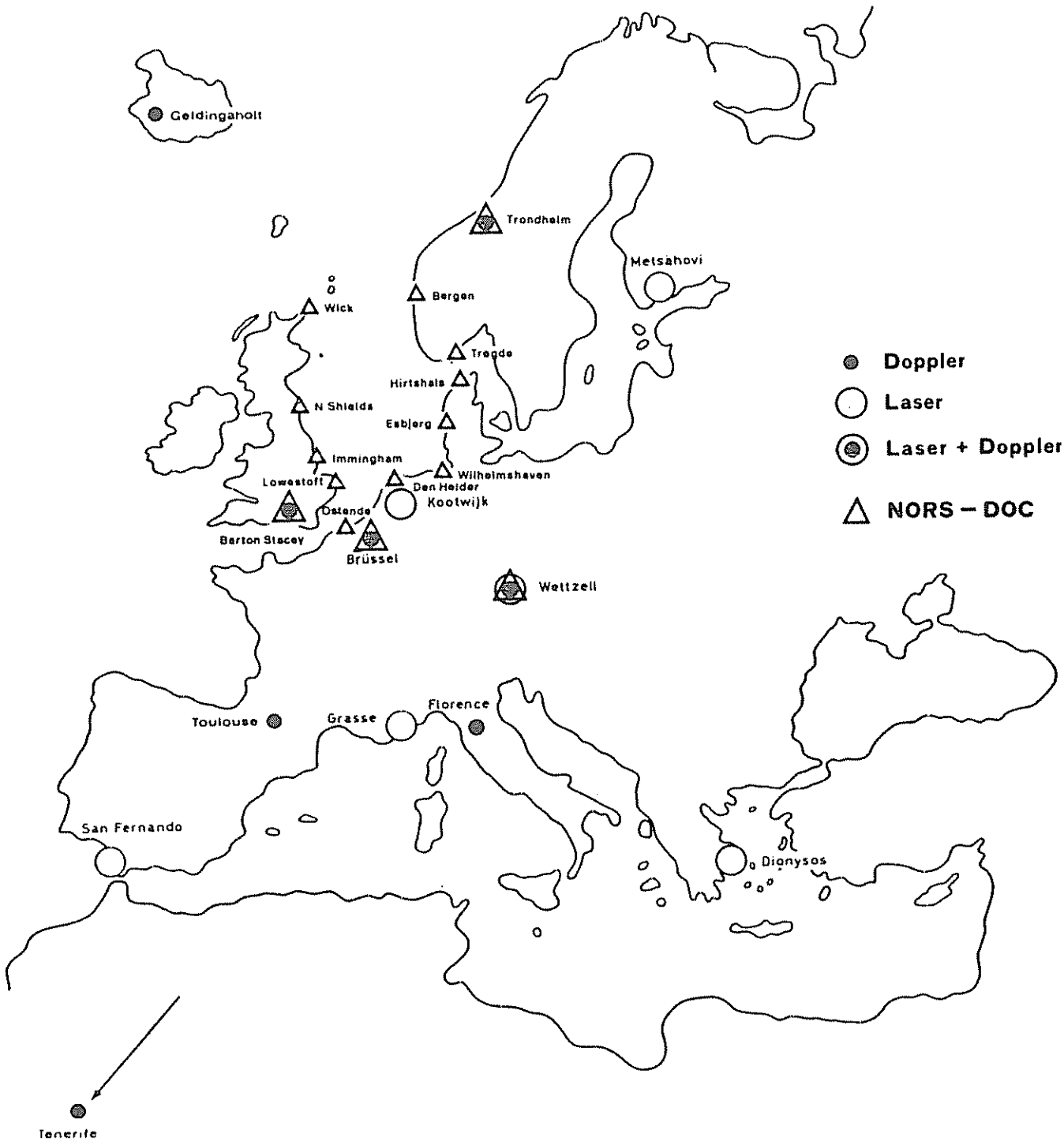


Figure 42. Federal Republic of Germany: SURGE SEASAT tracking stations

SEA-TRACK: the tracking of SEASAT using all available lasers in the West European area plus Doppler tracking at the 324/162 MHz (GEOS-) frequencies

and, to enable the comparison of the local terrestrial and the local altimetry geoids on a common datum:

NORS-DOC: the determination of a number of stations in the vicinity of tide gauges around the North Sea to which the astro-geodetic geoid is tied, using Doppler tracking again at the NNSS frequencies.

The sequence of computations to be adopted for determining the altimetric geoid foresees the acceptance of the relative positions of the tracking stations, from which the momentary position of the satellite during altimetry measurements over the North Sea can be determined by short-arc methods. The altimetry can then be used for a precise geoid determination. Finally, to ensure comparison of the astro-geodetic and altimetric geoids on a common datum, the local astro-geodetic geoid will be transformed into the (near geocentric) reference of the Doppler positions.

General results

The data pre-processing and the positioning computations for all the activities listed above have been carried out with the Kouba programme, GEODOP (3), which is available at IfAG. From the large amount of data, some typical results have been selected to demonstrate the efficiency and the accuracy attainable by Doppler methods.

Table 1 includes the single-point positioning results obtained at the Satellite Observation Station, Wettzell, during the different campaigns making use of the broadcast (BCE) as well as of the precise ephemerides (PE). Concerning BCE the overall differences run up to values around 5 5 m, whereas with PE the maximum differences do not exceed 2 m. The results which are compared here cover a period of 2½ years, from May 1975 to December 1977.

In table 2, which contains a comparison of selected EDOC-2 co-ordinates with those computed for the same stations from EROS-DOC, the results computed from the PE agree within approximately 1 m, whereas the differences in BCE single-point positioning can amount to some 5 m.

In table 3 the results of a special positioning test with two receivers at two stations at a distance of about 50 m are combined; the terrestrial distances and the distances computed from the Doppler co-ordinates are compared. Very small differences are found below 15 cm for the precise ephemeris single point (PE − SP), the precise ephemeris multipoint (PE − MP) and the broadcast ephemeris multipoint solution (BCE − MP). The special test multipoint means that the two stations are computed simultaneously. The differences are significantly larger (up to 2.5 m) for the broadcast ephemeris single-point solution (BCE − SP).

Table 4 contains a comparison of those three lines from DÖDOC (fig. 39), which were observed twice (during two of the four campaigns). The MP7-solutions which are used refer to the four different blocks of DODOC. The $BCE_{12\,13\,14}$ solution has been computed with the broadcast ephemeris using only the observations to those three satellites for which we have no precise ephemeris; following this principle we obtain two models which are nearly independent. Concerning the (PE − MP7) −, the (PE − SP) − and the ($BCE_{12\,13\,14}$ − MP7) solution, the differences in range between two campaigns are of the order of a few decimetres;

Table 1. Doppler co-ordinates of Wettzell, observed during several campaigns

Campaign	*Precise ephemeris-solution single point*			*Broadcast ephemeris-solution single point*		
	x (m)	y (m)	z (m)	x (m)	y (m)	z (m)
EDOC-1[a] (May 1975)	4075 541 10	931 805 31	4081 606 84	4075	931	4081
EDOC-2 (April/May 77)	540 4	805.1	607 4	538 47	804 45	612 10
DÖDOC						
Phase 1 (17 5 -26 5 77)	540 14	805 29	607 70	537 77	803 95	610 20
Phase 2 (1 6 -10 6 77)	540 49	806 13	606 87	535 75	805 11	612 05
Phase 3 (14 6 -23 6 77)	540 73	805 61	606 40	536 12	804 99	612 15
Phase 4 (17 6 -6 7 77)	540 95	805 63	606 63	537 89	804 87	613 18
EDOC-2 (postcamp.) (July 77)	542 03	805 39	606 54	-	-	-
EROS-DOC (2 12 -16 12 77)	541 80	805 11	606 87	543 92	805 29	607 43
Mean of 5-day-intervals (May 75-Nov 76)	541 36	805 17	606 76	-	-	-
Mean	541 00	805 42	606 89	538 32	804 78	611 19
Standard deviation	± 0.64	± 0 33	± 0 41	± 2 94	± 0 49	± 2 08
$\sqrt{m_x^2 + m_y^2 + m_z^2}$		± 0 82			± 3 63	

[a] EDOC-1 – IfAG-GEODOP solution

Table 2. Comparison of EDOC-2 results with EROS-DOC

Station	Doppler solution	Co-ordinates x	Co-ordinates y	Co-ordinates z	Differences (2 − 1) Δx (m)	Differences (2 − 1) Δy (m)	Differences (2 − 1) Δz (m)
WTZ	PE-MP 1	4 075 541 3	931 806 4	4 801 607 6	− 1.0	− 1 5	− 1.7
	2	540 3	804 9	605 9			
	PE-SP 1	541 8	805 1	606 9	− 1.4	0	+ 0.5
	2	540 4	805.1	607 4			
	BCE-SP 1	543.9	805 3	607 4	− 5.4	− 0.8	+ 4.7
	2	538 5	804.5	612 1			
ZMW	PE-MP 1	4 331 297 2	567 531 6	4 633 133 6	− 0.5	− 0.1	+ 0 9
	2	296 7	531.5	134.5			
	PE-SP 1	297.6	530.6	133 2	− 1.1	+ 0.2	+ 0.5
	2	296.5	530 8	133 7			
	BCE-SP 1	299 8	531.3	133 7	− 6 8	− 2.9	+ 5.1
	2	293 0	529 4	138.8			
DNS	PE-MP 1	4 595 234 1	2 039 436.9	3 912 616 0	+ 3.3	− 0 6	− 0 4
	2	237 4	436 3	615 6			
	PE-SP 1	234 7	436 1	615 2	− 1.0	− 0 2	+ 1 6
	2	233 7	435 9	616 8			
	BCE-SP 1	235 7	436 8	616 2	− 5 2	− 2 9	+ 4 8
	2	230 5	433 9	621.0			
Mean differences (2 − 1)	PE-MP				+ 0 6 ± 2 4	− 0.7 ± 0 7	− 0.4 ± 1 3
	PE-SP				− 1 2 ± 0 2	0.0 ± 0 2	0.8 ± 0 6
	BCE-SP				− 5 8 ± 0.8	− 2 2 ± 1 2	+ 4 9 ± 0 2

Note: 1 = EROS-DOC
2 = EDOC-2 (PE-MP, BCE-SP: IfAG-solution; PE-SP/EDOC-Austin)

Table 3. Results of a positioning test with two receivers at two stations at a distance of about 50 m (10 days simultaneous observations at each position)

Simultaneous observations from - to	Terrestrial measured range (metres)	Range differences (Terrestrial Doppler) PE - SP (m)	PE - MP (m)	BCE - SP (m)	BCE - MP (m)
P0 - P1	52.39	− 0 13	− 0 05	1.39	− 0.02
P0 - P2	52 31	+ 0 13	+ 0 21	− 0 12	+ 0 12
P0 - P3	52.35	+ 0 12	+ 0.03	− 0 43	− 0 12
P0 - P4	54 60	− 0 15	− 0 11	− 1 38	− 0 10
P0 - P5	50.48	+ 0 07	+ 0 12	− 2 52	+ 0.09
Mean		+ 0.03	+ 0 04	− 0.61	− 0.01
Standard deviation		± 0 11	± 0.13	± 1 46	± 0.11

again we notice significantly larger values, up to more than 2 m, if we turn to the BCE-single point results. The situation becomes less uniform as we turn to significantly larger networks with large interstation distances and a less uniform configuration (see table 5 and fig. 41, which include corresponding results for the EROS-DOC network). From this kind of comparing chord lengths for networks larger than 1,000 × 1,000 km and distances of more than 500 km between the different stations, we cannot derive a particular advantage for one of the different models. What should be pointed out is that even for lines up to 2,500 km, the maximum difference in chord length between the different solutions is not very much larger than 2.5 m ($1 : 10^6$). Slightly better results follow from table 6, which contains a comparison of three chord lengths computed from EDOC-2 and EROS-DOC.

To demonstrate that even with a relatively weak and extended configuration such as that seen in EROS-DOC we obtain surprisingly good results; some further details concerning this project are listed in tables 7, 8 and 9. Table 7 includes the differences between the co-ordinates from the different solutions. The best agreement with mean differences significantly below 1 m (maximum 1.35 m) exists between the (PE − MP) and the (PE − SP) solution. The

Table 4. Comparison of chord lengths observed during DÖDOC campaigns

Chord length from to	(1) ED 50 (ED 77) (m)	(2) Solution	(3) Phase a (m)	(4) Phase b (m)	(5) 1—3 (m)	(6) 1—4 (m)	(7) 3—4 (m)
WTZ - NDY	641 411 91	PE - MP	412 81	412 81	− 0 90	− 0 90	-
a = phase 1	(412.23)	PE - MP 7	412 99	412 65	− 1 08	− 0 74	+ 0.34
b = phase 2		PE - SP	411.94	411 99	− 0.03	− 0 08	− 0.05
		$BCE_{12\,13\,14}$-MP	411 65	411 65	+ 0 26	+ 0 26	-
		$BCE_{12\,13,14}$-MP 7	411 87	411 54	+ 0.04	+ 0 37	+ 0.33
		BCE - SP	412 55	410.35	− 0 65	− 1 56	+ 2 20
WTZ - KLP	322 323 73	PE - MP	324 01	324 01	− 0.28	− 0 28	-
a = phase 2	(323.53)	PE - MP 7	324.13	323 94	− 0.40	− 0.21	+ 0 19
b = phase 3		PE - SP	323 72	323.45	+ 0.01	+ 0.28	0 27
		$BCE_{12\,13\,14}$-MP	323 71	323 71	+ 0.02	+ 0.02	-
		$BCE_{12\,13,14}$-MP 7	323 61	323.73	+ 0.12	0.00	− 0 12
		BCE - SP	324.18	322.78	− 0.45	+ 0.95	+ 1.40
WTZ - GLZ	283 264 27	PE - MP	263 97	263.97	+ 0.30	+ 0.30	-
a = phase 3	(264.37)	PE - MP 7	264 21	263 68	+ 0.06	+ 0.59	+ 0 53
b = phase 4		PE - SP	263 83	263.61	+ 0 44	+ 0.66	+ 0 22
		$BCE_{12\,13\,14}$-MP	264 60	264.60	− 0 33	− 0.33	-
		$BCE_{12\,13,14}$-MP 7	264 64	264.53	− 0 37	− 0.26	+ 0 11
		BCE - SP	-	-	-	-	-

Table 5. Comparison of the chord lengths of EROS-DOC results with terrestrial chord lengths computed from ED-50 co-ordinates, geoidal heights and heights above mean sea level

Chord length from to	Chord lengths of Doppler solutions 1 PE - MP	2 PE - SP	3 BCE - MP	4 BCE - SP	Terrestrial solution 5 ED 50	Differences (m) 2—1 (m)	3—1 (m)	4—1 (m)	5—1 (m)
GRS ZMW	349 985.95	985.90	985.69	986 38	984.91	− 0.05	− 0 26	+ 0.43	− 1.04
ZMW WTZ	475 910.34	909 95	909 86	909 52	909.31	− 0 39	− 0.48	− 0 82	− 1.03
GRZ CGL	534 974.40	974.94	974 71	972 88	982.04	+ 0.54	+ 0.31	− 1.52	+ 7.64
ZMW KTW	601 439.20	439 68	439 20	439.29	439.73	+ 0 48	0	+ 0 09	+ 0.53
KTW WTZ	602 442.52	442 35	442 31	442 56	443 18	− 0.17	− 0.21	+ 0.04	+ 0.66
GRS WTZ	753 242.38	241 82	241 51	242.02	240.11	− 0 56	− 0.87	− 0 36	− 2.27
CGL DNS	1 292 593.57	592.92	590.87	593 54	582.90	− 0 65	− 2 70	− 0.03	− 10.67
GRS SFD	1 376 262 27	262 70	260.68	261 39	246.21	+ 0 43	− 1.59	− 0 88	− 16 06
SFD CGL	1 378 348.34	348.80	348.09	348 54	333.44	+ 0 46	− 0.25	+ 0.20	− 14.90
MSH WTZ	1 431 534.20	535.58	534.97	536.82	532 60	+ 1 38	+ 0.74	+ 2.62	− 1 60
MSH KTW	1 448 498.59	499.10	498.33	501 30	496.14	+ 0.51	− 0.26	+ 2.71	− 2.45
DNS WTZ	1 235 359.71	360 17	358 54	359 93	348.11	+ 0 46	− 1.17	+ 0 22	− 11 60
GRS DNS	1 557 565.66	565.63	564.27	565.49	556.04	− 0.03	− 1 39	− 0.17	− 9.62
SFD ZMW	1 614 226.90	227 08	225 02	226 39	211 38	+ 0 18	− 1.88	− 0 51	− 15.52
SFD KTW	1 978 040.87	041 90	039.27	039 88	028.30	+ 1 03	− 1 60	− 0 99	− 12.57
DNS MSH	2 447 134.78	136.04	134 97	135 80	123.64	+ 2 26	+ 0.19	+ 1 02	− 11 14

Table 6. Comparison of the chord lengths computed from the results of EDOC-2 and EROS-DOC

From to	Solution	EROS-DOC	EDOC-2	Difference (m)	ppm
WTZ-ZMW	PE - MP[a]	475 910 3	908 7	− 1 6	3 4
	PE - SP	910.0	910.0	0	0
	BCE - SP[a]	909 5	909.6	+ 0 1	0 2
WTZ-DNS	PE - MP[a]	1 512 359 7	361 1	+ 1 4	0 9
	PE - SP	360.2	359.6	− 0 6	0 4
	BCE - SP	359 9	358.4	− 1 5	1 0
ZMW-DNS	PE - MP[a]	1 659 913 7	914.4	+ 0 7	0.4
	PE - SP	914 1	913.3	− 0 8	0.5
	BCE - SP[a]	913 7	913 2	− 0 5	0.3

[a] IfAG results for EDOC-2

differences run up to a maximum of 3.8 m, and average numbers between 0.0 m and 2.2 m if we compare the BCE solutions with the (PE – MP) results. The differences get significantly smaller if the residuals are computed after a transformation with five parameters (3 translations, a rotation round the z-axis and a scale factor) has been carried out (see table 8). The residuals between the (PE – MP) and the (PE – SP) solution are now of the order of 0.3 to 0.4 m (with a maximum of 0.75 m). Concerning the two BCE solutions we obtain mean residuals of the order of 0.5 to 0.7 m with maximum values below 1.4 m.

In table 9 the results of three five-parameter transformations of the ED-50 co-ordinates to the EROS-DOC results are listed, together with the residuals. The results are changing significantly, and the residuals are getting consequently smaller, if two (FDO and DNS) or three (FDO, DNS and CGL) stations are deleted. From these results we have to deduce that it is not useful to determine only one set of transformation parameters for the total ED-50 if we want to guarantee an accuracy within the region of a few metres.

Finally, table 10 contains the results of some transformations of the DÖDOC network. For three stations the residuals are set in brackets, since the co-ordinates of those stations—owing to malfunctioning of the receiver (Magnavox GEO II)—have not been introduced into the transformation procedure. The first two columns of table 10 include the results of transforming the (PE – MP) – and the ($BCE_{12,13,14}$ – MP) solution to the Federal Republic of Germany part of ED-77. The original residuals v_x, v_y and v_z have been transformed into the more convenient northings (ΔN), eastings (ΔE) and heights (ΔH). In studying the

Table 7. Differences in EROS-DOC co-ordinates

	(BCE-SP) – (PE-SP)			(BCE-MP) – (PE-MP)			(PE-SP) – (PE-MP)		
Station	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)
MSH	0 49	0 64	0 49	−0 05	−0 80	1 17	−0 02	−0 20	0 27
KTW	2 77	−0 41	0 23	0 73	0 16	1 83	0 01	−0 66	0 09
WTZ	2 12	0 18	0 56	1 04	−0 39	1 30	0 49	−1 32	−0 68
ZMW	2 03	0 71	0 50	1 15	−0 09	2 20	0 37	−1 02	−0 41
GRS	1 44	0 34	−0 78	1 02	0 10	2 42	0 28	−0 74	−0 44
CGL	0 94	0 18	1 64	0 88	1 25	2 56	0 52	−0 26	−0 73
FDO	2 17	0 57	2 11	1 05	1 32	3 78	0 22	−0 67	−1 35
DNS	0 96	0 77	1 02	1 15	−1 51	1 97	0 68	−0 89	−0 79
Mean	1 62	0 37	0 72	0 87	0 01	2 15	0 32	−0 72	−0 51
Standard deviation	±0 78	±0 39	±0 89	±0 39	±0 96	±0 82	±0 24	±0 37	±0 51

Table 8. Transformation of EROS-DOC (PE - SP), (BCE - MP) and (BCE - SP) to the (PE - MP) solution

Translation:	Δx = − 1 1 ± 0 57 m Δy = − 0 4 ± 0 65 m Δz = − 1 8 ± 0 59 m	Δx = + 3 5 ± 0 95 m Δy = − 1 3 ± 1 08 m Δz = + 4 6 ± 0 97 m	Δx = + 1 3 ± 0 97 m Δy = − 1 5 ± 1 10 m Δz = − 0 7 ± 0 99 m
Rotation:	w_z = 0″0 ± 0″03	w_z = 0″0 ± 0″05	w_z = 0″0 ± 0″05
Scale:	$d\mu$ = +(0 3 ± 0 12) 10^{-6}	$d\mu$ = −(0 5 ± 0 2) 10^{-6}	$d\mu$ = +(0 2 ± 0 2) 10^{-6}

	(PE - SP)→(PE - MP)			(BCE - MP)→(PE - MP)			(BCE - SP)→(PE - MP)		
Station	Δ N	Δ E	Δ H	Δ N	Δ E	Δ H	Δ N	Δ E	Δ H
Metsähovi	− 0 34	− 0 14	− 0 75	− 0 96	− 0 64	+ 0 96	− 0 64	− 1 36	− 0 03
Kootwijk	− 0 34	− 0 13	− 0 23	− 0 34	− 0 17	+ 0 35	+ 0 61	+ 0 64	− 0 48
Wettzell	+ 0 25	+ 0 71	+ 0 21	+ 0 51	+ 0 23	+ 0 49	+ 0 69	+ 0 93	− 0 07
Zimmerwald	+ 0 02	+ 0 24	− 0 02	+ 0 07	+ 0 24	− 0 20	+ 0 41	− 0 01	− 0 17
Grasse	− 0 10	− 0 09	+ 0 03	0	+ 0 15	− 0 28	+ 0 79	+ 0 04	+ 1 22
Cagliari	+ 0 16	− 0 52	0	+ 0 21	− 0 96	− 0 46	− 0 97	− 0 21	− 0 07
San Fernando	+ 0 40	− 0 54	+ 0 59	− 0 95	− 0 31	− 0 77	− 0 59	− 0 31	− 0 36
Dionysos	+ 0 06	+ 0 53	+ 0 17	+ 0 72	+ 1 26	− 0 09	− 0 14	+ 0 09	− 0 04
Standard deviation	± 0 27	± 0 45	± 0 38	± 0 62	± 0 67	± 0 55	± 0 61	± 0 68	± 0 52

Correlation-matrix		Δx	Δy	Δz	w_z	dμ
	Δx	1 00	0 05	− 0 92	0 19	0 95
	Δy		1 00	− 0 14	− 0 96	0 15
	Δz			1 00	0 00	0 97
	w_z				1 00	0 00
	dμ					1 00

Table 9. Transformation of ED-50 to the EROS-DOC (PE–MP) solution

	All 8 EROS-DOC stations	*Without FDO and DNS*	*Without FDO, DNS and CGL*
Translation:	$\Delta x = -103.2$ m ± 5.9 m $\Delta y = -85.5$ m ± 6.7 m $\Delta z = -138.9$ m ± 6.0 m	$\Delta x = -82.3$ m ± 4.0 m $\Delta y = -84.7$ m ± 4.7 m $\Delta z = -115.0$ m ± 4.4 m	$\Delta x = -87.6$ m ± 1.7 m $\Delta y = -90.2$ m ± 1.9 m $\Delta z = -123.9$ m ± 2.0 m
Rotation:	$w_z = 1''.5 \pm 0''.31$	$w_z = 1''.4 \pm 0''.23$	$w_z = 1''.1 \pm 0''.10$
Scale:	$d\mu = (4.4 \pm 1.30) \cdot 10^{-6}$	$d\mu = (-0.32 \pm 0.9) \cdot 10^{-6}$	$d\mu = (1.4 \pm 0.4) \cdot 10^{-6}$

Station	ΔN (m)	ΔE (m)	ΔH (m)	ΔN (m)	ΔE (m)	ΔH (m)	ΔN (m)	ΔE (m)	ΔH (m)
Metsähovi	2.70	4.31	0.85	2.04	−0.79	−0.55	−0.35	0.24	−0.71
Kootwijk	3.62	−2.56	−2.22	1.98	−0.45	−0.62	1.08	−0.64	−0.14
Wettzell	−0.05	−0.71	−2.20	0.23	−0.91	−0.77	−0.81	0.04	−0.59
Zimmerwald	0.30	−2.40	−1.09	1.64	−0.49	0.49	0.15	0.03	1.01
Grasse	−0.26	−2.70	−1.71	2.78	−0.36	−0.24	0.39	0.40	0.42
Cagliari	−9.70	0.56	0.62	−4.13	2.40	1.70	-	-	-
San Fernando	2.28	8.00	1.46	-	-	-	-	-	-
Dionysos	4.21	−4.29	6.00	-	-	-	-	-	-
Standard deviation	±4.41	±4.16	±2.75	±2.54	±1.25	±0.95	±0.73	±0.40	±0.72

Table 10. Transformation of the DÖDOC solutions (PE – MP) and ($BCE_{12.13.14}$ - MP) to ED-77 (Federal Republic part) and (PE – MP) to ($BCE_{12.13.14}$ – MP) (Federal Republic part) without the stations observed with Magnavox GEO II

Translation:	$\Delta x = -90.4 \pm 1.1$ m $\Delta y = -94.9 \pm 1.4$ m $\Delta z = -124.3 \pm 1.4$ m	$\Delta x = -85.7 \pm 1.4$ m $\Delta y = -93.9 \pm 1.7$ m $\Delta z = -113.3 \pm 1.7$ m	$\Delta x = -4.7 \pm 1.1$ m $\Delta y = -1.1 \pm 1.3$ m $\Delta z = -13.9 \pm 1.3$ m
Rotation:	$w_z = 0''.92 \pm 0''.07$	$w_z = 0''.96 \pm 0''.09$	$w_z = 0''.04 \pm 0''.06$
Scale:	$d\mu = (2.1 \pm 0.2) \cdot 10^{-6}$	$d\mu = (0.2 \pm 0.3) \cdot 10^{-6}$	$d\mu = (2.0 \pm 0.2) \cdot 10^{-6}$

Station	*(PE–MP)⟶ED-77*			*($BCE_{12.13.14}$–MP)⟶ED-77*			*(PE–MP)⟶($BCE_{12.13.14}$–MP)*		
	ΔN	ΔE	ΔH	ΔN	ΔE	ΔH	ΔN	ΔE	ΔH
WTZ	− 0.33	+ 0.05	− 0.14	− 0.65	− 0.34	− 0.19	+ 0.31	+ 0.39	+ 0.05
DME	− 0.16	+ 0.03	+ 0.01	+ 0.04	+ 0.24	+ 0.00	− 0.20	− 0.21	+ 0.00
KMP	− 0.08	+ 0.31	− 0.14	+ 0.09	− 0.04	+ 0.55	− 0.18	+ 0.34	− 0.69
PNK	− 0.34	+ 0.05	− 0.22	− 0.32	+ 0.24	− 0.25	− 0.03	− 0.19	+ 0.02
XNT	− 0.19	− 0.08	+ 0.44	− 0.05	− 0.33	+ 0.12	− 0.24	+ 0.25	+ 0.32
NDY	+ 0.41	− 0.23	+ 0.37	+ 0.30	− 0.13	+ 0.27	+ 0.11	− 0.10	+ 0.10
FRT	+ 0.01	+ 0.03	+ 0.55	+ 0.32	+ 0.02	+ 0.85	− 0.31	+ 0.01	− 0.30
KTB	+ 0.30	− 0.21	− 0.03	− 0.13	− 0.24	− 0.28	+ 0.43	+ 0.03	+ 0.25
KLP	+ 0.11	+ 0.02	+ 0.24	− 0.07	+ 0.07	+ 0.21	+ 0.17	− 0.04	+ 0.04
PFA	− 0.08	− 0.13	+ 0.07	− 0.01	+ 0.41	+ 0.01	− 0.06	− 0.53	+ 0.06
FBG	− 0.02	− 0.04	− 0.85	+ 0.07	+ 0.24	− 0.97	− 0.09	− 0.29	+ 0.12
KOC	+ 0.34	+ 0.21	− 0.28	+ 0.23	− 0.15	− 0.31	+ 0.11	+ 0.36	+ 0.03
HHB*	(− 0.27)	(+ 0.60)	(− 0.67)	(+ 0.13)	(− 0.02)	(− 0.34)	(− 0.40)	(+ 0.62)	(− 0.33)
COB*	(+ 1.05)	(− 0.77)	(− 0.76)	(− 0.36)	(− 0.57)	(− 0.73)	(+ 1.40)	(− 0.20)	(− 0.03)
HPG*	(+ 0.20)	(− 0.25)	(+ 0.07)	(+ 0.36)	(− 0.38)	(+ 0.11)	(− 0.15)	(+ 0.13)	(− 0.04)
Standard deviation	± 0.25	± 0.16	± 0.38	± 0.27	± 0.24	± 0.46	± 0.23	± 0.29	± 0.26

* Magnavox GEO II stations which are not used in computing the transformation parameters

resulting parameters we have to realize that, owing to the small dimension of the networks, there exists a strong correlation—e.g., between the translation parameters and the scale factor. The resulting scale differences do not necessarily mean that there really exists a scale factor of such a magnitude; the resulting sets of numbers represent only a best fit for the small area of the Federal Republic of Germany. The mean residuals in northings and eastings between the (PE – MP) – and the ($BCE_{12.13.14}$ – MP) solutions and ED-77 are of the order of 0.15 m to 0.25 m, with a maximum of 0.4 m for the PE– and 0.65 for the BCE solution. The overall conformity between the Doppler and the terrestrial network turned out to be much higher than had been expected.

The differences in height are somewhat larger than those in northings and eastings. The origin of these larger differences obviously results from the less accurate geoid. Such a conclusion is confirmed by a comparison of the currently used astro-geodetic geoid (9)(10) with a gravimetric geoid computed by Lelgemann (11),(12).

Table 11 includes the correlation matrix concerning the DÖDOC transformation to ED-77.

We obtain residuals of a similar small magnitude (average 0.25 m, maximum 0.7 m) if we transform the (PE − MP) to the ($BCE_{12,13,14}$ − MP) solution. From these results it can be deduced that concerning multipoint positioning the BCE solution is equivalent to the PE model; such a conclusion is very important for those users who have no access to the precise ephemerides.

Table 11. Correlation matrix concerning the DÖDOC transformation to ED-77

Unknowns	Δx	Δy	Δz	w_z	$d\mu$
Δx	1.00	− 0.05	+ 0.97	− 0.21	− 0.97
Δy	-	1.00	+ 0.16	+ 0.98	− 0.16
Δz	-	-	1.00	+ 0.00	− 0.99
w_z	-	-	-	1.00	− 0.00
$d\mu$	-	-	-	-	1.00

Conclusions

From the large number of activities and computations which have been described, the following conclusions may be drawn:

(*a*) The reproducibility of NNSS Doppler co-ordinates computed from the broadcast ephemerides in the single point mode is of the order of 5 m; the equivalent value based on the precise ephemerides is 1 to 2 m (the remaining differences result from uncertainties in the orbit determination, from refraction errors and from using different computing models).

(*b*) Much higher precision in the vicinity of a few decimetres (0.2 to 0.4 m) is attainable as soon as we make use of multipoint positioning methods within networks up to 1,000 × 1,000 km and—more important—with station-to-station distances not larger than 200 to 400 km (short-arc, semi-short-arc or translocation techniques). These methods are even applicable to more extended networks if the distance between the stations does not exceed the 200 to 400 km limit (if necessary by subdividing the network into different blocks). Most important is that here we obtain results of a really high relative accuracy, making use of both the precise and the broadcast ephemerides. This application promises and guarantees optimal results—e.g., in connection with basic networks to be densified by photogrammetric aerial triangulation and traversing with conventional or inertial techniques. Using this mode, NNSS Doppler positioning is even then of important assistance if we have to control and improve large continental networks—e.g., the European Triangulation or the North American Network.

(*c*) If the distance between the stations exceeds 500 km and the network is not of optimal configuration, the precision attainable by multipoint positioning techniques is of the order of 1 to 2m. If the north/south extent of the network is very large (e.g., if 30 minutes of the arc of a single pass can be observed across the network), care must be taken in applying the mathematical model making use of the variable parameters of the BCE.

(*d*) From the experiences of the three EDOC-2 computing centres we have learned that from using different models in computing large Doppler networks, differences of the order of approximately 0.5 to 1 m in each co-ordinate may occur due to the modelling. There appears to be a strong correlation between the level of accuracy achieved and the quality of the data collected or the observing conditions experienced. To obtain the highest accuracy—around 0.1 to 0.2 m—further studies to define the optimal data processing model are strongly recommended.

References

1. Seeger, H. *and* P. Wilson. Doppler activities, 1974-1978, at the Institut für Angewandte Geodäsie. Paper prepared for the Meeting for Discussion on Satellite Doppler Tracking and Geodetic Applications, Royal Society, London 10-11 October 1978.
2. Present status of the FRG/Austrian Doppler observation campaign. *By* W. Schlüter *and others*. Paper presented at the Second International Symposium on the Use of Artificial Satellites for Geodesy and Geodynamics, Lagonissi, 1978.
3. Kouba, J. *and* J. D. Boal. Program GEODOP documentation. Ottawa, Geodetic Survey of Canada, 1975.
4. Nouel, F. Campagne EDOC. Report presented at the Journées Luxembourgeoises de Géodynamique, Walferdange, 1975.
5. Seeger, H. *and* P. Wilson. Proposal for the establishment of a European Doppler network. Paper presented at the Journées Luxembourgeoises de Géodynamique, Walferdange, 1976.
6. Seeger, H., D. Lelgemann *and* P. Wilson. On Doppler activities in Western Europe. Paper submitted to the Intercosmos Symposium on Geodetic Uses of Artificial Satellites and Upper Atmosphere Research, Olsztyn, Poland, 12-16 September 1978.
7. Boucher, C., P. Paquet *and* P. Wilson. The second European Doppler observation campaign (EDOC-2): results and conclusions obtained by EDOC-2 computing centres. Paper presented at the Second International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, Austin, Texas, 22-26 January 1979.
8. The FRG/Austrian and the EROS Doppler Observation Campaigns (DÖDOC and EROS-DOC). *By* H. Seeger *and others*. Paper submitted to the Second International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, Austin, Texas, 22-26 January 1979.
9. Heitz, S. Eine astronomisch-geodätische Geoidbestimmung für Westdeutschland. Deutsche Geodätische Kommission B 167. Frankfurt am Main, 1969.
10. Heitz, S. Auf das Bessel-Ellipsoid bezogene astrogeodätische Geoide für die Bundesrepublik Deutschland. NAKAVERM I 48. Frankfurt am Main, 1970.
11. Lelgemann, D. Zur gravimetrischen Berechnung des Geoide der Bundesrepublik Deutschland. Deutsche Geodätische Kommission A 77. Frankfurt am Main, 1977.
12. Lelgemann, D. The astro-gravimetric computation of the geoid in the Federal Republic of Germany. Paper submitted to the International Symposium on the Geoid in Europe and the Mediterranean Area, Ancona, Italy, 25-29 September 1978.

APPLICATION OF THE TECHNIQUE OF MOTORIZED HIGH-PRECISION LEVELLING*

Paper presented by the German Democratic Republic

RÉSUMÉ

La technique traditionnelle du nivellement géométrique exige beaucoup de temps et comporte des opérations nécessitant des travaux physiques pénibles. C'est ce qui a incité la République démocratique allemande à mettre au point la technique du motonivellement de haute précision. Cette technique est caractérisée essentiellement par le fait que l'instrument et les repères de nivellement sont transportés par des véhicules de petite ou moyenne dimension, faciles à manœuvrer, ainsi que par l'utilisation d'un niveau autoréglable de haute précision NI 002, qui vient d'être mis au point par la société d'Etat VEB Carl Zeiss Jena. Comme dans les autres dispositifs de ce genre, l'instrument de nivellement et les repères reposent sur le sol par l'intermédiaire respectivement d'un trépied et d'embases. L'instrument de nivellement et les autres appareils de mesure peuvent être maniés sans qu'on ait à descendre du véhicule (un véhicule pour l'instrument et deux pour les repères). Le niveau autoréglable de haute précision répond aux exigences du motonivellement de haute précision grâce en particulier à l'horizon presque absolu qu'on obtient en mesurant deux positions du niveau autoréglable et grâce aussi aux éléments de contrôle qu'il comporte (un de chaque côté ou avec accès possible des deux côtés).

En République démocratique allemande, cette nouvelle technique a permis jusqu'à présent d'obtenir les résultats ci-après :

Nivellement de très haute précision :

6 500 km de nivellement trigonométrique;

Précision de ± 0,38 mm/km entre les mesures trigonométriques et les mesures directes;

Vitesse de nivellement de 1,1 km à l'heure avec une distance de visée moyenne de 31 m (maximum de 40 m) et une séquence de lecture arrière-avant avant-arrière;

Accroissement de 75 p. 100 de la vitesse de nivellement par rapport à la technique classique;

Sur des lignes de nivellement, avec des distances de visée d'un maximum de 60 m et une erreur type de ± 0,5 mm/km, la vitesse de nivellement a augmenté de 1,8 km/h.

La technique de motonivellement de haute précision a fait ses preuves dans la pratique et se prête à toute opération de nivellement de haute précision. Elle est supérieure à la technique traditionnelle.

RESUMEN

La técnica tradicional de nivelación geométrica consume mucho tiempo y entraña operaciones que requieren un duro trabajo físico. Por esta razón, se elaboró en la República Democrática Alemana la técnica de nivelación motorizada de alta precisión. Esta técnica se caracteriza esencialmente por el hecho de que el instrumento de nivelación y los jalones de mira se transportan con la ayuda de vehículos de porte pequeño o mediano, de fácil manejo, y por el empleo de un nivel NI 002 de autoalineación y alta precisión, elaborado recientemente por la empresa de propiedad estatal VEB Carl Zeiss Jena. El instrumento de nivelación y los jalones se colocan en el terreno, como es usual, sobre un trípode y sobre plataformas respectivamente, mientras el instrumento y los otros equipos de medición se manejan desde los vehículos (uno con el instrumento, dos con los jalones). El nivel de autoalineación y alta precisión responde a las exigencias de la nivelación motorizada de alta precisión, especialmente mediante su casi absoluto horizonte, que se obtiene midiendo en dos posiciones autoalineadas del nivel y mediante los elementos de control fijos a ambos lados o accesibles desde ambos lados.

En la República Democrática Alemana se han logrado en este momento los siguientes resultados en nivelaciones realizadas con esta novedosa técnica:

Nivelación de muy alta exactitud;

Nivelación recíproca de 6.500 km;

Exactitud de ± 0,38 mm/km por diferencias entre las medidas directas y las recíprocas;

Velocidad de nivelación de 1,1 km/h con una distancia media de mira de 31 metros (máxima de 40 metros) y una secuencia de lecturas de hacia atrás—hacia adelante—hacia adelante—hacia atrás;

Aumento de la velocidad de nivelación, en comparación con la técnica tradicional, de un 75%;

En líneas de nivelación con distancias de mira de un máximo de 60 metros y un error típico de ± 0,5 mm/km, la velocidad de nivelación incrementó a 1,8 km/h.

La técnica de nivelación motorizada de alta precisión ha sido probada en la práctica y es apta para realizar nivelaciones con muy alta exactitud. Es superior a la técnica tradicional.

INTRODUCTION

In preparation for extensive levelling activities requiring very high accuracy, Dresden Technical University, in collaboration with the nationally owned enterprise VEB Carl Zeiss Jena and State-run institutions of surveying and mapping, conducted investigations aimed at reducing the time spent on geometric high-precision levelling using traditional measuring techniques and decreasing the physical load of the workers participating in levelling. Those investigations resulted in a method of motorized high-precision levelling. It uses the NI 002 high-precision self-aligning level, which was developed by VEB Carl Zeiss Jena specifically for that purpose.

* The original text of this paper, prepared by S. Nitzsche and J. Steinberg, appeared as document E/CONF.71/L.25.

Function and equipment

Motorized high-precision levelling is distinguished from traditional measuring by the fact that motor vehicles are used to transport the measuring equipment from one place to another. The measuring technique remains unchanged.

The levelling instrument and the rods are put on a tripod or on rod footplates. The instrument and the other measuring equipment are put on the ground and operated from motor vehicles. Only a minor change is necessary in order to adjust the vehicles to the new technique. A testing crew, usually composed of four persons, needs one vehicle for the instrument and two vehicles for the rods.

Easily steered small and middle-sized cars are suitable for the technique. In the German Democratic Republic, a special version of the production-line Trabant car—a jeep with an open car body and a folding hood—is used as instrument vehicle. It is characterized by ease of care and stability, and passed its test under practical conditions.

The instrument car carries the following equipment:

(*a*) NI 002 high-precision self-aligning level;

(*b*) A special type of tripod with a device for rapid levelling of the levelling instrument;

(*c*) A lifting device for the tripod, with a mounted level for transportation from one place to another;

(*d*) An observation stand with a safety guard;

(*e*) A mini computer with an instrument to record measured data.

The rod cars carry the following equipment:

(*a*) A high-precision level rod with swivel joint;

(*b*) A control device, mounted to the vehicle, for turning the rod;

(*c*) A rod footplate with replaceable centres and a fastening device for safely putting the device on the roadway.

In addition, each car is equipped with a metre counter for stationing the positions, a radio-telephone, and warning signs for other road users.

Actual measuring by means of the equipment is possible after a short period during which crew members make themselves familiar with it. No specialized training is required, but all crew members should possess driving licences.

The levelling instrument

The NI 002 high-precision self-aligning level meets all the demands of motorized high-precision levelling, especially as regards stability of adjustment under the hard conditions of motorized transport and a quasi-absolute horizon, which is achieved in two self-aligning level positions and makes it possible to do without an accurate prestationing. The required accuracy of stationing is dependent on the effect of the earth's curvature and refraction only because of unequal sighting distances. Accuracy can be observed without any difficulty if the sighting distances are measured by the vehicle-mounted metre counter during change of place.

Of great advantage in motorized levelling are the control elements (among other things, a pivoted eye-piece) mounted on both sides or within easy reach from both sides, the automatic coarse/fine focusing and the safety coupling with infinite fine adjustment. Owing to temperature sensitivity of the instrument as a consequence of its compact design and the fact that all functional units are located inside it, case measuring in two self-aligning level positions can dispense with solar-radiation protection by means of an observation shield.

Application of the technique, and accuracy achieved

After a thorough test of high-precision levelling, the technique has been used successfully in the German Democratic Republic for a total of 6,500 km of reciprocal levelling of very high accuracy. Even in terrain-conditioned sighting distances of less than 20 m, this up-to-date technique was used.

A standard error of ± 0.38 mm/km was observed. That value characterizes in an overall way the accuracy reached by the technique of motorized high-precision levelling. The standard error of the recording system (influenced by the instrument, level rods and observers) is ± 0.25 mm/km. Finally, from grid adjustment, a standard error of ± 0.89 mm/km was observed. It contains—apart from the effects of the measuring technique—other correlated elements, such as effects of local crustal movements, technogene effects, short-term and long-term movements of the earth's crust and the fixed points.

The technique can be recommended for all line levellings with a distance of several kilometres. For the motor vehicles, however, an adequate road network or passable ways and passing lanes are indispensable. If lower requirements are placed on accuracy, a simplified technique can be used.

Efficiency of the technique

The levelling speeds are largely dependent upon the sighting distances. In case of very high accuracy levelling, they reached a maximum of 40 m, and averaged 31 m. That equals a levelling speed of 1.1 km/h, corresponding to a holding time of less than 3.5 minutes, including position change (reading sequence: rear view—front view—front view—rear view). If compared to the traditional technique, the levelling speed was increased by 75 per cent. In addition, a cutting in costs was achieved.

A levelling speed of 1.8 km/h was achieved in the case of levelling lines on which a standard error of ± 0.5 mm/km originated, which was due to larger sighting distances (maximum, 60 m) and the non-observance of some measuring principles of levelling of very high accuracy.

The data on the levelling speed do not include extra periods necessary for equipment checking, earth work in the case of sub-surface marks, on-the-spot evaluations, longer recreation periods due to tiring work, maintenance of vehicles and equipment, and other factors.

Summary

The technique of motorized high-precision levelling stood its test for very high accuracy requirements in practice. It is superior to the traditional technique and has been successfully used in the German Democratic Republic for all measurements on levelling lines of high and very high accuracy—e.g., for making special levelling grids for geology, mining and water management or for follow-up levelling for tasks of engineering geodesy.

REFERENCES

Becker, J. M. Das motorisierte Nivellement in Schweden (Motorized levelling in Sweden). *Vermessungsinformationen* (Jena) 1977. FIG special issue: 37.

Degenhardt, K. and Ch. Graupner. Erste Erfahrungen aus der Anwendung des Verfahrens des motorisierten Nivellements in Verbindung mit dem Präzisions-Kompensatornivellier NI 002 des VEB Carl Zeiss Jena (Initial experience gained from the application of the technique of motorized levelling in conjunction with the NI 002 high-precision self-aligning level manufactured by Carl Zeiss Jena). FIG special issue: 24-27

Hüther, G. Das Präzisions-Kompensatornivellier NI 002 des VEB Carl Zeiss Jena (The NI 002 high-precision self-aligning level manufactured by Carl Zeiss Jena). *Jenaer Rundschau* (Jena) special fair issue: 56-60, 1973; and *Vermessungstechnik* (Berlin) 21 3:87-89, 1973

Nitzsche, S. Motorisiertes Präzisionsnivellement (Motorized high-precision levelling). *Geodätische und Geophysikalische Veröffentlichungen* (Potsdam) 29:99-104, 1973

Peschel, H. Das motorisierte Präzisionsnivellement—leistungsfähigstes Verfahren genauer Höhenmessungen (Motorized high-precision levelling—the most efficient technique of accurate measurements of difference in elevation). *Vermessungstechnik* (Berlin) 22 2:57-64, 1974

Scheufele, H. Der Wendekompensator des NI 002—Temperatureinfluß und Standpunktkontrolle (The reversible self-aligning device of the NI 002 level-temperature influence and station control). *Vermessungsinformationen* (Jena) 1977. FIG special issue: 28-30

Schöne, J. and S. Nitzsche. Erfahrungen mit dem motorisierten Nivellement (Experience gained with motorized levelling). *Vermessungsinformationen* (Jena) 28:20-23, 1973.

Seltmann, G. Ausrüstung für das motorisierte Präzisionsnivellement (Equipment for motorized high-precision levelling). *Vermessungsinformationen* (Jena) 1977. FIG special issue: 20-23

Steinberg, J. Anwendung moderner Verfahren bei der Auswertung von Präzisionsnivellements (Application of up-to-date techniques in evaluating high-precision levelling results). *Vermessungstechnik* (Berlin) 26 7:228-230, 1978

Strosche, H. Das motorisierte Nivellement—Forderungen an ein Nivellier (Motorized levelling—requirements to be met by a level). *Vermessungsinformationen* (Jena) 1977. FIG special issue: 8-10

SYSTÈME DE NAVIGATION POUR LE TRAVAIL AÉRIEN*

Document présenté par la France

SUMMARY

Aerial photography, remote sensing and geophysical prospecting activities undertaken by the Institut géographique national made it necessary to study the main problem to which they give rise, i.e., navigation systems for aerial surveys.

Analyses of the cost, accuracy and reliability of such systems led to a study and comparison of the following methods:

(*a*) Visual navigation;

(*b*) Navigation using self-contained systems (Doppler, inertial systems);

(*c*) Navigation systems requiring special ground equipment (Omega, Trident).

As a result of those investigations, aerial navigation operations at the Institute are now oriented in two directions:

(*a*) Inside France, towards the use of the Trident system with 30 fixed beacons being placed all over France (excellent accuracy);

(*b*) Outside France, towards a combination of less accurate systems without any special ground equipment.

Les diverses missions du Service des activités aériennes de l'Institut géographique national (IGN) dans le domaine de la photographie aérienne, de la télédétection ou de la prospection géophysique l'ont amené à étudier depuis de très nombreuses années le problème majeur que posent ces travaux, c'est-à-dire le positionnement d'un mobile à la surface de la Terre et cela quels que soient les documents disponibles et les conditions météorologiques.

Si les systèmes de navigation actuellement sur le marché sont relativement satisfaisants pour les vols commerciaux, il n'en est pas de même dans le travail aérien.

En effet, suivant les missions demandées, cinq types de problèmes risquent de se poser aux entreprises dans l'utilisation de ces moyens, à savoir : le coût de l'appareillage; l'adaptation sur avions; la précision du système; la portée du système; et la fiabilité.

Dans le travail aérien trois types de navigation peuvent être employés: la navigation à vue; la navigation à l'aide de systèmes autonomes montés sur l'avion; et la navigation à l'aide de systèmes nécessitant une infrastructure au sol.

Si nous éliminons certains systèmes de navigation qui nécessitent une infrastructure au sol importante donc coûteuse (type Motorola, Syledis Trident) nous considérons qu'aucun moyen n'est satisfaisant en soi. Bien souvent, en effet, il faudra coupler la navigation à vue avec un système autonome pour obtenir des résultats satisfaisants.

C'est la méthode que l'IGN a employée en Guyane française pour effectuer 50 000 km de prospection géophysique. Ce travail a été effectué en navigation Doppler avec recalage à vue sur une mosaïque photo.

A l'heure actuelle voici l'analyse que nous faisons de systèmes et les orientations que nous envisageons de prendre.

* Le texte original de ce rapport, préparé par M. Roy, Institut géographique national, a paru sous la cote E/CONF.71/L.32

Systèmes nécessitant une infrastructure au sol

Omega

Ce dispositif, bien que nécessitant une infrastructure au sol, se rapproche de systèmes autonomes car cette infrastructure est implantée dans le monde entier sous forme de huit stations. Les constructeurs estiment la précision en position sur l'ensemble du globe à 2,5 km; sur des secteurs favorisés, on peut atteindre 1 km, mais dans tous les cas il n'est pas possible d'obtenir mieux que 500 m à cause des fluctuations de la propagation des ondes V,L,F. Certains systèmes de complément en moyenne fréquence existent ou sont en développement, mais les constructeurs ne garantissent pas une précision inférieure à 500 m.

Trident

Le système Trident est constitué d'un coffret interrogateur et d'un calculateur embarqué à bord de l'avion (ou de l'hélicoptère) ainsi que d'un réseau de balises implantées préalablement sur des points géodésiques. En utilisation, le système fournit en permanence et simultanément les distances entre l'interrogateur et quatre balises. Ces données sont ensuite traitées par le calculateur qui fournit les informations nécessaires au suivi d'une trajectoire programmée.

La précision de navigation obtenue à l'aide de ce système est excellente : de un à quelques mètres selon la géométrie de la figure formée par l'avion et les balises interrogées. La portée est de l'ordre de 150 km, ce qui nécessite un réseau de balises au sol relativement dense.

Systèmes autonomes

Doppler

Il devra être associé à une centrale bigyroscopique (SFIM) fournissant le cap de l'avion et la verticale. L'intérêt de ce dispositif est d'une part : d'être constitué d'un gyroscope de cap stabilisé par un gyroscope de verticale, diminuant ainsi considérablement les perturbations provenant des évolutions de l'avion; d'autre part de donner des écarts angulaires par rapport à une référence introduite au sol, ce qui supprime l'influence des variations de la déclinaison magnétique. L'erreur maximale globale devrait être en position 0,5 p. 100 de la distance parcourue et en verticale de 0,3°. Ces chiffres sont donnés par les constructeurs, pour un avion de combat supersonique en mission de bombardement, subissant donc des accélérations sans aucun rapport avec celles subies par un avion de travail aérien.

Centrale à inertie

Elle constitue à l'heure actuelle un système très coûteux tant à l'achat qu'en maintenance; sa précision est au mieux celle de l'ensemble Doppler précité. Son utilisation pour de la navigation de précision se justifie actuellement pour des travaux maritimes, car, dans ce cas, le Doppler est influencé par les courants de surface. Cette position est celle de différents utilisateurs qui prévoient respectivement le système Doppler et la centrale à inertie sur des avions en cours de développement.

La centrale à inertie prendra peut-être un avantage sur le Doppler dans quelques années à la suite de la commercialisation de gyroscopes à laser sans mouvements mécaniques et sans calibration, diminuant ainsi le prix d'achat et surtout le coût de la maintenance.

NORMES DE PRÉCISION MINIMALES POUR UNE UTILISATION DANS LE TRAVAIL AÉRIEN DES CENTRALES À INERTIE

Attitude : 0,3° à 0,5° pour les trois axes (roulis, tangage, lacet)

Navigation

Dérive maximale après une heure de vol sans recalage : 1 500 à 2 000 m

Précision absolue après six heures de vol

Radar latéral (avec recalage toutes les demi-heures) < 1 000 m

Photographie (avec recalage tous les quarts d'heure) < 500 m

ce qui en pratique limite l'utilisation du système aux échelles de prises de vues inférieures ou égales à 1:30 000. Par ailleurs, il est exclu de prévoir une période de recalage inférieure au quart d'heure.

MAINTENANCE

Les centrales à inertie classiques lorsqu'on leur demande une grande précision nécessitent un étalonnage périodique délicat impliquant une réexpédition chez le constructeur; de plus le coût de la maintenance générale est assez élevé du fait de la fragilité des éléments qui les composent.

Un progrès très important devrait avoir lieu dans les années à venir grâce à l'apparition des centrales ne comportant plus de cardans :

a) Centrales à composants liés développées par la SFIM;

b) Centrales à laser développées par :

Honeywell aux Etats-Unis d'Amérique;

Ferranti et Sperry au Royaume-Uni;

Quantel et Thomson CSF en France où les premiers essais en vol devraient avoir lieu en 1979.

Le matériel américain est en cours d'essais depuis 1975 et semble présenter : 1) un MTBF de 4 000 h; 2) une dérive de 1,6 km par heure maximale, et ne pas nécessiter de réétalonnage. Boeing a choisi cet équipement pour ses futures productions B 757 et 767.

CONCLUSION

La navigation associée à la prise de vues aériennes semble s'orienter dans deux directions :

a) En France avec l'utilisation du système Trident. A moyen terme, la France serait couverte par un réseau de 30 balises fixes de façon à réaliser en toute zone des prises de vues avec clichés précentrés dans d'excellentes conditions de précision.

b) A l'étranger par l'utilisation d'un système autre (Omega, centrale à inertie, combinaison Doppler + SFIM) de moindre précision mais ne nécessitant que peu ou pas d'infrastructures au sol.

EXAMEN DES TECHNIQUES DE POINTE ET DES FAITS NOUVEAUX : GÉODÉSIE ET STÉRÉOPRÉPARATION, NOTAMMENT PAR SATELLITE*

Document présenté par la France

GÉODÉSIE TERRESTRE ET GÉODÉSIE SPATIALE

Le premier but de la géodésie est de fournir un ensemble de points connus et matérialisés sur la surface terrestre servant à la foi à la connaissance scientifique de la terre et à l'équipement cartographique. Les méthodes pour ce faire sont de deux types : terrestres et spatiales.

Méthodes terrestres

Dans ce cas, des mesures relient directement des stations terrestres, et le réseau se développe progressivement à partir des points connus. Ces méthodes sont donc essentiellement locales et fournissent un réseau qui, pour une région donnée, possède une excellente homogénéité. Les problèmes interviennent lors de l'extension de ces réseaux régionaux, car la précision globale se dégrade très rapidement et la jonction entre divers réseaux locaux pose des problèmes.

Méthodes spatiales

Les mesures entre les stations terrestres se font par l'intermédiaire de points de positions connues dans l'espace. Ces points peuvent être déjà existants comme les étoiles ou planètes, ou créés par l'homme comme des cibles aériennes ou des satellites artificiels. Ces méthodes sont globales, c'est-à-dire que la valeur du réseau ne dépend pour ainsi dire pas de l'extension de celui-ci. Elles se sont développées de façon importante ces dernières années par l'utilisation de satellites artificiels spécifiques qui ont permis d'obtenir des précisions meilleures. Parmi ces différentes techniques, les méthodes Doppler occupent une place prépondérante du fait de l'utilisation d'ondes radio qui permettent une très bonne précision quelles que soient les conditions atmosphériques (1 m contre 10 m pour les techniques photographiques et jusqu'à 100 m pour l'astronomie géodésique).

MÉTHODES DOPPLER

L'effet Doppler-Fizeau est un phénomène de décalage de fréquence des signaux émis par une source mobile par rapport à l'observateur. La mesure du décalage de fréquence entre l'onde émise, telle que la recevrait un observateur lié au mobile émetteur, et l'onde reçue par l'observateur réel permet la mesure de la vitesse relative de l'émetteur par rapport au récepteur. Les phénomènes physiques mettant à jour l'échange d'informations entre deux systèmes en mouvement relatif ne sont qu'imparfaitement décrits par les équations de la mécanique classique, et c'est pourquoi un traitement rigoureux et précis nécessite un calcul de mécanique relativiste.

Le système TRANSIT a été réalisé par la Marine de guerre des Etats-Unis d'Amérique en 1958. Son usage est resté strictement militaire (positionnement de sous-marins) jusqu'en 1967, date à laquelle toute personne possédant un récepteur est en mesure d'exploiter les données. Son utilité s'est donc considérablement étendue, d'abord dans un but de localisation, puis à des fins géodésiques, grâce à l'amélioration de la qualité des récepteurs. Ce système est constitué actuellement de cinq satellites opérationnels d'orbite polaire quasi circulaire d'altitude moyenne 1 100 km. Ces satellites sont répartis en longitude de manière à rendre possible, en tout point de la surface terrestre, l'observation d'un minimum de 10 passages par jour. Chacun des satellites émet en permanence deux ondes radio de fréquences respectives 150 et 400 MHz, corrélées en phase et modulées de façon à transmettre des signaux horaires et un message qui permet d'identifier le satellite et de calculer des éphémérides estimées, appelées éphémérides opérationnelles.

Les récepteurs géodésiques sont de types divers, mais possèdent tous un oscillateur et une horloge. Recevant les deux ondes radio émises par un satellite, ils effectuent numériquement ou analogiquement leur mélange, afin d'éliminer le terme principal de l'effet ionosphérique sur la propagation des ondes dans l'atmosphère. Ils mesurent alors entre deux instants Θ_1 et Θ_2 le nombre de cycles N d'une fréquence de battement obtenue à partir du mélange des ondes reçues et de l'onde produite par l'oscillateur local. Les trois mesures du récepteur sont donc : N, Θ_1 et Θ_2. La relation d'observation qui les lie fait intervenir les coordonnées des stations et celles des satellites aux instants t_i, dates de l'émission par le satellite du train d'onde arrivant au récepteur à l'instant Θ_i. Elle est de la forme :

$$a\,\Delta f + b(d_2 - d_1) + \Delta N - N = 0$$

où Δf est un paramètre de fréquence

d_i est la distance cartésienne entre le satellite à l'instant t_i et le récepteur à l'instant Θ_i

ΔN est un terme correctif dû à la propagation dans la troposphère et à une correction relativiste.

Il convient de remarquer que les coordonnées sont exprimées dans un repère géocentrique lié à la terre, repère dans lequel les positions du satellite sont évaluées grâce aux éphémérides. Les éphémérides sont de deux types : opérationnelles et précises.

Les éphémérides opérationnelles déjà mentionnées sont calculées, pour une durée de 12 h, par extrapolation numérique sur une série de 36 h de mesures Doppler effectuées par un réseau de quatre stations américaines. Elles sont radiodiffusées en temps réel par les satellites eux-mêmes et sont donc toujours disponibles. Leur précision est de l'ordre de 30 m.

Les éphémérides précises sont calculées *a posteriori* pour deux satellites par un organisme américain, la DMA (Defense Mapping Agency). Elles sont disponibles dans un délai d'un mois, grâce à des accords ponctuels de collaboration. Leur précision est de l'ordre de 3 m. Un troisième type d'éphémérides a vu le jour à titre expérimental avec l'opération MEDOC[1] montée par le GRGS[2], en vue

* Le texte original de ce rapport, préparé par Catherine Le Cocq, Institut géographique national, a paru sous la cote E/CONF.71/L.33

[1] MEDOC : Motion of the Earth by Doppler Observation Campaign

[2] GRGS : Groupe de recherches de géodésie spatiale formé par le Bureau des longitudes, le Centre national d'études spatiales, l'Institut géographique national et l'Observatoire de Paris

de l'étude du mouvement du pôle. Elles ne sont disponibles que pour un seul satellite et leur précision est de l'ordre de 5 m.

Traitement des données

En dehors des méthodes spécifiques à la navigation, les méthodes de traitement pour les applications géodésiques sont de deux types : géométriques et orbitales. Les premières, en raison de leur précision faible, ont pratiquement disparu au bénéfice des secondes. Les méthodes orbitales sont elles-mêmes subdivisées en deux classes : les méthodes dynamiques et les méthodes semi-dynamiques. Les premières sont très puissantes et conduisent à la détermination de l'orbite par intégration numérique du champ de forces complet agissant sur le satellite. Leur utilisation pour le positionnement est très rare, compte tenu des moyens nécessaires à leur mise en œuvre, elles donnent une précision de l'ordre de 1 m.

Les méthodes semi-dynamiques utilisent la connaissance d'une orbite préliminaire. Elles groupent le positionnement par point isolé et le positionnement par arcs courts. Leurs résultats sont évalués en fonction de deux critères : la précision absolue et la précision relative. La précision absolue indique la qualité de la connaissance du point dans le repère géocentrique. La précision relative exprime la valeur de la position des divers points calculés les uns par rapport aux autres.

Positionnement par point isolé (PPI)

Dans ce cas, chaque station observe les passages des satellites indépendamment des autres stations possibles. Elle utilise ensuite pour son calcul des éphémérides qui sont considérées comme définitives. En fonction du type d'éphémérides employé, le logiciel GDI développé par l'Institut géographique national (IGN) donne les précisions relatives suivantes découlant des durées d'observations minimales.

Types d'éphémérides	*Durée d'observation (jours)*	*Précision (m)*
Opérationnelles	3	5
	6	3
Précises	3	5
	11	1

Les résultats obtenus avec les éphémérides précises sont très séduisants mais nécessitent des accords de collaboration avec la DMA, organisme américain fournisseur.

Une variante du PPI est la translocation où, pour couvrir une région donnée, il est nécessaire d'utiliser deux récepteurs : un sur un point fixe connu par ses coordonnées géodésiques et un autre placé successivement sur chaque point à déterminer. Le calcul se fait ensuite par point isolé, le point fixe servant à adapter le réseau calculé au réseau local.

Positionnement par arcs courts (PAC)

La méthode de PAC fournit des résultats plus précis, mais nécessite une stratégie préétablie pour les opérations de terrain. En effet, dans ce cas, plusieurs points inconnus observent simultanément les satellites. Des arcs de trajectoires, pour cette région, sont ensuite calculés en fonction des éphémérides approchées et d'un paramétrage plus ou moins complexe. L'IGN a développé une chaîne de programmes GDP qui permet l'exploitation simultanée de 12 récepteurs. Le réseau ainsi obtenu n'a qu'une précision absolue de l'ordre de 10 m, mais une très bonne précision relative : 1 m pour une durée de six jours d'observations simultanées (1)*. Ces résultats ont pu être mis en évidence par l'IGN grâce à des tests externes du type comparaison avec la géodésie existante.

Pour une zone étendue, cette méthode nécessite une organisation précise des opérations de terrain. La zone est divisée en sous-territoires ayant entre eux deux points communs. Chaque sous-territoire observant séparément les satellites, les liaisons s'effectuent par les points communs observés durant chaque phase. Ces observations permettent une corrélation globale entre toutes les stations du réseau.

Travaux à l'IGN

L'IGN a acquis à ce jour 12 récepteurs de type JMR-1; deux ont été mis à la disposition du GRGS pour la campagne MEDOC déjà mentionnée. Depuis 1975, l'IGN a participé à de nombreux travaux et a acquis une grande expérience tant dans le domaine de la préparation de mission que dans le calcul final. Voici un échantillon caractéristique de ses actions.

Campagne	*Travaux terrain*	*Nombre de stations observées*
Région parisienne (essais)	Août 1975	6
Participation à EDOC-1 (réseau européen)	Mai 1975	2 (+ 5 non IGN)
Algérie	Fin 1975	25
Participation à LESARD Liaison Europe-Afrique-Amérique de Sud	Octobre 1976	4 (+ 5 non IGN)
Guyane française	Fin 1976	36
Jamahiriya arabe libyenne	1977	45
Participation à EDOC-2 (réseau européen)	Mai 1977	4 (+ 31 non IGN)
Gabon	Décembre 1977	12
EDOREF (réseau français, première phase)	Octobre 1978	9
En divers autres pays	1978	14

La campagne EDOC mérite un développement particulier par son impact européen. Les buts principaux de cette campagne sont l'établissement d'un canevas homogène de points de référence pour l'Europe de l'Ouest permettant à la fois la création d'une banque de données et la mise en place de formules de transformation entre ce système et les systèmes existants (2). C'est le Groupe de travail de géodynamique du Conseil de l'Europe qui a entrepris l'observation de la première campagne Doppler appelée EDOC-1, pour sa première phase en mai 1975, et EDOC-2, pour la seconde en mai 1977. Les observations de EDOC-2 se sont déroulées du 23 avril au 7 mai 1977 en 35 stations travaillant en observations simultanées. Du fait de la disparité des organismes engagés, les quatre types de récepteurs suivants ont été utilisés : CMA 722 B, GEO II, JMR-1, Tranet. Pour assurer les résultats les plus exacts, trois centres de calcul ont été créés : à Francfort, à l'Institut für Angewandte Geodäsie; à Bruxelles, à

* Les chiffres entre parenthèses renvoient à la liste de références

l'Observatoire royal; et à Paris, à l'Institut géographique national, qui doivent traiter l'ensemble des données.

Des rencontres entre les trois centres de traitement permettent de publier des résultats homogènes (3) (4).

La précision obtenue pour les derniers travaux effectués est inférieure au mètre.

Perspectives d'avenir

Les utilisations des données des satellites TRANSIT sont très nombreuses. Elles se décomposent en deux classes : applications géodésiques et applications géophysiques.

L'IGN, de par sa vocation, s'est spécialisé dans les premières, en particulier dans les domaines suivants :

a) Création de systèmes géodésiques dans les régions à équiper;

b) Extension de systèmes géodésiques;

c) Contrôle de systèmes géodésiques déjà existants;

d) Rattachement de deux systèmes géodésiques ou d'un point isolé à un système géodésique;

e) Détermination du géoïde.

Dans le premier cas, la juxtaposition des techniques Doppler et, éventuellement, des techniques inertielles permet d'obtenir très rapidement un réseau suffisamment dense dans une région initialement vierge. En effet, on peut bâtir un canevas de points Doppler ayant la précision du premier ordre avec une distance moyenne entre points voisins de l'ordre de 100 à 300 km et densifier ce réseau par des cheminements inertiels. Ces techniques sont appelées à se développer en raison de l'évolution technologique des centrales inertielles qui permettent, pour des masses de plus en plus faibles, d'obtenir des précisions meilleures. A défaut d'utiliser ces techniques de pointe, la densification d'un réseau de premier ordre Doppler peut s'obtenir par des réseaux de polygonation ou de triangulation ou de méthodes mixtes.

En France, l'IGN a entrepris l'établissement d'un réseau de points Doppler, suffisamment dense et homogène, pour couvrir le territoire métropolitain, une vingtaine de points environ (5). Cette mission appelée EDOREF (Expérience Doppler sur le réseau géodésique français) a pour but la fourniture de données permettant d'envisager les applications suivantes :

a) Contrôle du réseau géodésique terrestre en France;

b) Incorporation dans une banque de données géodésiques;

c) Recompensation du réseau géodésique planimétrique;

d) Tests fins des méthodes Doppler elles-mêmes

En conclusion, le système TRANSIT restera opérationnel avec au moins quatre satellites jusqu'en 1990. Pour l'avenir, il est déjà prévu un remplaçant : le système NAVSTAR/GPS (Global Positioning System). C'est un système de navigation sur satellite qui offre des informations de positions et vitesses tridimensionnelles extrêmement précises.

C'est dans ces deux domaines : équipement géodésique d'un pays neuf, d'une part, extension et calage de réseaux existants, d'autre part, que l'apport de la géodésie spatiale et, en particulier, des méthodes Doppler est le plus révolutionnaire, puisqu'il ouvre immédiatement la voie à un réseau géodésique mondial, unique et précis.

Références

1 Fontaine, A. Géodésie spatiale Doppler. Rapport sur le traitement (1977) des données de la campagne d'observation France, 1975. Présenté au deuxième Symposium sur l'utilisation des satellites artificiels en géodésie et en géodynamique, Athènes, 1978

2 Boucher, C. Investigations on geodetic applications of satellite Doppler observations for control networks. Présenté au Second International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, Austin, Texas, 22-26 janvier 1979

3 EDOC 2: status report with a summary of some preliminary results of the second European Doppler Observation Campaign. *Par* P. Wilson, *et autres*. Présenté au deuxième Symposium sur l'utilisation des satellites artificiels en géodésie et en géodynamique. Athènes, 1978

4 Boucher, C. P. Paquet *et* P. Wilson. The second European Doppler Observation Campaign (EDOC 2); results and conclusions obtained by EDOC-2 Computing Centers. Présenté au Second International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, Austin, Texas, 22-26 janvier 1979

5 Le Cocq, C. La campagne EDOREF.

PROYECTO PARA LA FORMACION DE UN BANCO DE DATOS GEODESICO*

Documento presentado por México

SUMMARY

There is evidence that geodetic surveys have been carried out in Mexico for almost a century. These activities were undertaken by different institutions at different times, using a variety of methods.

In the course of time, problems arose from the fact that no authority had complete control over the national geodetic networks.

When DETENAL was established, levelling operations and traverses were carried out which made the geodetic networks more detailed, but it was found that there was

RÉSUMÉ

D'après les documents dont on dispose, le Mexique effectue des levés géodésiques depuis à peu près un siècle, les travaux ayant été réalisés par différentes institutions, à différentes époques, avec différentes méthodes.

Avec le temps, on s'est aperçu qu'un problème se posait, car le contrôle général des réseaux géodésiques nationaux ne dépendait pas d'un organisme unique.

Lorsqu'on a créé la DETENAL, on a procédé à des dénivellements et à des projections polygonales qui ont permis de renforcer les réseaux géodésiques, mais on s'est heurté au fait qu'il n'existait pas dans le pays de système géodésique cohérent et qu'on ne savait pas exactement dans quelles conditions les levés avaient été faits.

* El texto original de esta monografía, preparada por José Lorenzo Mata Castañeda, se publicó como documento E/CONF.71/L.37

no consistent geodetic system for the whole country, nor was it known exactly what stage had been reached in the surveys made.

In view of this situation and of the need to find a solution, in 1975 DETENAL started to make an inventory of the surveys made. On the basis of the experience gained in making the inventory, the present project proposes a system for updating, storing, processing and supplying information from the geodetic networks. Such a system will also facilitate better use of the networks as it will be possible to handle all the available information together and refer it to a common framework.

Cela étant, et comme il fallait trouver une solution, la DETENAL a amorcé en 1975 un inventaire des levés effectués et des expériences faites en la matière, et a proposé un système visant à mettre à jour, à gérer, à traiter et à diffuser l'information sur les réseaux géodésiques, qui permettrait en outre de mieux utiliser ces réseaux, l'information étant gérée de façon intégrée dans un cadre de référence unique.

Introducción

El propósito fundamental de la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL) al realizar los levantamientos de control horizontal y vertical fue apoyar la elaboración de la carta topográfica escala 1:50,000; sin embargo, a medida que se propagaron estos trabajos y dada la precisión alcanzada en los resultados, se apreció que podrían ser utilizados no solamente para efectos de cartografía, sino que también era posible usarlos en otras actividades tales como: catastro urbano y rural, trazo de vías de comunicación, tendido de líneas de transmisión y conducción, etc., vislumbrándose de esto la importancia que representa tener dentro de un mismo sistema de referencia los diversos levantamientos, de lo cual se obtienen beneficios tales como: evitar la duplicidad de trabajo, representar las posiciones o elevaciones de puntos sin que se encuentren flotando unos con respecto a otros, fijar metodologías para los levantamientos, incremento de marcas con datos confiables, determinación del geoide, reajuste y redefinición integral de las redes, etc., generándose un mayor aprovechamiento de los levantamientos para los usuarios de las redes.

La información de los trabajos geodésicos que se han efectuado en la República no se encuentra concentrada en un solo lugar, por lo que se hace necesario recopilarla y almacenarla para lograr su procesamiento y distribución.

Un banco de datos que permita manejar en forma digitalizada la información es la mejor solución para unificar los diversos aspectos que están involucrados en los diferentes levantamientos.

Debido a que DETENAL no participó directamente en todas las actividades que intervinieron para la formación de las redes, no es posible asegurar en algunos casos el número exacto de estaciones existentes. Dentro de la institución, los datos con que se cuenta han sido obtenidos por acuerdos con otras dependencias, donde destacan la Dirección de Geografía y Meteorología, Departamento Cartográfico Militar y el Servicio Geodésico Interamericano.

Elementos que intervienen en el banco de datos

A pesar de que existen varios levantamientos geodésicos en la República, no es posible incluirlos a todos; sin embargo, de los trabajos principales tenemos la posibilidad de introducir aquellos que cuentan con información suficiente, que permitan mostrar la importancia de utilizar un sistema que produzca un mejoramiento en la funcionalidad de las redes. Concretamente, los datos que intervendrán se relacionan a los siguientes aspectos:

Red horizontal

La red primaria está compuesta por arcos de triangulación y trilateración, poligonales geodésicas de primer orden y estaciones Doppler de 40 pasos (observaciones de satélites); la red secundaria o de densificación está integrada por circuitos de poligonales geodésicas de segundo orden, estaciones Doppler de 12 pasos y puntos de posicionamiento inercial. Las marcas que componen los trabajos anteriores son, aproximadamente:

	Vértices
Triangulación	1 500
Trilateración	58
Poligonal geodésica de primer orden	126
Estaciones Doppler de 40 pasos	76
Poligonal geodésica de segundo orden	5 567
Estaciones Doppler de 12 pasos	80
Puntos de posicionamiento inercial	371

DETENAL utilizó desde sus primeros cálculos para las poligonales los valores de las coordenadas de los vértices de la red de triangulación, tomados como lados de liga; de esta manera se fueron formando circuitos, y al propagar estos trabajos en zonas donde se carecía de vértices de triangulación, los circuitos fueron cerrados utilizando lados de poligonales previamente levantadas (figura 43). DETENAL dividió la República Mexicana en zonas de trabajo, lo que ha servido para la clasificación de sus productos. Las poligonales de apoyo siguen los límites de las zonas y bloques (subdivisión interior de las zonas) (figura 44), habiendo una equidistancia aproximada de 25 km entre cada uno de los puntos obligados para el control terrestre, los cuales son identificados en fotografías aéreas. Debido a que regularmente no se tiene intervisibilidad entre estos puntos, se establecen otros intermedios, conocidos como vértices de pase, y la separación a la que se encuentran los mismos es variable, ya que está en función de la topografía de los diferentes lugares donde se efectúan las actividades de campo.

Red vertical

La red vertical primaria o básica la componen circuitos de nivelaciones geodésicas de primero y segundo orden. Estas líneas están referidas al nivel medio del mar y fueron ajustadas mediante las observaciones en estaciones mareográficas ubicadas en los principales puertos de la República y con la utilización de las elevaciones de algunos bancos de nivel de la frontera norte perteneciente a la red de los Estados Unidos de América. DETENAL, con métodos semejantes a los aplicados en los trabajos ante-

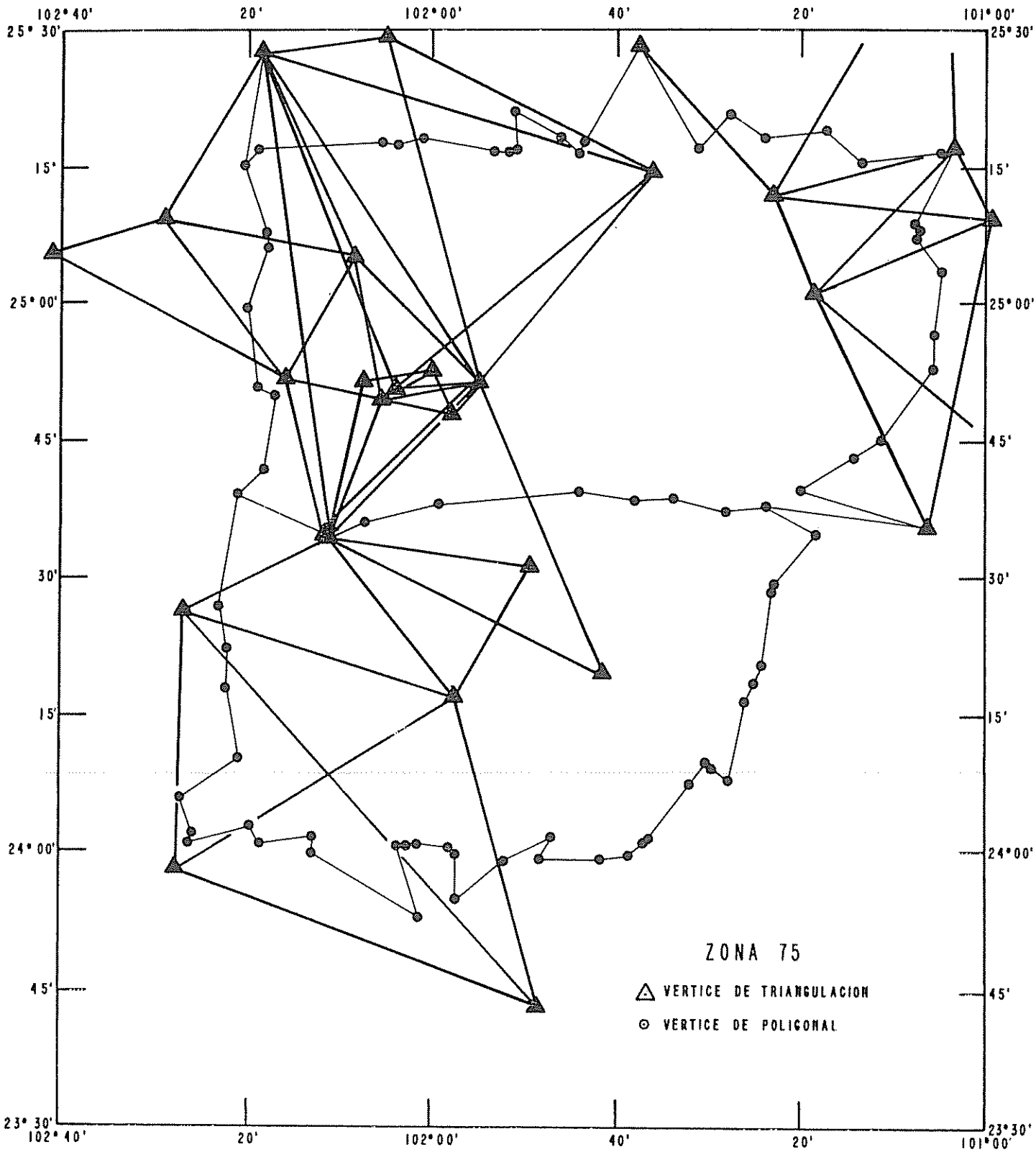


Figura 43. México: Zona 75: vértices de triangulación y de poligonal



Figura 44. México: división de zonas

riores, ha continuado formando circuitos (figura 45) ajustándolos a las líneas primarias. Actualmente se tienen 15 475 bancos de nivel pertenecientes a esta red.

Para el cumplimiento del apoyo vertical necesario para la elaboración de la carta topográfica escala 1:50 000, DETENAL ha efectuado la densificación, mediante la ejecución de nivelaciones de orden inferior, corridas en el sentido norte-sur, esto es, perpendiculares a las líneas de vuelo, identificando en las fotografías aéreas los llamados puntos de control aproximadamente cada 2 km y monumentando en el terreno bancos de nivel cada 6 ó 7 km.

La separación entre las líneas de nivelación originalmente fue de siete modelos fotogramétricos, pero actualmente se permite una separación de hasta nueve modelos. Se tienen 12 550 bancos de nivel de estas líneas.

Red gravimétrica

La red primaria está compuesta por todas las estaciones gravimétricas pendulares (observaciones con péndulo); la red secundaria o básica es aquella en la que las observaciones se han efectuado con gravímetros, ligándose a las pendulares, y la red terciaria o regional corresponde a las observaciones hechas con gravímetro y ligadas a la red básica. Los trabajos anteriores están integrados de la siguiente forma:

Estaciones pendulares	73
Red básica (referidas al sistema de 1967)	329
Regionales (referidas al sistema de 1967)	765
Regionales (referidas al sistema de 1930)	2 996
Regionales preliminares (referidas a los dos sistemas 1930 y 1967)	1 585
Regionales levantadas por DETENAL	169

De todas las estaciones pendulares sólo se consideró la estación ubicada en México, D.F. (Ciudad Universitaria), como de primer orden mundial.

Red mareográfica

En el año de 1949 se concertó un convenio de colaboración cartográfico entre México y Estados Unidos de América, iniciándose así una serie de actividades a fin de propagar el apoyo primario y secundario existente en la República Mexicana.

Las observaciones para la determinación del nivel medio del mar fueron uno de los aspectos contemplados en estos acuerdos.

El Departamento de Oceanografía del Instituto de Geofísica de la Universidad Autónoma de México opera la red de estaciones mareográficas desde el año de 1952. Trabaja actualmente en colaboración con la Secretaría de Marina y el Inter-American Geodetic Survey de los Estados Unidos de América.

Actualmente se conservan en operación 21 estaciones mareográficas, de las cuales 13 se localizan en el Océano Pacífico y ocho en el Golfo de México. Las estaciones están distribuidas como sigue:

Golfo de México
Tampico, Tamaulipas
Tuxpan, Veracruz
Veracruz, Veracruz
Alvarado, Veracruz
Coatzacoalcos, Veracruz
Ciudad del Carmen, Campeche
Progreso, Yucatán
Isla Cozumel, Quintana Roo

Océano Pacífico
Salina Cruz, Oaxaca
Puerto Angel, Oaxaca
Acapulco, Guerrero
Lázaro Cárdenas, Michoacán/de Ocampo
Manzanillo, Colima
Puerto Vallarta, Jalisco
Mazatlán, Sinaloa
Topolobampo, Sinaloa
Yavaros, Sonora
Guaymas, Sonora
La Paz, Baja California Sur
San Carlos, Baja California Sur
Ensenada, Baja California Norte

Archivos que forman el banco de datos

Archivo de Carteras de Campo

Este archivo almacenará la información sin depurar de los diversos trabajos y contendrá microfilms, libretas, hojas de resúmenes, diagramas y croquis y descripciones.

Los volúmenes anteriores comprenderán la información de cada uno de los trabajos en la forma siguiente:

Triangulación

Esquema de los arcos
Observación de direcciones
Observación de distancias zenitales
Resumen de direcciones
Resumen de distancias zenitales
Reducciones al centro
Reducciones de las direcciones.

Trilateración

Esquema de los arcos
Medición de distancias inclinadas
Datos de las condiciones meteorológicas
Observación de distancias zenitales
Resumen de distancias inclinadas, horizontales y reducidas
Resumen de distancias zenitales.

Astronomía

Datos de campo de las observaciones
Cálculo de las diferencias de nivel para cada estrella
Cálculo de Δ †

Poligonación

Observación de ángulos horizontales
Observación de distancias zenitales
Medición de distancias inclinadas
Datos de campo de las condiciones meteorológicas
Resumen de ángulos horizontales
Resumen de distancias zenitales o ángulos verticales.

Gravimetría

Observaciones de campo
Calibraciones de instrumento
Elevación de las estaciones.



Figura 45. México: red de nivelación primaria

Nivelación

Observación de desniveles
Determinación de "C"
Hojas de estandarización de las miras
Diagramas de los puntos de liga
Correcciones.

Estaciones Doppler

Cintas perforadas de las observaciones
Reporte de la ocupación
Gráfica de la marcha del reloj.

Archivo de datos en proceso

Dentro de este archivo se encuentran datos de las observaciones debidamente depurados y organizados de acuerdo a cada uno de los trabajos, permaneciendo de manera digitalizada y estando disponibles para ser procesados.

En este archivo tendremos una biblioteca compuesta por varios programas de computadora con los que realizaremos una gran variedad de actividades, tales como: poner y obtener estaciones, distancias y azimutes, análisis de resultados, ajuste final de coordenadas, derivación de coordenadas elipsoidales conociendo coordenadas derivadas de Doppler, determinación de alturas dinámicas y ortométricas, ajuste de redes de nivelación, etcétera.

Revisión

Determinación de la cantidad de información disponible
Estudio de la metodología utilizada en el trabajo de campo y en el proceso de cálculo de los levantamientos
Recálculo de las observaciones
Obtención de datos estadísticos
Organización de la información.

Cálculo de la información

Las actividades que se desarrollan en el cálculo de la información son realizadas por medio de programas de computadora y, posteriormente al proceso de cómputo, los datos son enviados a su lugar de origen y los resultados se integran en otro sitio previamente designado.

El desarrollo de los cálculos contemplará: *a*) Computos para valores preliminares; *b*) análisis estadístico del bloque de información; *c*) ajustes rigurosos para la obtención de valores definitivos.

Archivo de resultados

En este archivo se le dará presentación a los cómputos y actividades realizadas para la obtención de los resultados de coordenadas, elevaciones, datos de gravedad, croquis y descripciones, etc., los cuales estarán comprendidos dentro de discos, cintas, tarjetas y microfilms.

La información numérica de los resultados permanecerá digitalizada en la computadora y la gráfica estará incluida en los rollos de microfilm. De esta forma, al requerirse datos de algún levantamiento, obtendremos por medio de claves los sitios donde se localiza la información correspondiente al trabajo que necesitamos.

La clasificación de los resultados se hará de acuerdo a las experiencias que se generen al proporcionar la información a los usuarios de las redes. La siguiente manera permite la organización de los datos para su utilización y distribución: coordenadas; elevaciones; cuadrantes; zonas de trabajo y cartas topográficas.

Archivo de Fotografías Aéreas

Las fotografías aéreas forman una parte considerable del trabajo de actualización de la información contenida dentro del banco de datos. En este archivo, además de contar con las fotografías que sirvieron de base para el proceso fotogramétrico (aereotriangulación, restitución, etc.) en la elaboración de las cartas topográficas, también se tienen las fotografías de los vuelos más recientes, a escalas mayores que las utilizadas originalmente.

Es notorio el ahorro en tiempo y dinero que ha tenido DETENAL al efectuar la fotoidentificación de los bancos de nivel perteneciente a líneas de nivelación de precisión establecidas por otras autoridades, ya que se han aprovechado los trabajos existentes en el proyecto de apoyo terrestre vertical necesario para el cubrimiento de las diferentes zonas que carecían de dicho apoyo.

En las fotografías que se utilizan para el trabajo de campo se identifican las diversas marcas que se establecen como testigos permanentes de los levantamientos geodésicos. A pesar de tener las cartas topográficas de la mayoría de las zonas en que se ha dividido la República, es necesario contar con estos trabajos para la actualización de la información obtenida de las mismas. Las fotografías estarán agrupadas de la siguiente manera:

a) Proyectos para el trabajo de campo;
b) Utilizadas en el trabajo de campo;
c) Originales del apoyo terrestre;
d) Sobrantes de diferentes zonas.

Archivo de cartas y planos

El mantener en constante actualización la información es una de las preocupaciones principales. Por medio de las cartas y planos es factible tener la ubicación y avances de las actividades geodésicas que se han realizado en el territorio nacional y en las áreas cercanas a nuestras fronteras.

La atención y asesoramiento a los usuarios de las redes se basa en mostrar gráficamente los diversos trabajos y las metodologías seguidas para el desarrollo de los mismos; las cartas y planos quedarán agrupadas como sigue:

a) Redes horizontal y vertical (primarias);
b) Red gravimétrica;
c) Circuitos de nivelaciones y poligonales (densificación);
d) Topográficas escala 1:50.000 de DETENAL (proyecto y actualización con el trabajo de campo);
e) Editadas por otras autoridades (diversos trabajos y escalas variadas).

FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE DATOS

Se pretende mezclar los resultados de los trabajos que se efectúan en el inventario físico y numérico con otro tipo de actividades, almacenando la información de tal manera que pueda requerirse para ser usada en varias formas y al terminar de utilizarla sea enviada nuevamente a su lugar de origen o algún otro que se haya determinado previamente, contando en este proceso con archivos, para que dentro de los mismos estén comprendidos los datos debidamente clasificados y además que exista una co-

municación continua entre cada uno de ellos (figura 46). El manejo del banco de datos será utilizando fundamentalmente programas de computadora, teniendo que preparar la información de manera adecuada para su almacenamiento, distinguiendo cada uno de los factores por medio del establecimiento de una metodología que facilite su organización y evite conflictos.

Inventario físico

El objetivo de este inventario es el de comprobar y certificar la existencia en el terreno de las diferentes marcas geodésicas (bancos de nivel, vértices de triangulación, vértices de poligonal, estaciones Doppler, estaciones gravimétricas, etc.) y mantenerlas en condiciones de utilizarse. Para realizar lo anterior se hacen visitas periódicas a las marcas, elaborando un reporte completo de las condiciones en que se encontraron, o las causas por las que no se localizaron. Al efectuar las actividades necesarias para el mantenimiento y la actualización de los aspectos que se consideren más importantes, se permitirá una mayor facilidad para su localización en una visita futura y, por tanto, su mejor conservación.

Con los resultados obtenidos de lo anterior se actualizan los archivos correspondientes, desprendiéndose algunos aspectos importantes para conocer la situación real de las redes, apreciando los sitios en que será necesario reubicar estaciones para seguir teniendo la densificación adecuada de las diferentes marcas.

Inventario numérico

El propósito principal es el de conocer los procedimientos utilizados y la cantidad de información disponible de los cálculos generados de los levantamientos geodésicos efectuados para la formación de las redes. Para cumplir con este objetivo es necesario hacer una recopilación, selección y análisis de los valores numéricos de estos trabajos. Es sumamente importante tener el conocimiento exacto del equipo e instrumentos, metodología, normas y, en general, de todos los aspectos que intervienen en cada uno de los procesos llevados a cabo en las diferentes actividades.

Por medio de la evaluación es posible tomar varias decisiones en relación a la necesidad de efectuar reobservaciones en el campo, en las estaciones en las que no se cuente con datos o bien para completar el número necesario de valores de las mediciones; por supuesto, además, los recálculos que se hagan necesarios y las proposiciones de los levantamientos complementarios que sean indispensables para tener una mayor rigidez en las redes.

Almacenamiento de la información

Los diversos levantamientos geodésicos son identificados unos de otros por medio de letras y números que permiten tener el orden adecuado para la utilización de los datos. La información de cada una de las actividades es almacenada en la memoria de la computadora, seleccionando los valores que intervendrán en los cómputos y efectuando su codificación. En la figura 47 se observan los datos que intervendrán de algunos de los levantamientos.

Los vértices de las triangulaciones están designados por nombres, por lo que son ordenados alfabéticamente, asignándoles un número de acuerdo a ese orden. Para distinguir aquellos arcos de triangulaciones que por algún motivo han quedado fuera del último reajuste, son agrupados por separado y se les da la numeración de 1,000 en adelante. Los vértices de poligonal están identificados por siete dígitos y están clasificados por zonas, correspondiendo los dos primeros dígitos a la zona en que se encuentran ubicados.

Los bancos de nivel de las líneas de nivelación de la red primaria establecidos por DETENAL están numerados del 5,000 en adelante; aquellos que fueron ubicados por otros organismos están designados por una o dos letras seguidas por dígitos. Para evitar conflictos con los bancos de nivel de la red de densificación, el nombre de la línea servirá como identificación de cada uno de los trabajos.

Los restantes factores que intervienen en este archivo son tratados de manera semejante.

Es importante en el almacenamiento de la información la existencia de programas que introduzcan los datos y alteren la secuencia original en la que estaban con nuevos valores, siendo a su vez reorganizados, tomando en consideración la información existente hasta el momento.

Recopilación

Debido a que no ha existido un organismo que oficialmente regule y controle las redes geodésicas, hasta el momento no es factible conocer exactamente los trabajos que se han desarrollado en el territorio nacional. Debido a esto es difícil precisar la ubicación de algunos datos de las observaciones originales.

DETENAL, por medio de convenios con las autoridades involucradas en la ejecución de los primeros levantamientos geodésicos, intenta recopilar y procesar la información máxima posible de estos trabajos. Al efectuar la recopilación es necesario llevar a cabo algunas actividades con las observaciones y valores que se desea estén integrados dentro de los archivos.

Depuración

Determinar las condiciones generales de la información disponible

Agrupar los datos de acuerdo a los diferentes trabajos (triangulaciones, nivelaciones, gravimetría, etc.)

Elaborar relaciones indicando los datos existences de cada levantamiento

Revisar minuciosamente el contenido de la información

Separar los valores y datos que sean necesarios.

Copiado

El material de información que no esté lo suficientemente nítido para su microfilmación, previamente deberá ser fotocopiado a fin de remarcar sobre las copias los aspectos que sean necesarios.

Microfilmado

Son sumamente extensos los datos generados de cualquier levantamiento geodésico. El archivo de carteras de campo en determinado momento no es lo funcionable que se desea, puesto que al encontrarse sin depurar la información se vuelve voluminosa y además en ocasiones los datos anotados en las libretas o carpetas de campo no siguen ninguna secuencia, dificultando la localización de algún valor específico. Por estas y otras causas se ve la

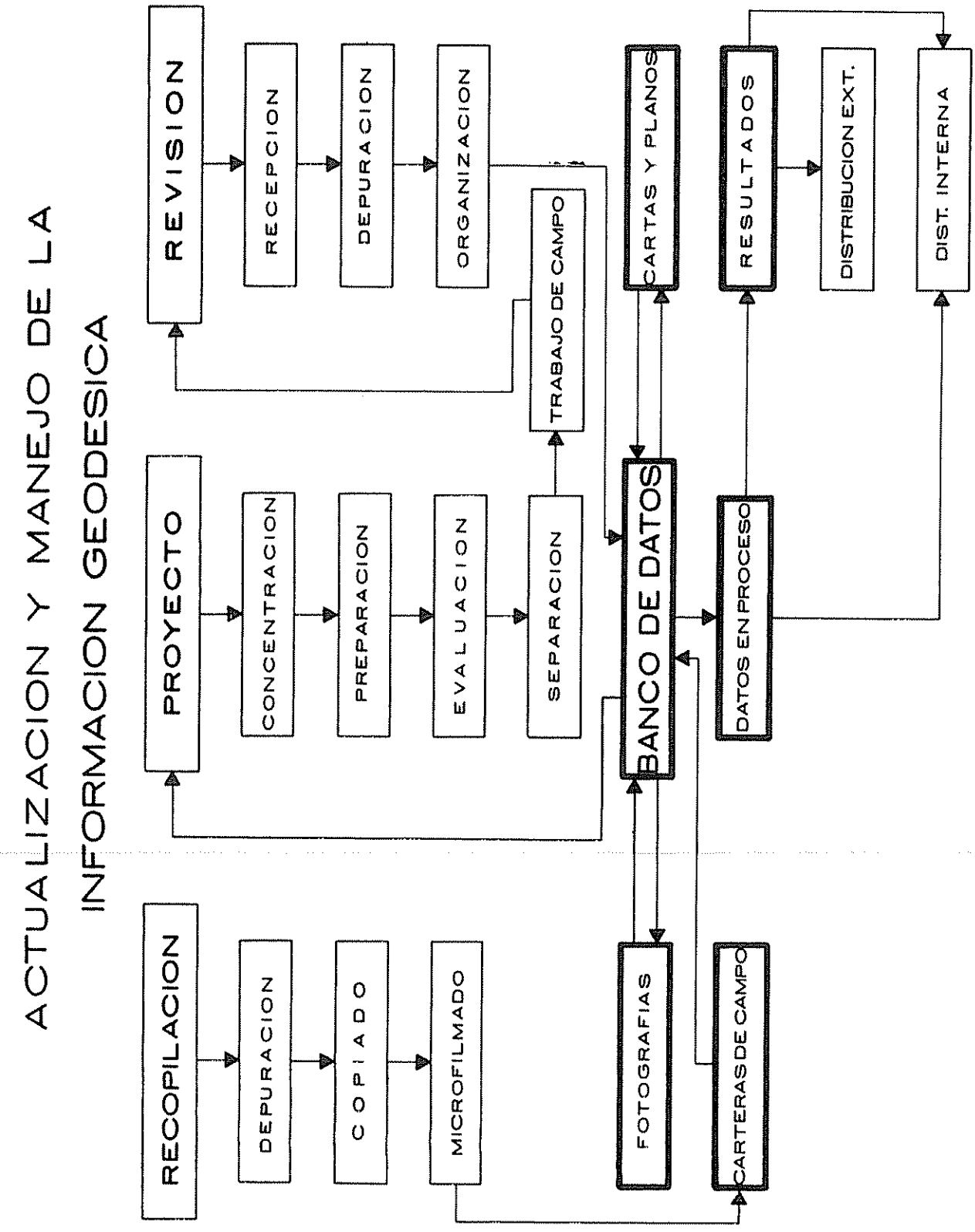


Figura 46. México: actualización y manejo de la información geodésica

ALMACENAMILNTO DE LA INF RMACION

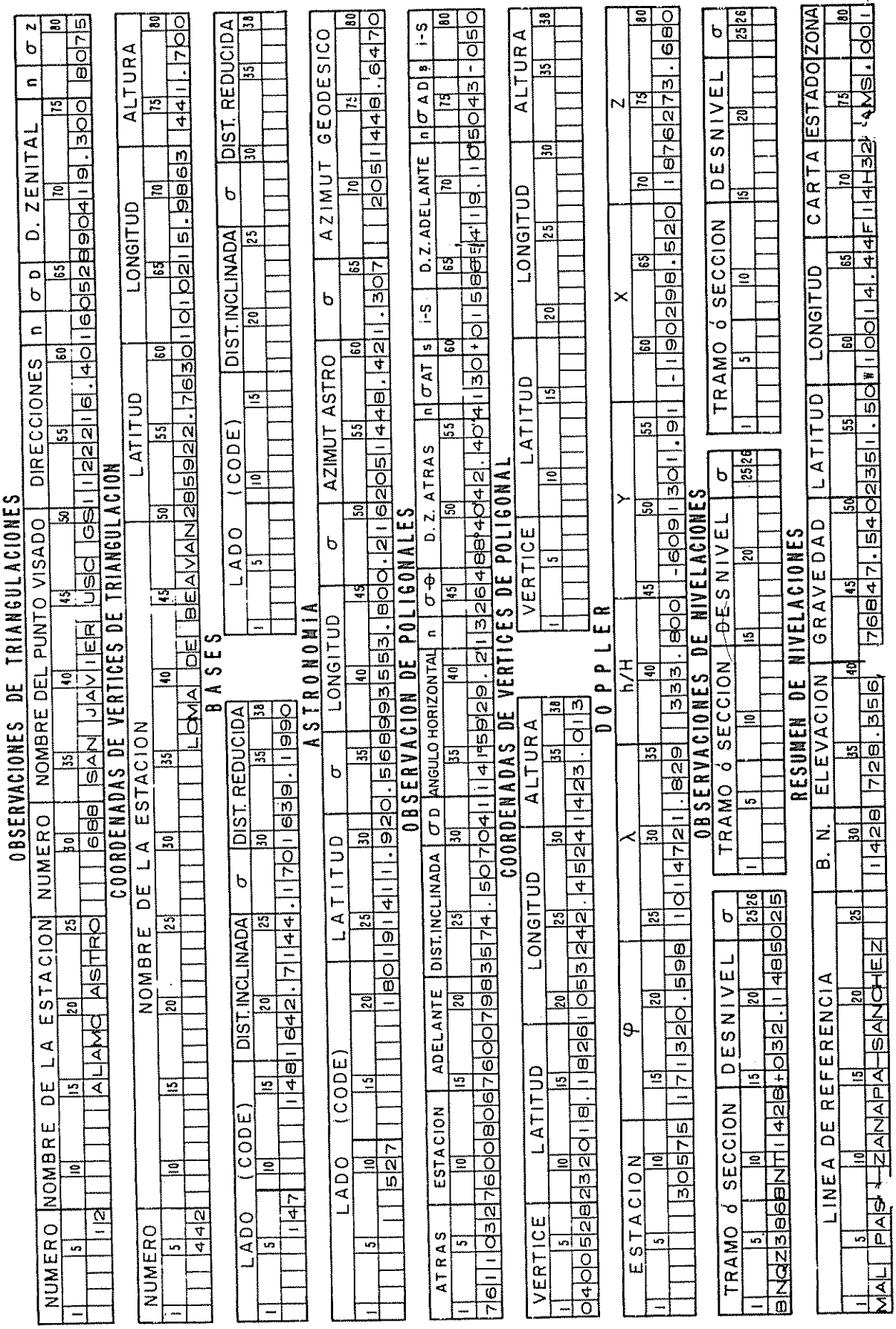


Figura 47. México· almacenamiento de la información

necesidad de tener archivada la información de tal manera que se facilite su manejo.

Al microfilmarse los datos se designan con claves que permitirán su agrupación adecuada y su fácil obtención a través de una lectora e impresora.

Proyecto

El objetivo es el de preparar en forma adecuada el material de información necesario para que las brigadas efectúen los trabajos de campo. Las actividades que se desarrollan son las siguientes:

Concentración

Se agrupa toda la información disponible de los trabajos geodésicos realizados en la zona a trabajar.

Croquis y descripciones
Indice de vuelo
Fotografías aéreas
Cartas y planos
Memorias de cómputo.

Preparación

Obtención de fotocopias de los croquis y descripciones originales de las marcas
Ubicación aproximada de los puntos geodésicos sobre las cartas topográficas
Selección de las fotografías aéreas que cubran el área donde están ubicados los puntos geodésicos.

Separación

Se forman paquetes con el material de información necesaria para cada una de las comisiones que cubrirán una zona determinada estando compuestos por:

a) Relaciones donde se indiquen los puntos geodésicos que se visitarán, las fotografías aéreas que contienen y las claves de las cartas topográficas que los cubren;

b) Croquis y descripciones de los bancos de nivel (agrupados con respecto a cada línea de nivelación);

c) Croquis y descripciones de los vértices;

d) Fotografías aéreas ordenadas por pares estereoscópicos;

e) Cartas topográficas existences en la zona de trabajo;

f) Diagrama ilustrativo del trabajo que se desarrollará en cada una de las comisiones;

g) Formas especiales para la anotación de los datos obtenidos en campo.

Evaluación

Se debe hacer la estimación del tiempo requerido para efectuar el trabajo de campo en cada comisión, considerando los aspectos siguientes:

a) Cantidad de puntos geodésicos existentes en la zona a trabajar;

b) Calidad del material de información disponible;

c) Abundancia de datos en las descripciones originales;

d) Topografía de la zona;

e) Aspectos generales para el desarrollo del trabajo (accesos, traslados, sitios de abastecimientos, etc.);

f) Condiciones meteorológicas para las fechas en que se realizará el trabajo de campo.

Revisión del trabajo de campo

Las actividades que desarrollan las brigadas en la recuperación de los puntos geodésicos comprenden:

a) Traslado a la zona de trabajo;

b) Visita a las marcas;

c) Actualización de croquis y descripciones;

d) Fotoidentificación;

e) Mantenimiento o reconstrucción de las mojoneras;

f) Nivelación a puntos fotoidentificables;

g) Reportes detallados de los trabajos efectuados.

La información recopilada en el campo se somete a una revisión a fin de comprobar que esté dentro de las especificaciones y normas establecidas.

Recepción

El material obtenido del trabajo desarrollado por las brigadas en cada una de las comisiones es separado de aquel que por diferentes motivos no fue posible realizar, archivando este último para que sea incluido posteriormente en las futuras salidas a campo.

Depuración

Croquis y descripciones de los puntos geodésicos:
Redacción
Simbología
Marcas de referencia
Kilometrajes de referencia
Dibujo
Observaciones y notas.
Fotografías aéreas:
Congruencia del croquis de detalle con los aspectos que se aprecian en el par estereoscopiado
Picado adecuado del sitio donde se localizan los puntos geodésicos
Simbología adecuada en el señalamiento de los detalles
Formas de reportes con los resúmenes del trabajo.
Comparación de los datos anotados con el volumen del trabajo entregado.

Conclusiones

En la realización del inventario físico y numérico de los levantamientos geodésicos que se han efectuado en el territorio nacional fue necesario hacer varios intentos a fin de determinar las especificaciones que regirían las actividades. Definitivamente no es posible asegurar que la metodología implantada hasta el momento no pueda ser alterada en algunos de sus aspectos; sin embargo, de acuerdo a las características de los trabajos, se buscó establecer la más adecuada, que sirviera de punto de apoyo para la continuación de los trabajos. Hasta el momento se han dado los primeros pasos para lograr la implantación de un sistema que dé mayor precisión a las redes y obtener el mayor aprovechamiento de las mismas.

El banco de datos es indispensable para lograr este objetivo, puesto que solamente realizando las actividades organizadas y enfocadas directamente a regular y controlar los levantamientos geodésicos que se efectúen en la

República es como se obtendrá la integración de una estructura geodésica que cumpla adecuadamente con las necesidades del país.

REFERENCIAS

Alvarez, G. "Inventario físico de la red primaria horizontal" Artículo presentado en el V Congreso Nacional de Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia México, D F 1978

DETENAL. "Normas y especificaciones para los trabajos de campo de la Oficina de Inventario Geodésico", 1976.

Rendón, M y Mónges, J "Anales del Instituto de Geofísica, vol IX, 1963

UNAM. "Tablas de predicciones de mareas Puertos del Golfo de México, Océano Pacífico y Mar Caribe", 1976.

Mata, J L. "Condiciones actuales de las redes geodésicas" Artículo presentado en el primer ciclo de conferencias organizado por el Colegio de Ingenieros Topógrafos A C., México, D F., 1978

ALTURAS GEOIDALES, DESVIACIONES DE LA VERTICAL Y ANOMALIAS DE LA GRAVEDAD DERIVADAS DE LA SOLUCION GEM 10 DEL GEOPOTENCIAL*

Documento presentado por México

SUMMARY

Of the various solutions available for the geopotential, the most recent and refined is that obtained by the National Aeronautics and Space Administration/Goddard Space Flight Center (NASA/GSFC) of the United States of America. The solution, which is known as GEM 10, was found by combining optical, laser and electronic observations made on board 31 satellites using earth gravimetric data. The paper discusses some of the major features of this solution, and the way in which it can be used to find geoid heights (N), components of deviations from the vertical in the direction of the meridian and the prime vertical, (ϵ, η) and gravity anomalies (Δg) All of these contribute to the over-all objective of determining the shape of the Mexican part of the geoid, with a view to readjusting and redefining horizontal positioning networks throughout North America.

RÉSUMÉ

Parmi les méthodes dont on dispose pour mesurer le géopotentiel, la plus récente et la plus perfectionnée est celle de la National Aeronautics and Space Administration/Goddard Space Flight Centre (NASA/GSFC) [Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace — Centre de vols spatiaux Goddard] des Etats-Unis d'Amérique. La méthode appelée GEM 10 consiste à utiliser à la fois des observations optiques, des observations par laser et des observations électroniques faites par 31 satellites et des données gravimétriques obtenues au sol. On expose dans le document quelques aspects pertinents de cette méthode et la façon dont on peut l'utiliser pour obtenir la dérivation des altitudes géoïdales (N), des éléments de la déviation de la verticale dans la direction du méridien et du premier vertical (ϵ, η) et les anomalies de la gravité (Δg). Toutes ces opérations font partie du projet final visant à déterminer le géoïde (en ce qui concerne le Mexique) afin de réajuster et de redéfinir les canevas de positionnement horizontal dans l'ensemble de l'Amérique du Nord.

* El texto original de esta monografía preparado por Rafael Sosa Torres, se publicó como documento E/CONF 71/L 38.

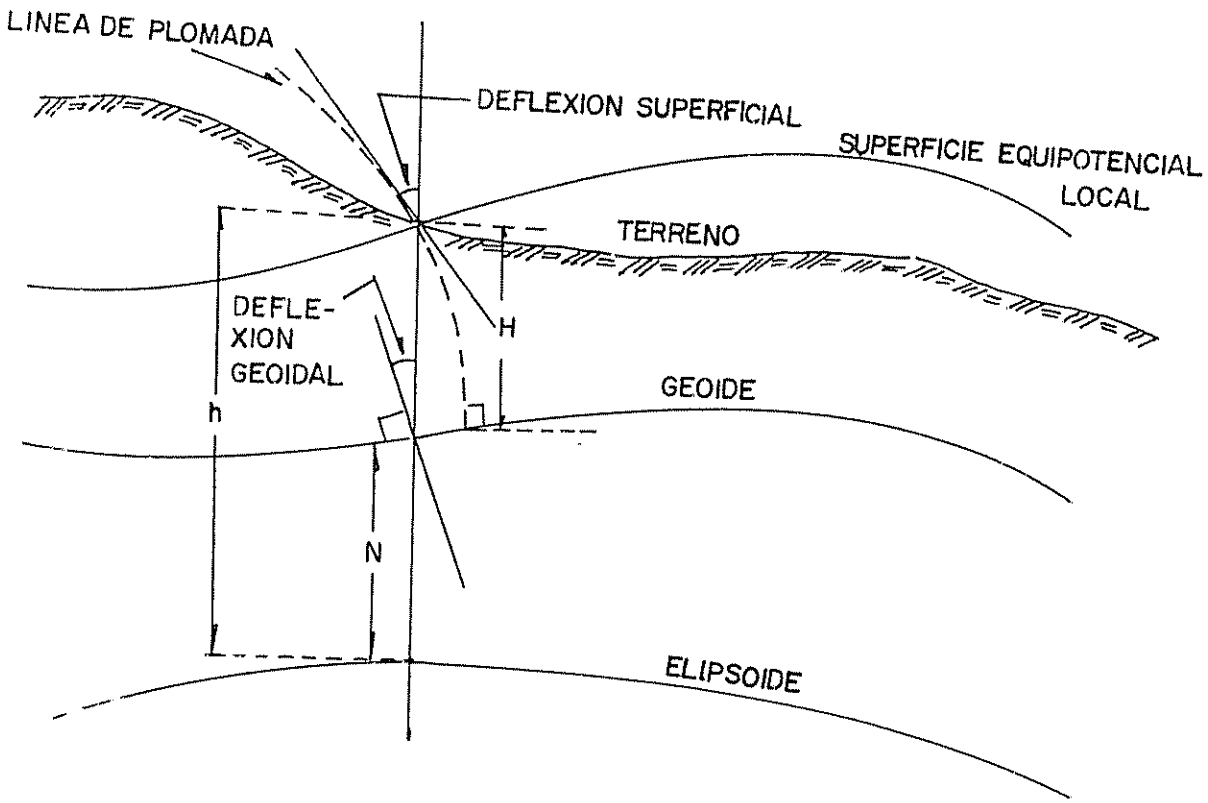
INTRODUCCIÓN

La demanda creciente de posiciones geodésicas altamente precisas hizo evidente la necesidad de un reajuste de las redes de posicionamiento horizontal en Norteamérica. En este proceso de reajuste se requiere contar con el geoide. Esto incluye la ondulación geoidal N y las pendientes del geoide ϵ, η—las componentes meridiana y en el primer vertical—con respecto a la superficie de referencia que usamos para los cálculos. Obviamente, el geoide requerido debe estar referido al mismo sistema de coordenadas ligado a la superficie de referencias. Aceptando la usual definición de significancia de ser un 10% de los errores accidentales determinados por la desviación estándar, se deduce que la reducción de las observaciones deberá realizarse con una exactitud que corresponda a un error relativo en diferencia de coordenadas entre cualquier par de puntos en la red de 1 ppm. Esto implica que N debe conocerse con un error de 2 a 3 m y ϵ, η con 1″ a 2″. Así también se requiere que estas cantidades reflejen las tendencias regionales del campo de gravedad y no sólo sus variaciones locales [1]* (ver figura 48).

Como es bien sabido, las fuentes tradicionales de datos para la determinación del geoide han sido la gravedad y las desviaciones astrogeodésicas de la vertical. Desafortunadamente, la pobre distribución y densidad que de ellos se dispone hasta la fecha no han permitido el uso de ninguna de las técnicas estándar para calcular la forma geoidal.

Puede obtenerse una solución óptima para la superficie geoidal si se emplea correctamente una combinación adecuada de todos los datos disponibles. En la actualidad se cuenta con datos satelares en la forma de coordenadas geocéntricas tridimensionales (X, Y, Z) provenientes de observaciones a satélites Doppler, lo que, al combinarse con datos terrestres (alturas ortométricas), pueden darnos alturas geoidales. Otra fuente lo son los datos satelares dinámicos combinados con datos gravimétricos terrestres, en la forma de coeficientes de armónicos esféricos del potencial gravitacional de la Tierra, tal como lo ofrece la solución GEM 10 (Goddard Earth Model 10). Datos terrestres, en la forma de anomalías de la gravedad o en la de desviaciones astrogeodésicas, cubren la gama total de fuente de datos disponibles con fines de computaciones geoidales.

* Las cifras que van entre corchetes remiten a la lista de referencias



$h = H + N$

N = ALTURA GEOIDAL

H = ALTURA ORTOMETRICA

h = ALTURA ELIPSOIDAL.

Figura 48. México: el geoide y superficies relativas

En el proyecto propuesto por el autor (véase por ejemplo [2] [3]) para la determinación del geoide, las alturas geoidales derivadas de satélites Doppler juegan el papel de puntos de anclaje pesados, que dan el marco maestro donde las restantes tres clases de datos detallan la forma geoidal. De este modo, las características geoidales determinadas por las longitudes de onda corta y mediana provenientes de los datos terrestres son mejoradas al combinarse con las longitudes de onda larga correspondientes dadas por la solución GEM 10. El geoide así determinado es compatible con la superficie de referencia para le reajuste de las redes geodésicas horizontales, que también será controllado de un modo similar por posicionamiento con satélites Doppler. Dado que de las fuentes de datos disponibles la menos conocida es la basada en observaciones satelares dinámicas-terrestres, el autor se ha propuesto aquí mostrar algunos aspectos relevantes de la solución analítica GEM 10 para el geopotencial y el modo en que puede emplearse con fines de determinaciones geoidales.

La Solución GEM 10 para el geopotencial

GEM 10, como hemos mencionado ya, es la solución más reciente de la NASA/GSFC para el potencial gravita-

Cuadro 1. GEM 10

Indice		*Valor*		*Indice*		*Valor*		*Indice*		*Valor*	
N	*M*	*C*	*S*	*N*	*M*	*C*	*S*	*N*	*M*	*C*	*S*
17	8	0 01833	−0 00385	18	8	0 01756	−0 01142	19	8	0 01824	−0 01845
20	8	−0 00195	0 00990	21	8	0 00006	0 00021	22	8	−0 00791	0 00262
9	9	−0 05541	0 09097	10	9	0 12372	−0 04851	11	9	−0 03343	0 03788
12	9	0 03710	0 01169	13	9	0 02050	0 04507	14	9	0 03246	0 00995
15	9	0 01081	0 03356	16	9	−0 01781	−0 04536	17	9	−0 01019	−0 02609
18	9	−0 01934	0 02044	19	9	0 00906	0 00639	20	9	0 01785	0 01354
21	9	0 00450	0 00453	22	9	0 00850	0 00662	10	10	0 10112	−0 0228
11	10	−0 06487	−0 00122	12	10	−0 00466	0 05053	13	10	0 03104	−0 03120
14	10	0 04695	0 01273	15	10	0 01858	0 00285	16	10	0 00904	−0 00214
17	10	0 00982	0 01107	18	10	0 00142	−0 00712	19	10	−0 01995	−0 00809
20	10	−0 01252	−0 00787	21	10	−0 00168	−0 00024	22	10	0 00017	0 00707
11	11	0 04856	−0 07019	12	11	0 01619	−0 00381	13	11	−0 03917	−0 01086
14	11	0 02094	−0 03716	15	11	0 00008	0 00068	16	11	0 02278	0 00634
17	11	−0 62975	−0 00543	18	11	−0 00004	0 01638	19	11	0 00203	0 02191
20	11	0 01921	−0 01048	21	11	−0 00221	−0 01288	22	11	−0 00244	−0 02165
12	12	−0 00554	−0 01268	13	12	−0 03220	0 09102	14	12	0 00976	−0 03103
15	12	−0 03355	0 01650	16	12	0 01839	0 00875	17	12	0 03036	0 01899
18	12	−0 03557	−0 02274	19	12	−0 01017	0 00343	20	12	−0 00592	0 02306
21	12	0 00111	0 01673	22	12	−0 01396	−0 01715	23	12	0 01572	0 00483
24	12	0 00934	−0 01530	25	12	−0 00738	0 00359	13	13	−0 05954	0 06972
14	13	0 02809	0 04223	15	13	−0 02225	−0 00224	16	13	0 01213	−0 00625
17	13	0 01525	0 01986	18	13	−0 01153	−0 03674	19	13	−0 01165	−0 02961
20	13	0 02321	0 00395	21	13	−0 01557	0 01460	22	13	−0 02989	0 00838
23	13	−0 00118	−0 00074	24	13	0 00553	−0 00469	25	13	−0 01504	−0 00764
26	13	−0 00235	−0 00538	27	13	−0 00821	−0 00785	28	13	0 02063	0 01063
29	13	−0 01165	−0 00576	14	14	−0 05122	−0 00543	15	14	0 00391	−0 02457
16	14	−0 01881	−0 03793	17	14	−0 01556	0 01086	18	14	−0 00797	−0 01007
19	14	−0 00581	−0 01257	20	14	0 01308	−0 01055	21	14	0 01969	0 01034
22	14	0 00971	0 00623	23	14	0 00839	−0 00532	24	14	−0 01797	0 00413
25	14	−0 02345	0 01681	26	14	0 00739	0 00105	27	14	0 02294	0 00612
28	14	−0 00724	−0 01113	29	14	−0 01098	0 01017	15	15	−0 02075	−0 00447
16	15	−0 01278	−0 02604	17	15	0 00235	0 00520	18	15	−0 05475	−0 01538
19	15	−0 02100	−0 01490	20	15	−0 02512	0 00549	21	15	0 00999	0 01154
22	15	0 02181	−0 00125	23	15	−0 01389	0 00392	24	15	0 00191	−0 00401
25	15	−0 00780	−0 00435	16	16	−0 02579	0 00774	17	16	−0 02359	0 01142
18	16	0 01002	0 01677	19	16	−0 03212	−0 01255	20	16	−0 01244	−0 00331
21	16	0 00311	−0 00678	22	16	−0 00152	−0 00491	17	17	−0 0227	−0 00279
18	17	0 01587	−0 00260	19	17	0 02725	−0 00939	20	17	−0 00669	−0 00943
21	17	−0 00380	−0 00399	22	17	0 00342	−0 01193	18	18	−0 01066	−0 01451
19	18	0 03935	−0 1591	20	18	−0 00527	0 01647	21	18	0 02197	−0 00589
22	18	0 01463	−0 01305	19	19	0 00282	0 00122	20	19	0 00682	0 00621
21	19	−0 00146	−0 00573	22	19	−0 00439	−0 00815	20	20	0 00071	−0 00618
21	20	−0 03716	−0 00157	22	20	0 00466	0 01305	21	21	0 00375	−0 01106
22	21	−0 00539	0 00013	22	22	−0 00133	0 00515	27	26	−0 01078	−0 00566
28	26	0 00735	−0 00235	29	26	−0 00981	−0 01668	27	27	−0 00111	−0 00199
28	27	−0.00909	0.00262	28	28	0.00499	0.00602	30	28	−0.01810	−0.03480

cional terrestre V. La solución, que consiste en un conjunto de coeficientes de armónicos esféricos completamente normalizados—$C_{l,m}$, $S_{l,m}$—que definen al potencial como [4], [5]:

$$V = \frac{M}{r}\left\{1 + \sum_{l=2}^{\infty}\sum_{m=0}^{l}\left(\frac{r_e}{r}\right)^l \overline{P}_{lm}(\operatorname{sen}\phi)\left[C_{lm}\cos m\lambda + S_{lm}\operatorname{sen} m\lambda\right]\right\} \quad (1)$$

está truncada en el grado y orden número 22. Aquí:

M = Masa de la Tierra incluyendo su atmósfera;

r_e = Radio medio ecuatorial;

P_{lm} = Función asociada de legendre completamente normalizada de grado l y orden m[6];

— = Distancia del centro de masa al punto considerado;

ϕ, λ = Latitud y longitud geocéntricas.

Los coeficientes $C_{l,m}$, $S_{l,m}$ (Cuadro 1) resultaron de la combinación de información obtenida a través de satélites ópticos, electrónicos (Doppler) y laser (Cuadro 2) con datos gravimétricos terrestres. Estos últimos consistieron en 1,654 anomalías medias de la gravedad en bloques de igual área de 5° por lado[1] basadas en 38,406 anomalías medias de la gravedad al aire libre en cuadrados de 1° × 1° que cubren un 39% de la superifice terrestre [7].

Cuadro 2. Datos GEM 10 Obtenidos por rastreo de satélites

Tipo	*Número de observaciones*	*Número de satélites*	*Número de arcos*	*Armónicas*
Opticos	150 000	24	311	16 × 16
Electrónicos (Doppler)	470 000	9	48	16 × 16
Laser	200 000	9	125	22 × 28

La exactitud formal de la solución GEM 10 puede derivarse siguiendo a [8] cuya conclusión en el cuadro 3 que nos da los errores "realisticos" de los coeficientes armónicos.

Simultáneamente con la determinación del GEM 10 también se cumplieron otros dos objetivos:

1. Determinar la constante gravitacional terrestre GM basada en 25.000 observaciones a satélites Laser de la serie LAGEOS a una altura de 5.800 km de la Tierra. El valor final obtenido fue de:

$$GM = 398600.64 \pm 0.02 \text{ km}^3/\text{seg}^2 \quad (2)$$

2. Usando las posiciones de 146 estaciones rastreadoras de los satélites LAGEOS y la solución GEM 10, fue posible determinar el centro de masa terrestre. Las coordenadas de estas estaciones son publicadas en [4].

Derivación de N: ξ, η; Δg usando GEM 10

Cuando los coeficientes armónicos del geopotencial están disponibles, las fórmulas para derivar N, ξ, η, y Δg sobre el geoide son bien conocidas:

$$N = \frac{T}{\overline{\gamma}};\quad \xi = \frac{1}{\overline{\gamma}\,R}\frac{\partial T}{\partial \phi};\quad \eta = -\frac{1}{\overline{\gamma}\,R\cos\phi}\cdot\frac{\partial T}{\partial \lambda}$$

$$\Delta g = -\frac{\partial T}{\partial r} - \frac{2T}{R} \quad (3)$$

Donde $\overline{\gamma}$ es el valor medio de la gravedad sobre la tierra y T es el potencial perturbador definido por:

$$T = V - V_N \quad (4)$$

donde V_N es el potencial gravimétrico normal que expandido en armónicos esféricos zonales pares tiene la fórmula:

$$V_N = \frac{GM}{r}\left[1 + \sum_{21}^{\infty}\bar{J}_{21}\left(\frac{r_e}{r}\right)^{21} P_{21}(\operatorname{sen}\phi)\right] \quad (5)$$

Los J_{21} son conocidos como coeficientes armónicos esféricos totalmente normalizados de orden par.

Cuadro 3. Errores realísticos para GEM 10

(Unidades = 10^{-9} para armónicas completamente armonizadas)

2	1	3	5																			
3	2	7	11	14																		
4	1	5	6	6	11																	
5	2	8	12	13	14	18																
6	2	7	9	9	12	10	15															
7	3	10	14	15	16	16	16	22														
8	2	9	12	12	14	12	16	12	17													
9	2	12	16	18	20	27	19	18	17	11												
10	2	10	15	16	17	16	17	14	17	11	16											
11	3	14	17	21	20	21	20	18	19	12	16	17										
12	3	11	15	19	18	21	18	18	18	11	15	8	7									
13	5	14	1	21	22	22	20	21	18	13	17	12	3	4								
14	4	14	16	21	20	22	21	21	17	14	16	10	5	3	3							
15	6	13	21	21	23	24	21	23	20	16	17	14	4	4	2	7						
16	5	15	19	19	24	22	23	24	21	16	16	15	6	5	6	12	19					
17	5	17	19	26	25	24	29	24	30	21	19	17	5	4	5	8	12	22				
18	4	16	21	28	24	28	30	26	31	26	20	17	8	5	7	19	23	24	28			
19	5	18	25	25	28	29	28	28	30	27	26	18	9	6	4	15	21	23	25	27		
20	5	16	25	21	27	28	27	28	28	26	27	20	8	7	6	18	21	23	24	27	28	
21	5	20	22	23	26	27	26	26	26	26	26	22	9	4	6	15	20	21	21	25	26	27
22	6	17	22	24	23	25	25	25	24	24	24	22	10	6	7	16	19	20	18	22	24	25	26
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

[1] El área patrón se tomó inicialmente en el Ecuador.

La expansión armónica esférica del potencial perturbador se obtiene reemplazando en la ecuación (4) las respectivas expansiones armónicas esféricas de V y V_N:

$$T = \frac{G\,M}{r}\left[\sum_{l=2}^{\infty}\sum_{m=0}^{l}\left(\frac{re}{r}\right)\bar{P}_{l\,m}(\operatorname{sen}\phi)\cdot (C^{l}_{l\,m}\cos m\lambda + S_{l\,m}\operatorname{sen} m\lambda)\right] \quad (6)$$

$C^{l}_{l,m}$ representan los coeficientes que resultan de la diferencia entre los coeficientes pares de V y de los coeficientes zonales pares de V_N.

En la práctica, r se reemplaza por el radio medio terrestre R:

$$r = R\,(a^2\,b)^{1/3} \quad (7)$$

donde a, b, son los semiejes mayor y menor del elipsoide medio terrestre.

A estas alturas se hacen dos consideraciones importantes [9] en el sentido de que el radio medio ecuatorial r_e es sustituido por R y de que el valor medio de la gravedad en toda la Tierra se aproxima por la expresión:

$$\gamma = \frac{G\,M}{R^2} \quad (8)$$

Estas consideraciones introducen errores en las soluciones del orden del 3%.

Las expresiones finales nos quedan ahora:

$$N(\phi,\lambda) = R\sum_{l=2}^{\infty}\sum_{m=0}^{l}(C^{l}_{l\,m}\cos m\lambda + S_{l\,m}\operatorname{sen} m\lambda)\,\bar{P}_{l\,m}(\operatorname{sen}\phi) \quad (9)$$

$$\xi(\phi,\lambda) = -\sum_{l=2}^{\infty}\sum_{m=0}^{l}(C^{l}_{l\,m}\cos m\lambda + S_{l\,m}\operatorname{sen} m\lambda)\,\frac{\alpha\,\bar{P}_{l\,m}(\operatorname{sen}\phi)}{\alpha\,\phi} \quad (10)$$

$$\eta(\phi,\lambda) = \frac{1}{\cos\phi}\sum_{l=2}^{\infty}\sum_{m=0}^{l}(-C^{l}_{l\,m}\cos m\lambda + S_{l\,m}\,m\operatorname{sen} m\lambda)\,\bar{P}_{l\,m}(\operatorname{sen}\phi) \quad (11)$$

$$\Delta g(\phi,\lambda) = \sum_{l=2}^{\infty}\sum_{m=0}^{l}\bar{\gamma}(l\text{-}1)(C_{l\,m}\cos m\lambda + S_{l\,m}\operatorname{sen} m\lambda)\,\bar{P}_{l\,m}(\operatorname{sen}\phi) \quad (12)$$

La latitud geocéntrica ϕ puede obtenerse conociendo la latitud geodésica ϕ del punto de interés.

$$\phi = \tan^{-1}\left[(1-e^2)\tan\phi\right] \quad (13)$$

en donde e es la primera excentricidad del elipsoide de referencia.

Utilizando el valor para GM que aparece en la ecuación (2) y el valor para la gravedad media ecuatorial obtenida a través de:

$$g_e = \frac{G\,M}{\alpha_e^2} \quad (14)$$

se derivaron estimaciones para los parámetros que definen el elipsoide medio terrestre: semieje mayor (a_e) y el A-plastamiento (f). Los valores obtenidos fueron:

$$\alpha_e = 6\,378\,139.3\ \text{m} \qquad f = 1/298.255 \quad (15)$$

De este modo se obtienen todos los elementos para determinar N, ξ, η, Δg referidos al elipsoide medio terrestre

N, ξ, η REFERIDOS A UN DATUM LOCAL

Si se requiere, se puede llevar a cabo la transformación para referir N, ξ, η a un dátum geodésico local, por ejemplo al Dátum norteamericano de 1927—NAD_{27}, para lo cual se utilizan las fórmulas condensadas de Molodensky [10] en unión con las fórmulas diferenciales de Vening-Meinesz [6]. Obviamente es necesario conocer las diferencias paramétricas entre ambos dátums. La derivación es como sigue:

$$N' = N + \delta N;\ \xi' = \xi + \delta\xi;\ \eta' = \eta + \delta\eta \quad (16)$$

donde δN, $\delta\xi$, $\delta\eta$, son las correcciones que hay que aplicar para obtener los valores ξ', η', N' (referidos al dátum local).

Sabiendo que [6]:

$$\delta N = \delta h;\ \delta\xi = -\delta\phi;\ \delta\eta = -\delta\lambda\cos\phi \quad (17)$$

donde $\delta\phi$, $\delta\lambda$, δh son las correcciones para transformar coordenadas geodésicas del dátum "viejo" al dátum "nuevo" y conociendo que Molodensky obtuvo:

$$\delta\phi'' = \left[\Delta X\operatorname{sen}\phi\cos\lambda - \Delta y\operatorname{sen}\phi\operatorname{sen}\lambda + \Delta Z\cos\phi + (\alpha\,\Delta f + f\,\Delta\alpha)\operatorname{sen} 2\phi\right]\cdot\left[M/\int\right]^{-1} \quad (18)$$

$$\delta\lambda'' = \left[-\Delta X\operatorname{sen}\lambda + \Delta y\cos\phi\right]\left[(N\cos\phi)/\int\right]^{-1} \quad (19)$$

$$\delta h = \Delta X\cos\phi\cos\lambda + \Delta y\cos\phi\operatorname{sen}\lambda + \Delta Z\operatorname{sen}\phi + (\alpha\,\Delta f + f\,\Delta\alpha)\operatorname{sen}^2\phi - \Delta\alpha \quad (20)$$

donde:

ϕ, λ, h = Coordenadas geodésicas en el elipsoide "viejo"

ΔX, Δy, ΔZ = Diferencias entre los centros de los datums "viejo" y "nuevo"

α = Semieje mayor del elipsoide "viejo"

$\Delta\alpha$, Δf = Diferencia entre los parámetros elipsoidales ("nuevo" menos "viejo")

N = Radio de curvatura en el primer vertical

(¡Nada tiene que ver con la altura geoidal!):

$$N = \alpha/(1-e^2\operatorname{sen}^2\phi)^{1/2} \quad (21)$$

M = Radio de curvatura en el meridiano:

$$M = \alpha\,(1-e^2)/(1-e^2\operatorname{sen}^2\phi)^{3/2} \quad (22)$$

e = Primera excentricidad del elipsoide "viejo"

$\int$ = Valor de un radián en segundos de arco.

podemos entonces resolver el problema de transformación planteado en la ecuación (16).

Resultados

Con las metodologías y fórmulas anteriores el autor desarrolló algoritmos de cómputo integrados en la subrutina GEM 10 de lenguaje Fortran IV. La subrutina llama a la subrutina SPHCT, la que determina las funciones asociadas de Legendre y sus derivadas. Esta última subrutina fue proporcionada por su autor el Dr. Gerald Lachapelle del Geodetic Survey of Canada. La subrutina GEM 10 nos da los valores de N, ξ, η, Δg referidos al elipsoide medio terrestre o a un dátum local, según se requiera, para cualquier punto de coordenadas conocidas. El cuadro 4 es un ejemplo típico de resultados obtenidos en uno u otro caso. A partir de la exactitud de los coeficientes armónicos esféricos del potencial (cuadro 3) y basándonos en la ley de propagación de la matriz de varianzas-covarianzas, se determina la exactitud de la solución exclusivamente de las alturas geoidales, para cuyo efecto se escribió la subrutina VC GEM 10. Se estima que en promedio la desviación estándar de las alturas geoidales es de 4.25 m.

Con el propósito de contar con alguna idea de la confiabilidad de la solución, se hizo un estudio comparativo entre alturas geoidales derivadas con GEM 10 obtenidas de posicionamiento Doppler y alturas ortométricas. Del cuadro 5 sumarizza los resultados logrados.

Conclusiones

Hemos visto cómo la solución GEM 10 del geopotencial puede utilizarse para la derivación de alturas geoidales, componentes de la desviación de la vertical y anomalías de la gravedad referidos a un elipsoide medio terrestre o a un dátum local. Se señala, sin embargo, que la solución es global y, originalmente, geocéntrica. Así mismo, los resultados obtenidos son "suavizados" debido al hecho de que el valor del geopotencial expresado por la ecuación (1) se truncó para 1, m = −22. Por lo tanto, se considera que este modelo representa las características de onda larga del campo de gravedad terrestre, por lo que debe elegirse como el modelo básico para el cálculo de geoides detallados.

Es innegable que el GEM 10 nos ofrece una herramienta poderosa de aplicaciones prácticas en el campo de la geodesia.

Referencias

1. Thomson, D. B., M. M. Nassar y C. L. Merry. *Distortions of Canadian geodetic networks due to the neglect of deflections of the vertical and geoidal heights*. "The Canadian Surveyor" Vol. 28, No. 5, 1976.
2. Sosa Torres, R. "Determinación del geoide a partir de datos heterogéneos". Tesis de M. C. Departamento de Geodesia, DETERNAL, 1978.
3. Sosa Torres, R. *Geoid determinaton from heterogeneous data*. Trabajo presentado en el Second International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, Austin, Texas, 22-26 de enero de 1979.
4. Lerch, F. J.; S. M. Klosko, y R. E. Lauscher. *Gravity model improvement using Geos-3 (GEM 9 and GEM 10)*. Documento del Goddard Space Flight Center, 1977.
5. *Improvement in the geopotential derived from satellite and surface data (GEM 7 and GEM 8)*. Por C. Wagner y otros. Documento X-921-76-20 del Goddard Space Flight Center, 1976.

Cuadro 4. Resultados típicos obtenidos con GEM 10

Posición del punto		*Altura geoidal*		*Desviación vertical*		*Anomalías de la gravedad*
ϕ° + − *Norte*	λ° + *Este*	*N-TP* m	*N-NAD$_{27}$* m	ξ''—*NAD$_{27}$*	η''—*NAD$_{27}$*	(Δg_{mgal})
30.5	−111.0	−29.7	−15.8	−2.9	+3.1	− 8.2
29.5	−109.5	−29.0	−13.0	−4.1	+2.4	− 4.6
28.5	−108.0	−27.8	− 9.8	−4.0	+1.4	− 0.3
27.5	−106.5	−27.5	− 7.4	−4.3	+0.5	+ 2.6
26.5	−105.0	−27.3	− 5.0	−3.7	−0.4	+ 3.6
25.5	−103.5	−25.5	− 1.1	−3.4	−1.9	+ 6.3
24.5	−102.0	−23.1	+ 3.5	−3.2	−1.2	+ 9.8
23.5	−100.5	−17.6	+11.2	−2.3	−1.3	+10.3
22.5	− 99.0	−14.7	+16.2	−1.8	−1.4	+10.4
21.5	− 97.5	−10.2	+22.9	−0.6	−1.4	+ 8.7
20.5	− 96.0	− 7.9	+27.4	−0.1	−1.2	+ 6.1
19.5	− 94.5	− 6.0	+31.6	−0.3	−1.3	+ 5.9
18.5	− 93.0	− 4.0	+35.8	+0.2	−0.8	+ 7.2
17.5	− 91.5	− 2.1	+40.0	+0.4	−1.3	+ 7.8
16.5	− 90.0	− 0.6	+43.6	+0.9	−0.7	+ 8.3

Cuadro 5. Resultados comparativos entre alturas geoidales GEM 10 y derivadas con posicionamiento Doppler

Estaciones Doppler	*Posición de las estaciones*		*Solución geocéntrica*		*Solución geodésica*	
	+ *Norte*	+ *Oeste*	*N-GEM 10* m	*N-Dop.* m	*N-GEM 10* m	*N-Dop.* m
30486	25.77	98.47	−18.75	−16.01	10.14	8.68
30485	24.85	98.16	−17.40	−15.31	12.34	10.26
30484	23.77	98.21	−15.41	−11.58	15.11	14.76
30483	22.93	98.08	−13.80	− 9.18	17.53	17.96
34082	22.05	98.18	−12.33	− 7.29	19.72	20.56
30086	19.40	99.20	− 9.23	− 0.27	24.73	29.47

6. Heiskanen, W. A. y H. Moritz. *Physical geodesy* San Francisco, California, W. H. Freeman, 1967

7. Rapp, R. H. *The formation and analysis of a 5° equal area block terrestrial gravity field* Report No. 178, Ohio State University Columbus, Ohio, 1972.

8. Wagner, C. A. *The accuracy of Goddard earth models* Documento TMX-71183 del Goddard Space Flight Center, 1976

9. Vanicek, P. *Gravimetric satellite geodesy* No. 32, Department of Surveying Engineering, University of New Brunswick Fredericton, Canada, 1976

10. Stansell, T. A. *The transit navigation satellite system* Magnavox Co., R-5933, 1978.

MESURES DE DÉPLACEMENTS DE L'ÉCORCE TERRESTRE: NOUVELLES MESURES SUR LE RÉSEAU GÉODÉSIQUE ÉTABLI À TRAVERS UNE PARTIE DE LA DÉPRESSION D'AFAR PAR L'IGN EN 1972-1973*

Document présenté par la France

SUMMARY

The Afar depression is the only emerged part of an evolutionary system linking the mountainous ridge of the Indian Ocean to the Red Sea rift.

The Ghoubbet/Lake Assal trench is one of the active tectonic axes of the depression. In that region the French Institut géographique national has set up a geodetic net consisting of high-precision triangulation and levelling.

After a seismo-volcanic episode in November 1978, two new measurements were made, in November 1978 and March 1979. Some very substantial horizontal and vertical movements were found through comparisons between the old and the new series of measurements.

MOUVEMENTS TECTONIQUES ACTUELS DANS LE FOSSÉ DU GHOUBBET-LAC ASSAL

La dépression d'Afar est située entre 11°N et 15°N de longitude 41°E. C'est la seule partie émergée du système tectonique en extension qui relie, via le golfe d'Aden, l'arête montagneuse de l'océan Indien au fossé central de la mer Rouge.

Cette grande fissure dans la croûte terrestre marque la frontière entre deux plateaux tectoniques principaux : le plateau Africain à l'ouest et le plateau Arabique au nord-est.

Au sud de l'Afar, l'Afrique orientale est elle-même divisée en deux sections par le grand fossé africain, avec la Somalie à l'est et la Nubie à l'ouest.

La séparation actuelle dans la région d'Afar a fait l'objet de récentes études géologiques et tectoniques (Tazieff *et al.*, 1972; Varet, 1973). Ces études montrent que la dérive vers le nord-est du plateau Arabique par rapport aux plateaux de Nubie et de Somalie représente le déplacement le plus important et que le fossé africain continental n'est affecté que par des mouvements tectoniques mineurs.

L'arête montagneuse de l'océan dans le golfe d'Aden qui est coupée par des failles de transformation, telles que montrées par Laughton, continue dans le golfe de Tadjoura et rejoint le fossé central de la mer Rouge par une série de segments montagneux, en formation en échelon, à travers l'Afar.

Le taux d'expansion dans le golfe d'Aden peut être évalué sur la base des anomalies magnétiques de part et d'autre du fossé central de l'arête montagneuse, à entre 1 et 2 cm par an (Laughton *et al.*, 1970). La séismicité de cette arête montagneuse et la crise sismique de 1973 affectant les failles de transformation du golfe de Tadjoura montrent que cette expansion se poursuit encore (Lépine et Ruegg, 1973).

Des critères morphologiques, tectoniques et magmatologiques indiquent que le fossé reliant le lac Assal au Ghoubbet el Kharab est l'un des segments montagneux actifs contribuant à la séparation des plateaux Africain et Arabique. Dans ce fossé, des fissures ouvertes de 0,1 mètre à plusieurs mètres de large traversent de récentes coulées de lave venant d'une fissure centrale. Toutes ces fissures sont en échelons parallèles à l'axe du segment montagneux.

Des mouvements de soulèvement ont été révélés par les récentes failles normales qui forment les flancs symétriques du fossé et par l'existence de volcans sous-marins (cônes hyaloclastites) à présent au-dessus de l'eau. En particulier, sur le fond du Ghoubbet el Kharab, l'île du Diable (Ginni Koma), qui fut à l'origine un volcan sous-marin, porte sur ses flancs et à une hauteur de 90 m des bancs d'huîtres qui sont vieux de 5 800 + 150 ans, équivalant à un soulèvement de 1,5 cm par an (Tazieff, 1972).

LE RÉSEAU DE 1972–1973

Réseau géodésique

Le réseau géodésique consistait en 22 points marqués par des repères de nivellement en bronze enfoncés dans le roc. La longueur moyenne d'un côté était d'environ 11 km. Au nord et au sud, le réseau s'étend respectivement aux sommets méridionaux des monts Gouddja et aux contreforts des monts Ali-Sabieh, régions qu'on peut considérer comme tectoniquement stables.

Les observations azimutales furent faites la nuit en utilisant des phares géodésiques électriques et des théodo-

* Le texte original de ce rapport, préparé par M. Kasser, Institut géographique national, a paru sous la cote E/CONF.71/L.43

lites Kern DK M3 et Wild T3 fixés à l'équipement de centrage. Les mesures de 16 paires avec 5 azimuts chacune furent faites dans chaque direction et étalées sur au moins deux séances.

Un azimut astronomique fut déterminé au point *Q* par observation de l'étoile polaire à sa déviation maximale. L'erreur rms de la moyenne des 18 paires, mesurée avec un Wild T3, était d'environ $1{,}10^{-4}$ degrés.

Les mesures de distance, effectuées avec un géodimètre laser AGA8, furent faites par un vent soufflant continuellement à des vitesses atteignant 50 km/h, malgré la construction de murets en pierre sèche en guise d'abris. Les côtés mesurés, 33 en tout, étaient situés partiellement au nord et au sud dans les zones de références et partiellement dans la région centrale où des comparaisons directes seront possibles avec de futures mesures. Les observations furent étendues, pour chaque côté, sur au moins deux séances distinctes de quatre mesures à trois fréquences chacune. La moyenne générale de la déviation moyenne par côté était de 1,7 cm. La moyenne générale de l'erreur rms correspondante était de 2,1 cm.

Nivellement de précision

Le réseau de nivellement consistait en un cheminement de 96 km effectué dans les deux directions, le long de la piste Yoboki-Tadjoura dans la direction générale SO-NE, et un profil de 8,5 km du Ghoubbet el Kharab au lac Assal.

Il fut repéré par 204 repères de nivellement enfoncés dans le roc, dans les lits de lave les plus compacts ou, dans certains cas, dans des bornes de béton. Deux balises fondamentales consistant chacune en une borne souterraine et plusieurs balises auxiliaires sont à présent considérées comme des référenes stables. Elles sont situées loin de l'arête montagneuse, l'une au nord et l'autre au sud.

L'origine adoptée pour les altitudes résulte des mesures effectuées sur un indicateur de marée fixé sur le bord occidental du Ghoubbet el Kharab.

Les observations furent faites avec des niveaux Zeiss N1004 et Wild N3 utilisant la méthode de premier ordre.

La différence d'altitude adoptée pour l'intervalle entre deux repères consécutifs fut la moyenne des deux nivellements indépendants effectués sur les cheminements en aller-retour.

En appliquant la formule $u^2 = \frac{1}{6}\, p^2/nR$ au cheminement entier, l'erreur kilométrique générale probable, calculée avec les écarts p et les longueurs R de tous les intervalles n entre les repères, était de 0,73 mm.

L'écart sur les 96 km de cheminement entre les mesures d'aller et de retour était de 45,9 mm.

Les mesures de 1978 et 1979

Mesures géodésiques

Les seules mesures faites sur le réseau consistaient en mesures de distances avec un géodimètre AGA modèle 8. En fait, la situation météorologique était excellente spécialement en raison du vent et aussi parce que tous les travaux ont été faits de nuit. En novembre, les points F-M-R-U-Q-I-D-C-E furent stationnés, tous les autres points sauf K-O-P furent mesurés en mars, et quatre points (F-D-Q-R) étaient en commun dans chaque réseau.

La compensation de ces deux opérations séparées avec le point D et le sens D-Q présumé stable montre clairement qu'un mouvement a encore eu lieu entre novembre 1978 et mars 1979.

Composants des vecteurs de déplacement en novembre et en mars :

	Novembre		*Mars*		
	DX	DY	DX	DY	
F	0,53	0,59	0,54	0,66	(mètres)
Q	0,16	−0,07	0,26	−0,13	
R	0,78	0,55	0,80	0,56	
D	0,00	0,00	0,00	0,00	par hypothèse

Le réseau entier a été également compensé, malgré ce problème de mouvement, la conséquence étant que la précision n'est pas aussi bonne en raison des deux époques impliquées dans ce calcul. Les vecteurs de déplacement dans la représentation B (point fixe) et B-T (azimuth fixe) montrent clairement une ouverture considérable dans la partie centrale du Ghoubbet :

	DX	DY
A	0,11	0,05
C	0,02	0,07
D	−0,21	−0,13
E	−0,16	−0,37
F	0,23	0,52
G	0,33	−0,53
H	−0,03	0,04
I	−0,24	−0,50
J	−0,26	0,20
L	−0,13	0,13
M	0,41	0,76
N	1,05	1,56
Q	0,07	−0,12
R	0,53	0,56
S	−0,20	0,02
T	−0,06	0,03
U	0,01	0,06
V	0,07	0,01

Nivellement de précision

Le cheminement de nivellement de précision de 1973 a été renivelé des repères n° 15, au sud au n° 72-11 au nord où tout semble être resté stable. En fait, des observations maréographiques n'ont pas été suffisantes pour savoir si cette stabilité était absolue ou non. Il semble que la zone "présumée" stable est à présent plus haute de 14 cm, mais la précision des observations du niveau moyen dans le Ghoubbet est du même ordre d'importance. Aussi pouvons-nous difficilement conclure.

Néanmoins nous pouvons observer un important effondrement de la partie interne du fossé, atteignant 70 cm au repère n° 35, suivi au nord et au sud de cette zone par une série surélevée de repères.

Quelques repères ont été notés afin d'effectuer des mesures d'inclinaison sèche des deux côtés du fossé également.

Problèmes d'évaluation de précision

L'importance des mouvements horizontaux et verticaux est si grande que la précision du réseau ne semble pas du

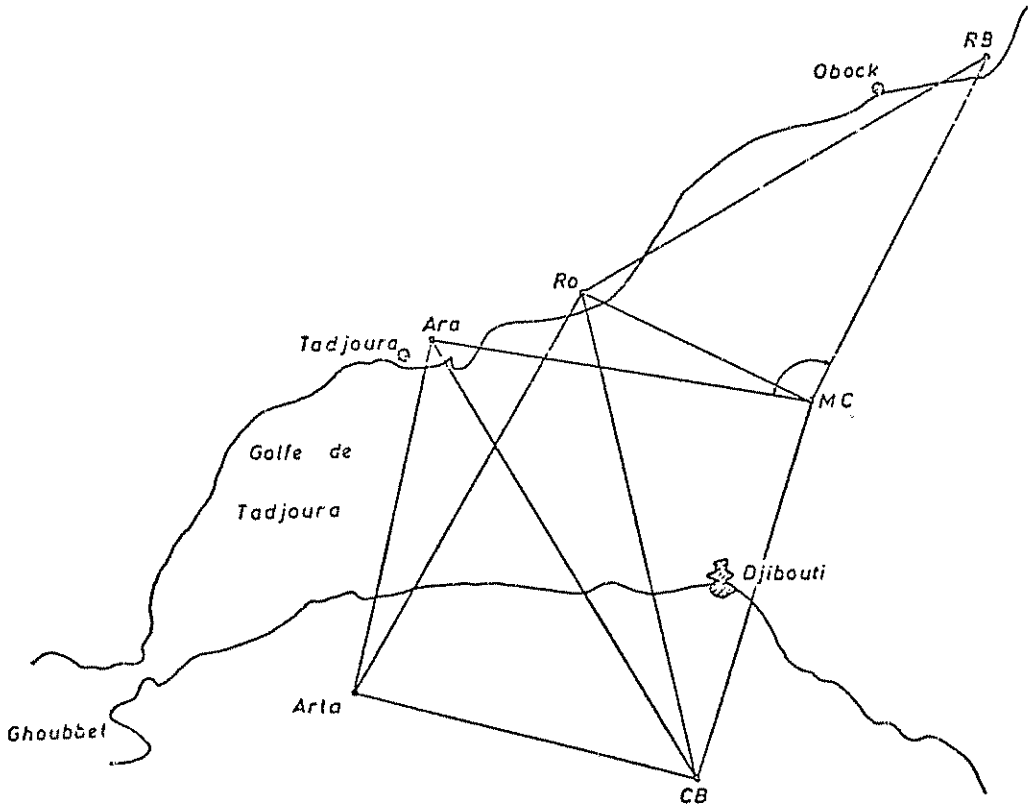


Figure 49. France : mesures sur le nouveau réseau (mars 1979)

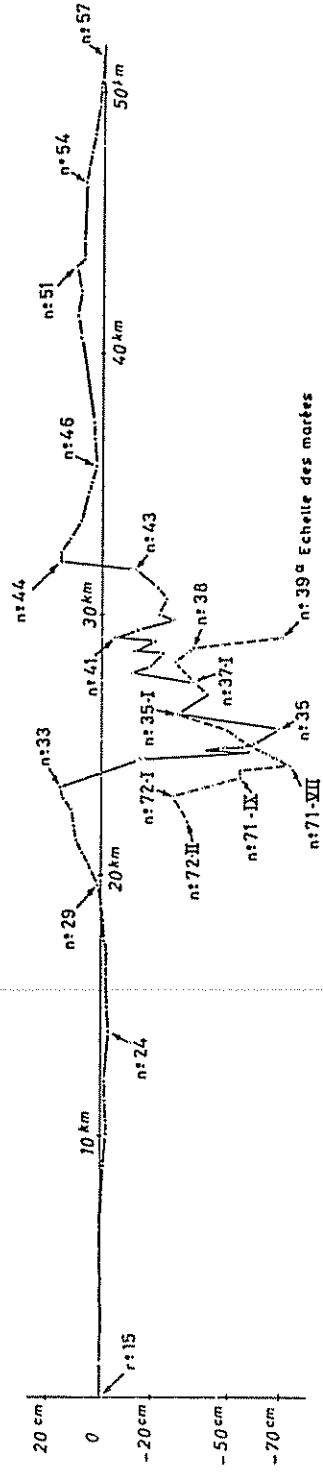


Figure 50. France : comparaison des nivellements entre les missions 1972–1973 et 1978–1979

tout critique. En fait, nous pouvons l'évaluer d'après les différents calculs faits pour les compensations.

Les mouvements horizontaux peuvent être considérés comme significatifs dès que le module du vecteur de déplacement d'un point atteint la valeur de 4 ou 5 cm. Les mesures de distance ont été plus précises qu'un millimètre par kilomètre en raison des excellentes conditions météorologiques.

Les mouvements verticaux peuvent être évalués en fonction d'une erreur kilométrique probable ne dépassant pas un millimètre par kilomètre également. Ainsi nous pouvons voir que tous les mouvements enregistrés sont sans aucun doute significatifs.

REFÉRENCES

Chubbert, C. Geodetic measurements across part of the Afar depression, East Africa *Tectonophysics* 29(1-4):471-477, 1975

Evolution of the Gulf of Aden *Par* A. S. Laughton *et autres* *Philosophical Transactions of the Royal Society* (London) A 267:227-266, 1970

Lépine, J. C. *et* R. C. Ruegg. Premiers renseignements de la crise sismique survenue dans la région de Djibouti en mars-avril 1973 *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (Paris) 277 D:33-36, 1973

Mohr, P. A. Ethiopian Rift geodimeter surveys. Université Hailé Sélassié, *Bulletin of the Geophysical Observatory* (Addis Ababa) 17, 1972

Tazieff, H. Sur la tectonique de l'Afar central. *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (Paris) 272:1055-1058, 1971

Tectonic significance of the Afar depression. *Par* H. Tazieff *et autres*. *Nature* 235:144-147, 1972.

Tryggvason, E. Surface deformation arid fault displacement associated with an earthquake swarm in Iceland *Geophysical research* 75 (23), 1970.

Varet, J. Critères pétrologiques, géochimiques et structuraux de la genèse et de la différentiation des magmas basaltiques; exemple de l'Afar. Thèse, Université de Paris-Orsay, 1973.

Implantation d'un réseau géodésique pour la mesure directe de l'expansion d'un rift océanique. Publication de l'Institut géographique national, 1973.

USO DEL POSICIONAMIENTO DOPPLER POR DETENAL*

Documento presentado por México

SUMMARY

The paper describes the manner in which the Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL) is using Doppler positioning as a rapid means of maintaining geodetic control for its cartographic programme and is applying it to such activities as densification, redefinition and readjustment of geodetic networks.

RÉSUMÉ

Le document explique comment la Direction générale des études du territoire national (DETENAL) utilise le positionnement Doppler à la fois comme moyen rapide d'établissement du canevas géodésique dans le cadre de son programme cartographique et pour diverses applications (densification, redéfinition et réajustement des réseaux géodésiques, par exemple).

INTRODUCCIÓN

En 1968, cuando la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL) inició los trabajos tendientes a producir las cartas topográficas escala 1:50 000, la Red Geodésica Horizontal en México únicamente cubría el 65% del territorio, que es de aproximadamente 2 000 000 de km^2. Dicha red estaba formada por cadenas de triangulación, algunas de las cuales no estaban ligadas entre sí y otras estaban totalmente aisladas; por esta razón, se estima que únicamente el 50% del país tenía buen control geodésico para apoyar con confianza los levantamientos para cartografía. Las áreas sin control geodésico principalmente eran aquellas donde el terreno está cubierto por selva o donde las vías de comunicación son escasas. En tales áreas, los obstáculos principales han sido que los levantamientos tradicionales como triangulación, trilateración y poligonal son muy costosos y tardados; además, se debe considerar que en México los fondos para esta clase de actividades son muy limitados.

Bajo esas circunstancias, DETENAL inició la tarea de hacer el inventario de los recursos del país representado en cartas; entonces tuvo necesidad de establecer control primario horizontal y extenderlo en amplias regiones del país con poligonales en un período de tiempo corto.

USO DEL POSICIONAMIENTO DOPPLER

Durante los primeros cuatro años de trabajo en DETENAL se hicieron poligonales con el propósito de establecer control cartográfico. La precisión de los levantamientos debió ser tal que pudiera extenderse a zonas desprovistas de control geodésico, sirviendo al mismo tiempo como densificación.

Fue en 1972 cuando DETENAL tuvo la oportunidad de usar el equipo de posicionamiento Doppler, bajo un acuerdo entre agencias gubernamentales de Estados Unidos de América y México. El proyecto, aunque modesto, sirvió como una indicación para ver qué clase de aplicaciones podría tener el Doppler. En esa ocasión, 17 estaciones fueron observadas en todo el país: cuatro de ellas estuvieron ocupando estaciones de triangulación, tres en islas y diez distribuidas en las áreas más aisladas.

Después de eso se hicieron algunas poligonales para ligar estaciones Doppler entre sí o la red de triangulaciones; de esta manera se resolvieron parte de nuestras necesidades.

Control geodésico para cartografía

Con el tiempo recibimos reportes que mostraban la precisión obtenida usando diferentes números de pasos de satélites en los cálculos para obtener coordenadas de las estaciones Doppler.

* El texto original de esta monografía, preparada por Gabriel Alvarez García, se publicó como documento E/CONF.71/L.47.

En 1975, el equipo Doppler estuvo nuevamente en México. Siete estaciones Doppler de 40 pasos fueron observadas y, por primera vez, se establecieron dos estaciones con solamente 12 pasos. Cuando los resultados estuvieron disponibles, se tuvo entonces la seguridad de que las estaciones de 12 pasos podrían ser usadas directamente como puntos de control en nuestro programa de cartografía 1: 50.000

En 1976 se preparó un extenso proyecto de control para mapas a fin de establecer suficientes puntos de control para cubrir 53.000 km² en el Sureste de México. El proyecto incluía la combinación de poligonales de segundo orden y puntos Doppler. Previamente a las observaciones de campo, las estaciones fueron seleccionadas cuidadosamente considerando las necesidades de distribución, facilidad de ocupación y la identificación en fotografías aéreas.

Las observaciones con el equipo Doppler fueron ejecutadas en siete meses y los resultados fueron satisfactorios.

Posteriormente se establecieron más estaciones Doppler en otras áreas; en tal forma, que a la fecha se tienen suficientes puntos que, combinados con otros levantamientos, cubren aproximadamente 350 000 km².

Islas

Hasta antes del uso del Doppler, solamente pocas islas tenían posiciones geográficas obtenidas con buena precisión, generalmente usando métodos astronómicos.

Ahora, con el uso del posicionamiento Doppler, se han determinado coordenadas de puntos en 18 islas. Esto ha sido de gran ayuda para la demarcación de los límites y soberanía en los mares de nuestro país.

Redefinición y reajuste

En los trabajos de posicionamiento Doppler que se han efectuado por DETENAL, se han ocupado 46 estaciones de la Red Geodésica Horizontal; por una parte, para obtener coordenadas en el sistema NAD 1927 de las estaciones Doppler ubicadas en zonas sin control geodésico y, por otra, para aportar información que sea útil para darle más rigidez a la Red Geodésica en la próxima redefinición y reajuste de las redes en Norteamérica.

Doppler y posicionamiento inercial

En noviembre de 1976 se estableció un grupo de cinco estaciones Doppler en la Península de Yucatán que, aunadas a siete establecidas poco tiempo antes, sirvieron como puntos de apoyo en los extremos de las líneas que se recorrieron con el equipo de posicionamiento inercial. La combinación de ambas técnicas hizo posible establecer en corto tiempo 370 puntos de apoyo con coordenadas referidas al NAD 1927 en una extensa área donde no existía anteriormente control geodésico.

En la actualidad, parte de esos trabajos se ha aprovechado para combinarlos con levantamientos de poligonales y así producir apoyo para la cartografía que realizará DETENAL en esa zona.

CONCLUSIONES

Se ha intentado aquí describir las aplicaciones que se le han dado al posicionamiento Doppler en DETENAL y la importancia que ha tenido en nuestros trabajos. Como se puede observar ha sido un gran auxiliar en la solución de muchos problemas; sin embargo, hay que considerar también los inconvenientes que se presentan, tales como demasiada dependencia tanto en el aspecto instrumental como en el del procesamiento de los datos, situación que se debe valorar adecuadamente para no caer en el error de abandonar otras técnicas pensando que el posicionamiento Doppler es la solución de todos los problemas geodésicos.

TOPOGRAPHY, GEODESY AND CARTOGRAPHY IN THE UNION OF SOVIET SOCIALIST REPUBLICS*

Paper presented by the Union of Soviet Socialist Republics

Over the past years the national geodetic service of the Soviet Union has been continuing its geodetic and cartographic work aimed at meeting the requirements of the national economy and population for geodetic data, topographic maps and plans, training and reference maps, atlases and remote sensing data for studying natural resources.

Special attention was paid to carrying out detailed surveys in the area along the Baikal/Amur Railway, in the non-black-soil area of the Russian Federation and in land reclamation regions, and also to meeting local demands for topographic data.

GEODESY

The national horizontal and vertical geodetic networks embrace the whole territory of the Soviet Union. These networks serve as the basis of geodetic and topographic surveys.

The structure of the national horizontal network of the Soviet Union is well known. In general terms it consists of several polygons, which are formed by the chains of first-order triangulation (strips of 16-20 triangles). The perimeter of a polygon is about 800-1,000 km. The polygon contains a continuous second-order triangulation network in which linear and astronomical observations are carried out.

The continuous second-order triangulation network is broadened by third- and fourth-order networks.

A polygonal network structure has been adopted for extending the unified datum throughout the territory of the country. The accuracy of the network is characterized by the accuracy of reciprocal positions of adjacent points or any other points of the network. This accuracy depends on measurement errors, the structure of the network and the rigorousness of the mathematical treatment.

* The original text of this paper appeared as document E/CONF.71/L.57.

The resultant observation accuracy of the USSR astro-geodetic network makes it possible to determine the reciprocal positions of adjacent points at an arbitrary site of the network with an accuracy better than 1:100,000 and to transfer co-ordinates up to 8,000-9,000 km with an accuracy of 3 to 4 m. This may be carried out in the future after a new adjustment of the astrogeodetic network as a unified continuous first- and second-order network of triangulation and traversing.

The main vertical control—the national levelling network of the first and second order—covers the whole territory of the Soviet Union, forming a unified vertical framework and fulfilling various economic purposes. It is used to study the earth's shape and its gravity field and recent vertical movements of the earth's crust, to determine phenomena preceding earthquakes and the differences of height and inclination of the mean-level surfaces of seas and oceans, and to evaluate and forecast the influence of industrial processes on the environment.

Geometrical levelling yields accurate numerical data concerning movements of the earth's crust before and after earthquakes. Apparently goedetic methods, along with geophysical, geological and geomorphological research, will help to gain insight into phenomena preceding earthquakes. At present in practically all seismoactive regions of the USSR the "epoch" of geodetic data has been reached. Research on deformations in the earth's crust is being carried out at many geodynamic and ecological test areas.

New geodetic methods and instruments were developed for different branches of civil and industrial engineering. Special geodetic methods were developed for assembling, adjusting and controlling big radio-telescopes—i.e., RATAN-600. Great attention was paid to automatization of the systems monitoring deformations in engineering structures. Such systems make it possible to raise the accuracy of geodetic measurements and considerably increase productivity.

The rapid progress being made in geodesy is closely connected with the development of the geodetic instrument industry. Old geodetic instruments have been replaced by new, more sophisticated ones, produced in the USSR.

An astronomical theodolite TA-05 was developed which makes it possible to increase the existing accuracy of astronomical observations by 50 to 100 per cent.

In 1977, at the Central Research Institute of Geodesy, Air Survey and Cartography, the radio distance meter Volna was developed. Its range is 15 to 20 km and its accuracy is $\pm (3 + 3 \cdot 10^{-6} D)$cm.

The topographic optical rangefinder SM-5, with a range up to 700 m and accuracy of + 3 cm, was developed the same year. The decimal reading can be taken from a five-digit display. The instrument needs 6 W energy supply and its weight is 3.7 kg.

Topography

At present the geodetic service of the Soviet Union pays much attention to mapping in scales of 1:25,000 and larger, revising maps, surveying continental shelves and protecting the environment. This work is carried out generally with the help of methods and instruments of air survey developed by Soviet scientists.

The initial data for phototopography are pictures taken from aircraft or space probes. The main reasons for improving the phototopographic instruments are to achieve the maximum possible increase in accuracy and information yield of pictures and to gain additional data about flight conditions. Air-photo cameras of the type AFA-TES, with focal lengths of 70 mm and 100 mm, and of the type TE, with a focal length of 350 mm, have been developed for that purpose. The cameras have frame edge resolution of 36 to 40 lines per mm and photogrammetric distortion less than 10 to 15 mm. The use of panoramic pictures is under study.

An increase in the accuracy and quality of photographic images resulted in a considerable decrease in the scale of images in comparison with the scale of topographic materials. This requires more accurate photogrammetric instruments. Since the methods of digital mapping are widely spread, new photogrammetric instruments and methods are needed.

New photogrammetric instruments are being developed to automate photo-plotting, raise productivity and ease labour. New Soviet universal stereo-plotters meet these requirements. Among them are stereo-graphs SC, instruments for orthophoto-mapping OFPD, automated co-ordinate registrators "Onega" serving simultaneously for from three to five stereo-plotters, instruments for identifying the conjugate points of the air-photographs of the types DSI-T and NT, providing identification accuracy of 3 μm with a scale ratio of a pair of air-photos from one to eight.

The analytical methods of modelling block networks are being widely used for photogrammetric bridging. Newly developed computer software opens new possibilities concerning the compensation of image errors and the use of additional information from instruments installed on aircraft.

Methods of digital modelling with automated co-ordinatographs provided with computer software are also used in the Soviet Union. Further development of photogrammetric instruments and methods will make it possible to increase automation and approach photogrammetric and topographic problems analytically.

Cartography

The purpose of cartographic production is to meet the requirements of the national economy for different cartographic materials.

During recent years the need for thematic maps for different purposes and of different content has grown. This is especially true in those spheres of science and engineering which concern the rational utilization of natural resources and protection of the environment.

New types of thematic maps make it possible to inventory natural resources, record protective measures and forecast after-effects of industrial presence.

Remote sensing methods are used for researching the natural resources and monitoring the environment. These methods are widely used for thematic mapping. The most promising is taking photographs from space orbital stations, manned and unmanned spacecraft and research satellites. The information received from television cameras and scanner sensors installed on board satellites (like "Meteor") is also of great importance. The mapping of relief, geological structure, hydrography, soil, vegetation,

natural and artificial landscapes is carried out with great success.

In small-scale cartography special emphasis is placed on producing various reference materials for the construction of the Baikal/Amur Railway, economic development of the non-black-soil area and mechanized agricultural complexes.

Production of geographical, political and administrative reference maps of continents, foreign countries and the Soviet Union is continuing. There is great demand for these maps, and they are published in large editions and revised systematically.

Cartographic materials are also being widely used for educational purposes. A comprehensive system of teaching aids has been developed in accordance with curricula. Much attention is paid to improving the quality of aids and their variety (i.e., transparent maps, relief maps and globes). Sixteen historical and geographical atlases and more than 500 varieties of wall maps are published for schools, in editions of several million. Many tourist maps are published in the Soviet Union.

Today the need for tourist and educational maps and atlases is completely satisfied. Major cartographic works published in the Soviet Union during the past years are listed below:

Geologic-geophysic Atlas of the Indian Ocean (1975);

Atlas of the Atlantic and Indian Oceans (1978);

Atlas of the USSR Areas and Resources of Medicinal Herbs (1976);

Atlas of the USSR in Its Tenth Five-Year Plan (1978);

Small Atlas of the USSR (1978).

A number of maps relevant to the economic development of new regions have been made—for instance, the one of the Baikal/Amur Railway. A climatic map was published in the scale 1:2,500,000 (1976), and a series of maps for planning the development of agriculture of the non-black-soil area of the Russian Federation was published in the scale 1:1,500,000.

Deformation-resistant plastics of domestic make are being widely used in map production. Map originals are drafted or scribed on plastic plates. Scribing instruments—among them semi-automated instruments—and scribing texture have been developed for this purpose. The variety of scribing instruments available is growing steadily. The production of nameplates and discrete conventional signs is carried out by semi-automatic and automatic photo-composers and special photomontage instruments developed recently. Transfer printing is also being widely used.

For mechanical map transformations at the stage of map compilation, a special rectifier has been developed.

Contact, photomechanical and electronic colour separation techniques for map printing in a reduced number of colours have been developed. They cut expenses, save labour and make more efficient use of equipment.

New methods of compiling map originals and of rapid and efficient colour separation, and the use of special printing inks, have made it possible to do multicolour printing using only the four basic colours and to produce maps in a shorter time.

Over the past decade the mapping of the moon and planets has emerged as a new area in cartography. The work is being carried out on the basis of astrogeodetic studies, with the use of photographs taken from space probes.

The processing of the photographic materials provided by the Soviet space probes Mars-4 and 5, Luna-22 and Venera-9 and 10 posed new problems, which are being solved by means of cartography.

PRINCIPAL REQUIREMENTS FOR GEODETIC NETWORKS FOR PROGNOSTIC OBSERVATIONS*

Paper presented by the Union of Soviet Socialist Republics

The importance of geodetic measurements in an earthquake prediction system is based on the assumption that an enormous phenomenon such as an earthquake, resulting in displacements of the earth's surface, cannot occur without creating deformations observable with modern measuring techniques. Geodetic operations of high accuracy are labour-consuming and expensive. Investments depend very much on the measuring method chosen. The contemporary state of earthquake prediction enables us to obtain only certain general qualitative data. Therefore, it is necessary to carry out extensive geodetic operations in seismically active regions in order to resolve simultaneously two very complicated questions:

(*a*) The investigation of kinematic earthquake forerunners and their propagation relating both to area ("space") and to time, from measurement data;

(*b*) The creation of a geodetic system based on that investigation for an earthquake prediction service.

Organizing repeated high-precision geodetic measurements in area networks extending over all seismically active regions to locate anomalous deformations from repeated measurements and carrying out regular monitoring in those areas seem to be the best methods of answering these questions. But such an approach turns out to be unrealistic from technological and economic points of view. Instead, the method of combining prognostic tests with geodetic measurements in the regions where large earthquakes have occurred seems to be more realistic. The measurements should be undertaken immediately not only to determine the displacements that have appeared but also to record the development of crust deformations just after the earthquake.

The studies of crust deformations in the USSR are carried out in some dozen geodynamic and technogene prognostic test areas established in regions of high seismic danger, and in areas where minerals and underground water are exploited. A great number of geodetic data are accumulated which, in combination with geophysical data, makes it possible to determine the principal requirements for geodetic networks for prognostic observations.

* The original text of this paper, prepared by O. M. Ostach, appeared as document E/CONF.71/L.58.

Observations show that displacements at the rupture take place as a rule both horizontally and vertically and for large earthquakes range from a few decimetres to several metres. The study of displacement distribution resulting from earthquakes and the character of their diminution with the distance from arisen faults has permitted a sufficiently reliable determination of strain limits for those parts of the earth's crust in which the rupture occurred to be made.

That limit for many large earthquakes is about $(0.5 \div 1) \cdot 10^{-4}$. Contemporary geodetic surveys can detect deformations of linear and angular elements of geodetic networks exceeding $(1 \div 2) \cdot 10^{-6}$. If the process of storing up elastic strains in the earth's crust manifests itself in displacements of points of the crust in the way that is suggested by analysis of afterseismic displacements, it is evident that geodetic measurements are now sufficiently accurate to record the process of strain accumulation preceding strong earthquakes.

In fact the real situation is more complicated. First, the above-mentioned assumption about the character of displacements is not absolutely certain, and, secondly, the maximum deformations occur only in the vicinity of the epicentre of the earthquake and diminish rapidly the further they are from the epicentre. Therefore it is more correct to study a strain process, which should be carried out at an accuracy level not higher than $(1 \div 2) \cdot 10^{-5}$. That strain limit should be chosen also because it is impossible to know the location of the epicentre of the impending earthquake with sufficient accuracy and to carry out necessary measurements there. The deformations near the epicentre may be small, but they are still detectable by geodetic methods.

Geodetic networks for monitoring deformations of the earth's crust should thus be laid out in such a way that both horizontal and vertical displacements of the crust during earthquake preparation can be determined with as much accuracy as possible and in an acceptable span of time. In planning the networks, definite criteria for choosing their locations are necessary.

One of those criteria is statistical information about earthquakes that have occurred in particular regions, their frequency and magnitude. It is obvious that such information should be sought in those regions where earthquakes take place most frequently. In that way we may hope to detect and investigate interesting earthquake forerunners in the shortest possible time and work out fundamental principles for establishing an earthquake-prediction system. At the same time, when prognostic investigations are organized, it is necessary to consider that a number of large economic and cultural centres are situated in seismically active areas where the establishment of the earthquake prediction system is a question of vital importance.

The sizes of the monitoring geodetic networks being established in geodynamic test areas and the time intervals between the cycles of repeated measurements should be based on such data as the extent of the territory in which kinematic forerunners of impending earthquakes may occur and the time intervals that will allow those forerunners to be detected by geodetic measurements. At present we have data that are rather approximate in those respects. Some rough estimates of the sizes of strain areas may be obtained from simulated models for the case of the homogeneous earth's crust. The results of those calculations carried out by seismologists are as follows: the deformations of the medium exceeding the level of $1 \cdot 10^{-6}$ occur on the area of radius about 30 km for earthquakes with magnitude $M = 5$, of radius 80 km for earthquakes with magnitude $M = 6$, and radius 200 km for $M = 7$; for impending earthquakes with magnitude $M = 8$, the deformations may spread as far as 400 to 600 km.

It is evident that for the real inhomogeneous earth's crust cut by numerous tectonic faults, those figures are very approximate. In addition it is useful to take into account source sizes of earthquakes of different magnitudes as determined empirically from observations. They amount to 2 to 3 km for $M = 5$; 6 to 10 km for $M = 6$; 20 to 30 km for $M = 7$ and 100 km for $M = 8$. As indicated above, the anomalous deformations in those areas are the greatest ones in the earth's crust.

The anomalous deformations of the earth's crust are supposed to become apparent most clearly at the fault zones and to spread along them far more widely than in consolidated plates. It is therefore reasonable to establish monitoring geodetic networks in those fault areas.

That factor is taken into account in planning geodetic networks in the search for kinematic earthquake forerunners and in particular in establishing contemporary geodynamic test areas. Unfortunately the faults in seismically active areas are numerous, and many of them are hidden by sedimentary rocks. Furthermore, the epicentres of many earthquakes do not coincide with the existing faults. Therefore without abandoning local networks, it is necessary to monitor the deformations in extensive territories, comparable to the areas of manifest anomalous deformations.

It is hoped that as the result of extensive research undertaken when the first experimental version of the earthquake prediction system was created, better criteria will be worked out for locating the sites that provide the most informative observations, thereby permitting problems to be solved more economically in the future.

Prognostic observation consists of monitoring the processes of slow deformation in the earth's crust over a period of time. In other words, the complete cycle of observations should be repeated several times during the potential development of earthquakes to be investigated.

Based on the data accumulated up to now, the empirical relations between the duration (T) of earthquake impendence (when kinematic forerunners are measurable) and the magnitude of the earthquake have been derived as follows: $T = 0.5$ years for $M = 5$; $T = 1$ year for $M = 6$; $T = 5$ years for $M = 7$; and $T = 25$ years for $M = 8$.

It is known that during earthquake preparation, deformations store up irregularly. Their increase, which is slow as a rule, intensifies sharply in some periods and nearly ceases at the strength limit of the deformed plate of the earth's crust. Afterwards a rupture—i.e., an earthquake—occurs. Therefore at least three consecutive cycles of geodetic measurements should be carried out in the intervals when deformations are being produced, in order to draw conclusions on the time of the impending earthquake, and thus the time interval between consecutive cycles of measurements should be approximately equal to the half interval of earthquake preparation that depends on particular magnitude.

This means that when earthquakes are being predicted, consecutive cycles should be repeated every 10 to 12 years for magnitude $M = 8$, 2 to 3 years for $M = 7$,

and for M = 6 they should be repeated 2 to 3 times a year. Hence, one can see that the requirements for the frequency of repeated observations and for the duration of every cycle, including not only field operations but also the treatment of observational information needed by the agencies predicting the earthquake, on the basis of geophysical data, are considerable.

Therefore when the character of geodetic networks in prognostic geodynamic test areas and the types of observations involved are determined, a reasonable compromise between the size of the territory to be monitored and the frequency of observations is necessary. Nevertheless, it is useful to keep in mind that the solution of the earthquake prediction problem is possible only on the basis of complex analysis of geophysical data obtained by various methods. Those methods supplement each other, and only the most precise and informative data from each method should be taken. Geodetic data are one of many types of complex scientific data and have their own advantages and disadvantages.

An essential disadvantage of the geodetic method is its labour-consuming character and, as a consequence, its relative slowness is practically the only technique that produces representative, accurate information about deformations of the earth's crust over extensive areas.

Considering the potential of the geodetic method and the principal requirements noted above, a reasonable geodetic scheme for monitoring prognostic test areas might be as follows:

(*a*) Within 100 to 150 km from the centre of the prognostic test area, a levelling net having the precision of the first order and a resolution of about 50 × 50 km (as far as the location of strain areas is concerned) should be established. The net must naturally include all levelling lines of the first and second order available in this area. The total length of the network would be about 500 to 700 km. Measurements on all the lines should be repeated every two to three years.

(*b*) Within the territory a line-angular net covering the area of about 15,000 to 20,000 km^2 should be laid out for monitoring horizontal displacements. If the area for which the strain monitoring is carried out is extended in one direction, a larger net may be needed. That net would consist primarily of triangles with sides of 10 to 15 km. The line-angular network should include as many of the astrogeodetic stations available as possible.

When trying to use the stations available for the monitoring net, it may be possible at the beginning to obtain some information about horizontal deformations in the area being investigated and to locate the most intensive strains in order to organize periodical observations there.

All the elements of the network being established should be measured with the accuracy of the first-order geodetic nets. Every 50 to 60 km, astronomic azimuths should be observed with an accuracy of ± 0.5″ ± 0.7″. The total cycle of measurements must be repeated every 8 to 10 years.

(*c*) Within the regional network, a part comprising 20 to 25 stations situated in the area most interesting for prognostic observations should be chosen, and the complete cycle of linear and angular measurements should be carried out there every three years. The accuracy of distance measurements should be ± $1 \cdot 10^{-6}$ and that of angular measurements ± 0.5″.

(*d*) The monitoring of displacements preceding major earthquakes (M = 8) must be performed on the basis of remeasurements of the national levelling nets of the first and second orders. The programme establishing that net in seismically active regions should provide for repeating the measurements every 10 to 15 years.

(*e*) In the areas where the largest relative displacements of the earth's crust have been revealed from observations, local geodetic networks must be laid out. Active tectonic faults would be a suitable place for them. The scheme of the networks should be as simple as possible, to secure the necessary efficiency of observations. Diagonal quadrangles extended along the faults to monitor them would be typical configurations, because distance measurements in such figures make it possible to determine reliably both components of horizontal displacements. Short levelling lines across the fault make it possible to monitor the vertical component of the displacements. Distance measurements must be performed with accuracy not less than $1 \cdot 10^{-6}$ for sides more than 5 km in length. The standard error for shorter sides should not exceed 5 mm.

Since geodetic measurements are in principle discrete, the classical geodetic measurements in the local networks can be advantageously combined with tiltmeter and deformographic observations.

Geodetic Levelling Tiltmeters (GLT) are considered effective devices for studying short-periodic vertical displacements of the earth's crust. GLTs are named for their geodetic construction, consisting of two relatively short (15-20 km) perpendicular levelling lines. Frequent, repeated levellings of those lines make it possible to determine tilt variations of the plate on which the lines are situated. At present, the accuracy of first-order levelling will allow determination of the two components of the variations with the mean square error of ± 0.04″ for any time interval. For lines longer than those cited above, systematic levelling errors start to effect the results, and increasing the line lengths does not bring any advantage. The absence of "zero drift" is an essential benefit of the technique. The tilt values thus determined are more representative then those measured at discrete points.

The levelling lines making up Geodetic Levelling Tiltmeters should have elevation differences within 200 m. Otherwise the value of the results obtained will be sharply diminished owing to the effect of calibration errors of the levelling rods. Those errors may be considerably reduced if the same set of rods is used for each repeated levelling. But the results may contain errors in that case too because of temperature effects

For establishing such constructions, systematic levelling errors should not exceed ± 0.1 mm/1 km, and random levelling errors on the order of ± 0.5 mm/1 km should be sought. The stations at the ends and at the crossings of the levelling lines making up Geodetic Tiltmeters should be very strongly built. The spacing between benchmarks along those lines must not exceed 2 km. The density of benchmarks may be even higher if differential displacements of the earth's crust are revealed along the levelling lines.

The scheme of repeated geodetic surveys in the regions vhere earthquakes occur depends on the scheme of astrogeodetic net available. The accuracy of repeated observa-

tions must be an order higher than that of existing ones. A line-angular network should be established in the epicentric area to study the behaviour of displacements. The first cycle of repeated measurements should be performed the year after the earthquake. The periodicity of other cycles should be determined from the results obtained in the first cycle.

Gravity measurements for monitoring strains in the earth's crust may be useful in three respects: first, they make it possible to separate the effects of crust deformations and those due to possible variations of the vertical due to the elevation differences between the benchmarks; secondly, measurements carried out at the same time with repeated levelling make it possible to monitor elevation variations when they exceed 5 to 6 cm (for the present accuracy level of those observations); and, thirdly, they may serve as indications of variations in the strained state of the earth's crust in periods of earthquake preparation. As calculations show, the corresponding gravity variations may attain the value of 0.1 mGal and thus represent quite measurable quantities. The behaviour of gravity variations in the neighbourhood of the impending earthquake source depends to a considerable extent on the source depth and the character of the deformations of the corresponding area of the earth's crust. The sizes of the territory with possible measurable gravity variations are expected to be approximately equal to those of the source area.

Further experiments on a more precise definition of the role of gravity measurements for studies of strain in the earth's crust in seismically active regions are necessary.

INFORME NACIONAL*

Documento presentado por Argentina

Misión del Instituto Geográfico Militar Argentino

El comando en jefe del Ejército de la República Argentina, por intermedio del Instituto Geográfico Militar tiene la responsabilidad de la ejecución de los trabajos geodésicos fundamentales y los pertinentes de apoyo, juntamente con el cubrimiento aerofotogramétrico y los levantamientos topográficos de todo el territorio de la República Argentina, conforme a la Ley No. 12696, Ley de la Carta, y su prórroga: la Ley No. 19278.

Triangulación y poligonación

Características de la medición

Con la utilización de los electrodistanciómetros de ondas luminosas (geodímetros) y de microondas (teleurómetros), y en combinación con los instrumentos clásicos, se han introducido las siguientes modificaciones en el desarrollo de la red planimétrica:

Bases geodésicas

En los cruces de las cadenas meridianas con las paralelas la determinación de bases se ha sustituido por la medición directa de dos o más lados con electrodistanciómetros de ondas luminosas y en algunos tramos de cadenas; también se ha medido un lado intermedio con estos instrumentos.

Red fundamental

Se ha modificado la concepción original de las cadenas, configurándose dos tipos de estructuras:

a) Tramos de cadenas compuestas por triángulos simples, midiéndose los tres ángulos con peso 9 y los tres lados con electrodistanciómetros de microondas;

b) Tramos de cadenas compuestas por triángulos simples, midiéndose los tres ángulos con peso 9 y un cordón de lados con electrodistanciómetros de ondas luminosas.

Red de relleno

La densificación en las mallas se ha desarrollado mediante los siguientes tipos de estructuras, en las que se ha introducido la medición de poligonales con electrodistanciómetros de microondas:

a) Triangulación de primer orden en forma clásica, completándose la densificación mediante poligonales desarrolladas entre los vértices de aquélla;

b) Poligonación e inttersección combinadas, es decir, poligonales principales y densificación con puntos de segundo orden determinados por intersección (relación hacia tres vértices de las poligonales principales, midiendo ángulos y/o lados);

c) Poligonación exclusiva: densificación mediante una red de poligonales calificadas de primer y segundo orden. Las primeras, llamadas principales, iniciadas y terminadas en puntos de las cadenas fundamentales, y las de segundo orden o secundarias apoyadas a su vez en vértices de las principales.

Triangulación y poligonación medidas en el período 1976-1979

Cadenas: 1(M-N); 1(N-P); 2(M-N): 2(N-P); 5(C-D); 6(B-D); 7(B-D); C(5-6): D(4-5); N(1-2).

Mallas: OI: II; 3G; 3I; 5C; 6B; 6D; 7B; 7D.

	No. de puntos			*Superficie* (km^2)
	I	*II*	*III*	
Cadenas	157	45	20	32214
Mallas	52	201	111	21350

La compensación de las redes del IGMA se lleva a cabo por el método de variación de coordenadas geográficas y se resuelve mediante 35 programas de computación automática en una computadora digital PDP 11/70.

El cuadro que sigue incluye las compensaciones realizadas hasta el presente:

* El texto original de esta monografía se publicó como documento E/CONF.71/L.64

Resumen estadístico de las compensaciones ejecutadas

Area de cálculo					*Máximo residuo*	
Designación	*Orden de los puntos*	*Estaciones compensadas*	*Número de observaciones*	*Error medio de la unidad de peso*	*Direcciones*	*Lados (m)*
19 polígonos de la Red Fundamental	I	922	4655	0″ 42	+ 2″ 04	
Anillo 5D	I	55	259	0″.30	− 0″.85	
Anillo Arco N E	I	127	583	0″ 79	− 2″.65	
Anillos 3B — 3C — 3D	I	160	770	0″.47	− 0″.99	
Anillos 1H — 1I — 2I	I	137	674	0″ 45	+ 1″.22	
Anillos 1J — 1K — 2J — 2K	I	181	1000	0″ 79	+ 2″.19	+ 0 39
Anillo 2 F	I	52	254	0″ 44	− 0″ 88	
Mallas:						
7G — 7H	I	53	264	1″.04	+ 2″.58	
5F	I	65	548	0″.79	− 2″.46	
3H	I	40	346	1″.11	+ 3″.06	
4H	I	38	338	1″ 03	− 2″ 61	
5H	I	43	380	1″ 28	+ 3″.45	
6H	I	47	412	0″ 85	− 2″ 31	
3F	I	52	430	1″ 01	− 3″ 02	
4F	I	64	534	0″ 86	+ 2″ 29	
6F	I	28	290	0″.88	− 2″.50	
3E	I	32	286	1″.25	− 2″.95	
4E	I	61	504	0″ 93	+ 2″.72	
5E	I	63	520	0″ 72	+ 2″.62	
4G	I	47	404	0″ 78	− 2″.31	
5G	I	54	462	1″ 23	+ 3″.00	
6G	I	41	367	0″ 96	− 2″ 94	
4I — 5I — 6I	I y II	364	3627	0″ 84	+ 2″ 99	
5D	I	47	208	0″ 72	+ 1″ 69	
1H	I	40	195	1″.10	+ 2″ 71	
5F	II	192	1936	0″ 91	+ 3″.56	
3H	II	118	1262	0″.85	+ 2″.97	
4H	II	122	1200	0″ 93	− 3″.17	
5H	II	137	1401	1″ 00	+ 3″.15	
6H	II	144	1476	0″ 87	− 2″ 65	
3F	II	115	1296	1″ 00	− 4″ 49	
4F	II	177	1711	0″ 87	+ 2″ 81	
6F	II	108	1145	1″ 07	− 4″ 41	
3E	II	56	804	1″ 11	− 4″ 04	
4E	II	163	1632	0″ 93	− 2″ 97	
5E	II	183	1838	0″.83	+ 3″.54	
4G	II	131	1314	0″ 85	+ 2″.41	
5G	II	165	1676	1″ 06	+ 2″ 93	
6G	II	120	1238	0″.98	− 3″.07	
5D Frac. Oe	II	44	169	1″ 04	+ 1″.89	+ 0,31
5D Frac. Central	II	64	253	0″.85	+ 2″.10	
Malla 5D Red Poligonal	II	71	304	1″ 97	+ 2″.99	− 0,26
Malla 1H Sector SO	II	46	237	1″.30	+ 3″.03	
Malla 1H Sector SE	II	48	247	1″.02	− 3″.40	
Malla 1H (incluidos en cadena 1)	II	24	135	0″.53	+ 1″.97	
Malla 1K — 2J — 1M — 2K	II	136	574	0″ 95	− 2″ 61	
Malla 1J — 1K — 1L	II	98	416	0″ 88	+ 3″ 02	
Malla 5D Sector OE	III	42	242	3″ 72	+ 13″ 17	
Malla 5D Sector E	III	40	212	2″ 72	− 10″ 06	
Malla 4F Sector S	III	168	934	2″.82	− 10″ 68	
Malla 5D Sector E	IV	33	311	2″ 39	+ 9″ 50	
Malla 5D Sector Oe	IV	27	244	2″ 74	− 9″ 24	
Anillo 1L	I	49	217	0″ 72	+ 1″.20	+ 0,11
Malla 7D (parte)	I	39	179	1″ 51	− 3″ 29	
Malla 2H Polígonal Principal	II	103	352	2″ 61	+ 2″ 25	+ 0,36
Unidad 2H (incluidos en las cadenas)	II	84	312	0″ 93	+ 3″.15	
Anillo 1M	I	61	216	0″ 50	+ 0″ 84	+ 0,07
Anillo 1L	II	101	400	0″ 93	+ 2″ 65	
Anillo 1M	II	93	366	0″ 79	+ 2″ 13	
Unidad 5C	I	67	370	0″ 58	− 1″.23	− 0,13
Malla 0H	I	44	224	1″ 90	+ 7″ 39	− 0,01

Base patrón para contraste de electrodistanciómetros

De acuerdo al programa aprobado por el Grupo de Trabajo del Subcomité Asesor de Geodesia, del Comité Nacional de la UGGI, designado para el estudio y proyecto de la base de referencia, el IGMA ha contribuido en su determinación llevando a cabo las tareas de campo (reconocimiento, materialización y medición) y las de cálculo, que se completaron durante 1975 y 1976 respectivamente. A fines de 1976, con la ejecución de un contraste integral de electrodistanciómetros de distintos modelos y tipos, el IGMA inició la utilización de esta base, para la normal contrastación de sus instrumentos.

Se ha confeccionado una hoja cartográfica de la base, formato especial a escala 1:50.000, particularmente destinada a facilitar el acceso y uso de la referida base a las instituciones y particulares interesados.

La carta que se exhibe refleja la configuración de la base, sus características y al dorso un detalle de sus vértices.

Base subterránea (Instalaciones Alvarez de Condarco del IGMA)

Con la colaboración de la Empresa Nacional de Agua y Energía, se materializó una base subterránea de 120 m para el contraste y determinación de constantes de electrodistanciómetros electro-ópticos.

GEODESIA SATELITARIA

Otro avance tecnológico en el que el IGMA no puede dejar de participar es el establecimiento de puntos geodésicos por medio de la recepción de señales emitidas por satélites artificiales. Siguiendo el método actualmente disponible, satélites Transit emisores y receptores terrestres, que determinan su posición basados en el principio Doppler.

En 1977, con el apoyo del Defense Mapping Agency (DMA) y los equipos de la empresa JMR, se estableció una red integrada por 18 estaciones homogéneamente distribuidas y ubicadas sobre puntos de la red fundamental argentina. En todas las estaciones se registraron 40 pasajes de los satélites que en la época contaban con efemérides precisas, y la información recogida fue procesada en el Centro Topográfico del DMA. Para el trabajo realizado se adoptó la modalidad de "posiciones independientes" (*point positioning*).

Es posible presentar un informe completo de esta campaña y los resultados alcanzados en la misma.

Una segunda etapa de aplicación de la técnica Doppler se encara en estos momentos con la determinación de puntos de apoyo para los levantamientos cartográficos a escala 1:250.000 y la ubicación de nuevos puntos de orden geodésico en áreas no comprendidas en el trabajo anterior y zonas desprovistas del requerido apoyo fundamental. Tenemos en ejecución un programa para fijar 280 puntos con esta técnica.

El gráfico muestra el área cubierta y la densidad establecida.

Seminario sobre el sistema Doppler y su aplicación en la determinación de estaciones de control geodésico

Organizado por el IGMA, con el auspicio del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, se desarrolló este seminario entre los días 4 y 8 de julio de 1977 en la ciudad de Buenos Aires, con la participación de representantes de países americanos y europeos, técnicos y funcionarios de instituciones cartográficas y destacados expertos en el tema.

Durante las sesiones se presentaron 21 trabajos y simultáneamente se efectuó una exposición de equipos y diversas demostraciones por parte de las empresas fabricantes.

En la fase final del seminario se reunió una mesa redonda integrada por especialistas invitados, quienes expusieron sus conclusiones y recomendaciones sobre el uso del sistema Doppler, respondiendo, además, a preguntas formuladas por los asistentes al evento. Los trabajos presentados forman el No. 31 de la *Revista Cartográfica*.

NIVELACIÓN ALTA PRECISIÓN Y PRECISIÓN

Generalidades

Durante el período 1976-1979 se continuó desarrollando la red fundamental de polígonos de nivelación de alta precisión, subdivididos en los polígonos menores mediante las líneas de precisión.

Con respecto a los métodos de trabajo, tolerancias, marcas altimétricas e instrumental, se han seguido aplicando en general las especificaciones conocidas para el desarrollo de las redes de nivelación. Se han introducido ligeras modificaciones en el procedimiento operativo de medición, impuestas por el empleo de los niveles automáticos, a fin de superar la influencia de carácter sistemático del error residual de horizontabilidad de la visual.

Se encuentra en estudio un programa de reformas en la materialización de marcas altimétricas, como asimismo una revisión de los procedimientos, tendientes a lograr mejor racionalización del control vertical y mayor estabilidad y permanencia de los puntos fijos.

Progresos alcanzados en nivelaciones de alta precisión y precisión

Resumen del progreso alcanzado en el período 1976/1979:

Nivelación de alta precisión:	
Puntos fijos de primera categorí (nodales) actotados	11
Puntos fijos de segunda categoría, acotados	1157
Kilómetros medidos	3413,5
Nivelación de precisión:	
Puntos fijos de segunda categorí, acotados	240
Kilómetros medidos	986,6

Como dato ilustrativo se consigna que desde el 1° de enero de 1944, en que se iniciaron las actuales redes de nivelación, hasta el 31 de diciembre de 1978, se han totalizado 36.857 km de nivelación de alta precisión y 29.190 km de nivelación de precisión.

De estos totales han sido compensados 27.317 km de líneas de alta precisión y 24.150 km de líneas de precisión. En la compensación fue incluida la corrección ortométrica.

Cruces altimétricos de ríos

Durante la medición en 1976 de la línea N(300) Reconquista-Goya, se llevaron a cabo dos cruces altimétricos sobre el río Paraná, en la zona de Reconquista-Isla San Gerónimo (796 m), con error medio ± 2,6 mm, e Isla

San Gerónimo-Isla Caraguatay (1,900 m), con error medio ± 1,1 mm.

Se utilizó un equipo de dobles niveles automáticos Zeiss, en acción conjunta con la Dirección Nacional de Construcciones Portuarias y Vías Navegables.

También en 1976 y con ese mismo equipo se efectuó otro cruce altimétrico sobre el río Paraná entre los puntos fijos 5 y 6 de la línea N (299), en las cercanías del puente General Belgrano. Este trabajo permitió reiterar la vinculación de los nodales resistencia y corrientes, medidas en 1973, con nivel Zeiss Ni1, pero pasando por el puente indicado. Los desniveles entre los puntos fijos situados en ambas orillas, determinados por los dos diferentes procedimientos, dieron resultados muy parecidos: una diferencia de 0,4 mm. La distancia de medición entre dichos puntos fue de 2,4 km; la longitud del cruce altimétrico 1,800 m y su error medio ± 1,6 mm.

Otra nivelación sobre el río Paraná se realizó en 1978, entre Puerto Ocampo e Isla Toropi (2,500 m), en el trayecto de la línea de precisión n (134)B. Se aplicó el mismo procedimiento con niveles dobles Zeiss, obteniéndose un error medio de ± 1,2 mm.

Los resultados de los trabajos anteriormente consignados han aportado datos que servirán para el análisis del comportamiento de la red fundamental de nivelación en el enlace del sector mesopotámico con el litoral santafecino y chaqueño.

Trabajos de gabinete

En las planillas siguientes se dan las discordancias y tolerancias correspondientes a las líneas de alta precisión y precisión y los errores de cierre bruto de los polígonos medidos. Estos valores están siendo analizados en un estudio que abarca la revisión integral del comportamiento de la red de nivelación.

Cálculo de las discordancias y tolerancias

Líneas de alta precisión

Fórmula internacional: $(\Lambda = \Sigma p)\ \max \begin{cases} = \pm\ 1{,}43\ L^{3/4} \text{ mm para } L \leq 50 \text{ km} \\ = \pm\ 3{,}85\ \sqrt{L} \text{ mm para } L > 50 \text{ km} \end{cases}$

Línea	*Situación geográfica*	*km*	$\Lambda = \Sigma p$ *Discordancia (mm)*	Λ *máx Tolerancia (mm)*
		Año 1975		
N(166)	Ituzaingó-Itá Ibaté (se completó)	78,358	− 17,50	34,08
		Año 1976		
N(156)	Goya-San Lorenzo	149,058	+ 36,35	47,00
N(158)	Concepción-Mercedes	152,325	+ 1,50	47,51
N(159)	Puerto San Juan-Mercedes	171,486	− 6,95	50,42
N(163)	Puerto San Juan-Ituzaingó	127,406	+ 36,35	43,25
N(165)	Posadas-Ituzaingó	96,498	− 1,50	37,82
N(157)	Concepción-Itá Ibaté	160,117	+ 38,20	48,79
N(169)	Corrientes-San Lorenzo	82,723	+ 19,80	35,01
N(300)	Resistencia-Goya	33,902	− 4,40	20,09
		Año 1977		
N(150)	Curacó-Luancó	172,920	− 8,80	50,63
N(155)	Curacó-Zapala	329,845	+ 32,90	69,92
N(258)	Neuquén-Zapala	188,547	+ 3,42	52,85
N(296)	Zapala-Sainuco	69,164	+ 6,15	32,01
N(297)	Piedra del Aguila-Corral de Piedra	70,163	+ 11,10	32,25
N(298)	Corral de Piedra-Junín de los Andes	94,966	+ 14,45	36,92
		Año 1978		
N(135)	Mercedes-Goya	155,745	+ 17,75	48,04
N(136)	Reconquista-Resistencia	224,659	+ 5,16	57,32
N(157)	San Lorenzo-Concepción	111,690	+ 34,40	40,69
N(188)	Chumbicha-Andalgalá	185,238	+ 34,97	52,39
N(266)	Sainuco-Junín de los Andes	168,667	− 3,41	50,00
N(280)	Guaycurú-San Bernardo	195,783	− 61,75	53,88
N(293)	Zapala-Piedra del Aguila	165,163	+ 0,85	49,47
N(295)	Junín de los Andes-Villa La Angostura	155,748	+ 20,15	48,05
N(306)	Pilcaniyeu-Villa La Angostura	118,340	− 4,15	41,88

Línea	*Situación geográfica*	*km*	$\Lambda = \Sigma p$ *Discordancia (mm)*	Λ *máx Tolerancia (mm)*
N(307)	Sainuco-Mallín de Icalma	63,317	− 26,65	30,63
N(308)	Junín de los Andes-Mahuil Malal	63,903	+ 38,45	30,77
N(309)	Villa La Angostura-Puyehue	32,228	+ 5,55	19,34
N(310)	Corral de Piedra-Pilcaniyeu	118,383	+ 2,11	41,96

Cálculo de las discordancias y tolerancias

Líneas de precisión

Fórmula internacional: $(\Lambda = \Sigma p)$ máx $\begin{cases} = \pm 2{,}13\ L^{3/4} \text{ mm para } L \leqslant 50 \text{ km} \\ = \pm 5{,}74\ \sqrt{L} \text{ mm para } L > 50 \text{ km} \end{cases}$

Línea	*Situación geográfica*	*km*	$\Lambda = \Sigma p$ *Discordancia (mm)*	Λ *máx Tolerancia (mm)*
		Año 1976		
n(132)A	Alfonso Loma-Ea. Topasiroga	118,123	− 11,50	62,38
		Año 1977		
n(XIX)A	Copahua-Chos Malal	42,881	+ 2,00	36,32
		Año 1978		
n(34)C	Ea. La Matilde-Ea. Inés	68,724	+ 22,00	47,58
n(35)B	PF 14 N(153)-PF 26 N(117)	121,384	+ 23,00	63,24
n(35)C	PF 13 n(35)D-PF 35 N(153)	88,108	+ 46,00	53,88
n(59)A	La Verde-Ea. Las Piedritas	36,123	0,00	31,38
n(59)B	Ec. No. 30-EMB. Martini	65,075	+ 31,50	46,54
n(59)C	Chamaico-Luan Toro	139,057	+ 40,50	67,69
n(59)D	Anchorena-EC. No. 191	126,603	− 20,00	64,59
n(134)B	Villa Ocampo-Bella Vista	37,923	− 4,50	32,55

Error de cierre de polígonos de nivelación de alta precisión y precisión

Polígono	*Errores de cierre bruto (mm)*	*Perímetro (km)*
	Año 1976	
101	+ 5,7	784
132	− 5,5	645
	Año 1977	
33	+ 3,0	455
54	+ 14,5	803
	Año 1978	
33 Bis	+ 9,3	560
123	− 26,4	592
129	− 62,2	740
133	− 17,2	576
134	− 24,12	548
134 II	− 81,6	277
135	+ 62,9	464
136	+ 3,3	537
169	+ 30,0	592

Astronomía geodésica de posición

Métodos e instrumentos

Durante el período 1976-1979, las comisiones astronómicas continuaron desarrollando sus trabajos en campaña utilizando los métodos e instrumentos conforme a las especificaciones de la AIG.

Trabajos realizados

Estaciones astronómicas fundamentales

Año 1975: Se determinaron los puntos astronómicos Parada Minerales 2(M − N) y Loma Covadonga (2 × N), en la provincia de Santa Cruz.

Año 1976: Se determinaron los puntos Cpo. El Recreo 1(M − N) y C°. Alton 1(1 × N), en la provincia de Santa Cruz.

Año 1977: Se determinaron los puntos Cpo. Avalos (6 × C) y El 42 (5 × C) en las provincias del Chaco y Santiago del Estero respectivamente.

Trabajos especiales realizados

Durante el año 1977 se determinaron cuatro puntos astronómicos fundamentales en la provincia del Chaco, según contrato celebrado con el Instituto de Colonización del Chaco.

Servicio internacional de la hora

Para la determinación astronómica de la hora se continuaron las observaciones con el instrumento de pasos meridianos Askania AP 100 hasta diciembre de 1977.

En 1976 se incorporó el Astrolabio Impersonal de Danjon OPL No. 44, que ha permitido la determinación simultánea de tiempo y latitud. Desde mayo de dicho año hasta el presente se han efectuado con este instrumento 362 grupos de observaciones, registrándose un total de 7.602 estrellas.

No obstante la etapa inicial de adaptación de los observadores y diversas dificultades instrumentales encontradas, la comparación de los resultados obtenidos con los valores provenientes de los datos del Bureau international de l'heure da una dispersión del orden de 0″,15 segundos en tiempo y 0″,20 de arco en latitud, resultados acordes con la precisión propia del instrumento.

La incorporación del citado astrolabio ha permitido al Servicio Internacional de la Hora extender al International Polar Motion Service la colaboración que prestaba al Bureau international de l'heure.

La conservación y determinación física de la hora se realizó con el reloj atómico Oscillatom B 5.000 No. 4. Se concretó la incorporación de un patrón atómico portátil a haz de Cesio Oscilloquartz 3 200 y un reloj accesorio Oscilloquartz 2 200 equipado con divisores de frecuencia desde 10 MHz hasta 50 MHz y multiplicador hasta 100 MHz; además, dos comparadores registradores de fase. El nuevo patrón fue traído a principios de 1978 y a tal efecto se designó especialmente un técnico del Servicio, quien además recibió capacitación en fábrica. El viaje de traslado del equipo sirvió a la vez para comprobación de sus condiciones de patrón transportable. Se efectuó así el primer transporte de hora entre Europa y Argentina, abarcando los siguientes observatorios: Neuchâtel, París, Greenwich, Washington, D.C., y el de este Servicio.

Con respecto al mantenimiento de la hora, la marcha de los relojes ha sido del orden de los 8 a 10 ns por día, haciéndose comparaciones por TV con el Observatorio Naval Argentino y por VLF con las estaciones de Omega North Dakota y Omega GBR.

La Sección Metrología, dependiente del Servicio Internacional de la Hora, amplió sus actividades instalando un laboratorio electrónico para mantenimiento, reparación y calibración de distanciómetros electroópticos y electromagnéticos.

El cálculo de las estaciones astronómicas se realiza, desde 1972, con seis programas *ad hoc* y una subrutina para el cálculo de las posiciones aparentes. Se utilizan las posiciones medias del FK4 para longitud y acimut y el SAO para latitud.

Puntos de Laplace fundamentales: calculados en el lapso 1976-1979

Nombre del punto	*Año medición*	*Cruces de cadenas*	*Error medio* φ	*Error medio* λ	*Error medio* Az
Cpo. Quilodrán	1974	1×M	± 0″,04	± 0″,12	± 0″,31
Parada Minerales	1975	2(M-N)	± 0″,07	± 0″,09	± 0″,32
Loma Covadonga	1975	2×N	± 0″,02	± 0″,09	± 0″,27
Cpo. El Recreo	1976	1(M-N)	± 0″,15	± 0″,06	± 0″,25
C°. Alto 1	1976	1×N	± 0″,13	± 0″,08	± 0″,34
Cpo. Avalos	1977	6×C	± 0″,06	± 0″,09	± 0″,35
El 42	1977	5×C	± 0″,07	± 0″,10	± 0″,32

Gravimetría

Red de segundo orden sobre líneas de nivelación de alta precisión (gravedad lineal)

Se han efectuado observaciones gravimétricas sobre puntos fijos de las líneas de alta precisión, que aparecen en el cuadro siguiente:

Línea No.	*Nodal No.*	*Ps Est. (cantidad)*	*km*
94	172	19	51
134	174-157	59	206
135	175	52	132
155	82-63	118	330
156	237	53	147
157	236	38	109
169	191	20	83
196	187-199	58	143
197	198	73	196
199	211	71	196
258	62	63	188
280	180	65	204
297	243	25	68
300	173	3	60
15	18	775	2 220

En todas las mediciones se utilizaron los gravímetros diferenciales La Coste y Romberg, No. 145 y 146, verificándose la constante de cada aparato en la Base de Control Buenos Aires antes y después de cada campaña.

Observaciones en la Antártica Argentina

Durante la Campaña Antártica 1974/75 se realizó un relevamiento gravimétrico de la isla Vicecomodoro Marambio, efectuándose mediciones sobre puntos cuyas coordenadas fueron determinadas trigonométricamente.

Se utilizaron en la medición, efectuada por dos técnicos, los gravímetros La Coste y Romberg, 145 y 146.

Los valores obtenidos se indican en la siguiente planilla:

Est.	*Latitud*	*Longitud*	*Cota[a] (m)*	*Gravedad (mgl)*	*Anomalía Faye*	*Anomalía Bouguer*
P_1	−64°14'42"	−56°37'37"	194,35	982 238 05	56,84	35,11
P_2	26"	24"	195,66	237,44	,95	,07
P_3	08"	02"	201,77	235,10	,85	34,29
P_4	01"	16"	204,97	234,21	57,08	,17
B_1	15'05"	36'44"	59,74	268,83	45,62	38,94
B_2	14'44"	03"	69,66	226,38	46,65	,86
B_3	31"	36'36"	54,13	269,35	45,08	39,03
B_4	02"	27"	48,66	271,00	45,62	40,17
B_5	13'06"	36'36"	89,33	259,49	47,76	37,77
Cruz	14'14"	38'15"	210,00	233,90	58,07	34,59

[a] Esta cota es el promedio entre pleamar y pelo de agua.

Carta gravimétrica

Con el fin de elaborar el mapa gravimétrico de la República Argentina se recibieron valores determinados por yacimientos petrolíferos fiscales en la zona noroeste del país.

Del estudio y selección de esos valores se obtuvieron isoanómalas de Bouguer (sin corrección topográfica) de la zona de Orán (provincia de Salta y Jujuy) tomando como origen la red de primer orden IGMA.

Las hojas publicadas con isoanómalas de Bouguer corresponden a las hojas: Villa María, Pehuajó y General San Martín (en prensa) de la serie 1:500 000.

Areas a cubrir en los próximos cinco años

El proyecto inmediato del IGMA, en lo que respecta a la red planimétrica, es finalizar entre los años 1979 y 1980 la estructura fundamental de control horizontal en la zona sur de la parte continental del país y asimismo continuar en las provincias de Santiago del Estero y Corrientes, para cerrar las unidades 4C y 6D, respectivamente.

En los años siguientes se complementaría la red geodésica fundamental en las provincias de Salta, Chaco, Formosa, Corrientes y Misiones. El objetivo geodésico del IGMA es completar la estructura fundamental de control horizontal en un plazo de cinco años aproximadamente.

En cuanto a la red altimétrica, en armonía con el objetivo referente al control horizontal ya expuesto, se continuaría con el avance en el área de la Patagonia, con grandes polígonos de nivelación de alta precisión.

Areas cubiertas con cartografía

Escala 1:500.000 en el continente americano

El cubrimiento cartográfico del territorio argentino en el continente americano a escala 1:500 000 es total.

Para ello, utilizando toda la información cartográfica proporcionada por distintos organismos estatales o privados, y últimamente con la contribución de las imágenes satelitarias, se actualiza permanentemente un determinado sector por año calendario.

Es de hacer notar que esta escala constituye en la actualidad el único tipo de carta editada que cubre todo el territorio de la nación.

El sector antártico argentino se encuentra cubierto con cartografía a dos escalas: al norte del paralelo 76° escala 1:500.000 y al sur del mismo escala 1:1.000.000.

Esta cartografía ha sido confeccionada sobre la base de trabajos geodésicos y topográficos hechos desde nuestras bases antárticas y buques oceanográficos, habiéndose empleado además imágenes satelitarias y cartografía de otros organismos y de otros países, en virtud del intercambio de documentación contemplado en el Tratado Antártico.

Cartografía a escala 1:250.000

En virtud de lo lento del proceso de obtención de la carta regular a escala 1:50.000 y 1:100.000 y teniendo en cuenta la necesidad de cubrir el país con una carta obtenida de levantamientos planialtimétricos que reemplace a la del 1:500.000, fruto de compilaciones, el IGMA ha orientado su objetivo cartográfico a obtener la cartografía

a escala 1:250.000 en un plazo mediato y, para ello, elabora esa documentación utilizando los trabajos siguientes:

a) Apoyo geodésico y topográfico;

b) Apoyo fotogramétrico de vuelos propios y de otros organismos;

c) Aerotriangulación radial y espacial;

d) Restituciones planimétricas y planialtimétricas;

e) Interpretación y nomenclatura de campo;

f) Dibujo e impresión.

Circunstancialmente, también se utilizan documentos de otros organismos, previo análisis de precisiones y confiabilidad.

El cubrimiento del país a dicha escala se estima completado para el año 1985, contando para ello con el apoyo proporcionado por puntos determinados por sistema Doppler.

Asimismo integra el Programa Unificado de Cartografía a escala 1:250.000, nacido en el seno del Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Areas cubiertas a escala 1:50.000 y 1:100.000

La señalada necesidad de cubrir el país con cartografía a escala 1:500.000 y 1:250.000 ha incidido para que disminuya la producción cartográfica regular a escala 1:50.000 y 1:100.000.

Superada la necesidad indicada de cubrir el país urgentemente con cartografía a pequeña escala, se acelerará la producción de la cartografía regular a escala 1:50.000 y 1:100.000, cuyo estado actual se visualiza en las diapositivas y en el cuadro que a continuación se exhibe:

Escala	*Hojas proyectadas*	*Impresas*	*Porcentaje*	*Superficie aproximada (km²)*
	Continente americano (Superficie: 2 791 810 km²)			
1:50.000	7 197	1 710	23,8	663 331
1:100.000	1 900	714	37,6	1 049 133
1:250.000	231	90	39,0	1 087 718
1:500.000	70	70	100.0	2 791 810
	Continente Antártico e islas oceánicas (Superficie: 964 464 km²)			
1:500.000	46	22	47.9	—
1:1.000.000	5	5	100.0	—

La República Argentina está adherida al plan cartográfico del millonésimo, habiendo presentado en la Primera Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para América la última carta salida de su imprenta.

Computadores u ordenadores

Dentro del plan de corto plazo se ha adquirido una computadora electrónica digital, instalada en el organismo desde septiembre de 1978.

La configuración se encuentra ampliada a la fecha con la incorporación de los dispositivos necesarios para la digitalización de mapas y cartas, actualización y posterior dibujo y/o grabado.

Los equipos mencionados en último término (terminales gráficas interactivas y plotter) en estos momentos se hallan en etapa de instalación y prueba que está prevista finalizar para fines del corriente mes.

Paralelamente con lo expresado, se están desarrollando los cursos de operación de las digitalizadoras y el graficador para su empleo en producción a mediados del próxino mes.

El proceso de obtención de la carta, que comienza con la decisión del área a cubrir y finaliza con la impresión de la hoja, requiere medios humanos y tecnológicos que han ido evolucionando desde métodos totalmente manuales hasta los más sofisticados procedimientos actualmente utilizados en los países de más alto desarrollo.

La evolución técnica ha logrado mejorar la precisión y la rapidez con que las distintas tareas son realizadas, aumentando con ello no sólo la calidad del producto terminado, sino el rendimiento del personal afectado a ellas.

Cartografía semiautomática y automática

Desde el punto de vista de la incorporación de un sistema que permite realizar cartografía por computadoras, conviene detallar los objetivos de corto, mediano y largo plazo que se ha fijado la dirección del Instituto Geográfico Militar Argentino.

a) *Corto plazo*: Actualización cartográfica (obtención de la carta piloto actualizada, empleando diseño y nomenclatura similar a la propuesta por el IPGH);

b) *Mediano plazo*: Producción cartográfica;

c) *Largo plazo*: Cartografía temática (utilización de datos provenientes de otros organismo y los producidos por detección remota).

Se ha previsto como duración de la primera etapa un año calendario a partir de la instalación del equipamiento, mientras que para la segunda sería necesario un lapso de dos a tres años después de finalizada la primera.

Imágenes satelitarias

Desde el año 1973, por un convenio firmado con el Servicio Geodésico Interamericano (IAGS), el Instituto Geográfico Militar tiene la responsabilidad de la distribución y asesoramiento sobre el material obtenido por la NASA y entregado por el Centro de Información EROS.

Cuenta con un archivo de imágenes satelitarias que cubren la totalidad del país con un número aproximado a los tres millares de imágenes en las distintas bandas.

Estas imágenes son usadas para la actualización de nuestra cartografía a escala 1:500.000 y 1:250.000, así como también para la producción de mapas satelitarios provinciales, proyecto que ya ha completado los mapas de cinco provincias argentinas.

Además estas imágenes satelitarias son utilizadas por diversos organismos e instituciones para el estudio de los recursos naturales, uso de la tierra, geología, hidrografía, etcétera.

Actividades geográficas

Adelanto que no hay duda alguna sobre la necesidad de que nuestra repartición deba encarar la ejecución de obras de carácter geográfico que vayan más allá de sus publicaciones cartográficas tradicionales. Los largos estudios de factibilidad de las mismas llevaron a la certeza de que con la colaboración de otras instituciones oficiales de probada seriedad científica, con accesibilidad a la informa-

ción y que dispusieran de investigadores en distintas disciplinas se aceleraría enormemente la tarea y, del trabajo en común, se obtendrían resultados más positivos.

Así, pues, a partir de este año, en una nueva política de apertura, el IGMA se ha dirigido a las universidades nacionales solicitándoles colaboración, para que en una suma de esfuerzos se logren realizaciones que tiendan al bien común

Un convenio con la Universidad de Buenos Aires, próximo a firmarse, permitirá contar para cada carta en escala 1:250.000 con una reseña geográfica de la zona abarcada en las mismas.

La reseña será publicada en "separatas" que permitirán a quien lo desee contar con una clara visión del área cubierta. Asimismo, una descripción menos detallada será publicada al dorso de cada carta, como ya se ha hecho en la hoja Islas Malvinas, a escala 1:500.000, y que completará así la información cartográfica ofrecida y que se distribuye para ilustración de los señores presentes.

Otro importante logro que nosotros valoramos es la obtención de la más amplia colaboración por parte de las universidades nacionales para la formación de un banco de datos de topónimos que permitirá, merced a la investigación de geógrafos, historiadores, lingüistas, antropólogos, etc., de todo el país, normalizar la complicada toponimia argentina sobre las bases de las conclusiones a que se llegara en la Reunión Nacional de Nombres Geográficos, que se efectuó en Buenos Aires, entre el 21 y 25 de octubre de 1974, con el auspicio de la Sección Nacional Argentina del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Se ha elaborado un modelo de ficha y se dan los últimos ajustes a los detalles que hacen a la metodología de trabajo que unificará la información obtenida y su procesamiento por la computadora, según nuevo equipo digital, que ya se haya instalado.

Con ello se obtendrá todo tipo de información respecto a cada topónimo, en contados segundos, y estará a disposición de entidades públicas, privadas y particulares que la requieran.

Cartografía temática

En esta materia se han concretado en la República Argentina tres amplios proyectos, cuyos programas fueron confiados al Comité Nacional de Cartografía Temática de la Sección Nacional Argentina del Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Proyecto 1: "Cartografía temática—Símbolos y criterios normativos" (2 tomos). Impreso en el IGMA y distribuido por la Secretaría General del IPGH.

Proyecto 2: "Inventario sobre cartas temáticas en instituciones cartográficas de América Latina". Su composición en general fue aprobada en la Reunión de Consulta sobre Cartografía del IPGH celebrada en la ciudad de Quito en 1977. Se halla en preparación, dependiendo sólo de la recepción de la información de los Estados miembros para proceder a su publicación.

Proyecto 3: "Seminario Sudamericano sobre Cartografía Temática" (17 conferencias y muestra cartográfica). Se concretó tal evento del 13 al 17 de noviembre de 1978.

RECIENTES PROGRESOS EN LA NUEVA GEODESIA ESPAÑOLA*

Documento presentado por España

El establecimiento de las redes geodésicas españolas es competencia exclusiva del Instituto Geográfico Nacional, el cual ha acometido, y en pleno esfuerzo se halla, la tarea de construir, observar y calcular una nueva red que, al cabo, vendrá a sustituir a la antigua. Satisfactoria ésta para los fines que se propuso, y aceptable en su época, diversas razones, latentes durante muchos años, condujeron a la formulación de un verdadero plan de retriangulación en 1970, un siglo después, justamente, de ser fundado el Instituto Geográfico.

En efecto, las señales se hallaban en gran parte destruidas, no sólo por el transcurso del tiempo, sino por circunstancias agravantes como, por ejemplo, la guerra civil (1936-1939). La precisión de las observaciones estaba condicionada por la de los instrumentos empleados y aun por los métodos aplicados en órdenes distintos del fundamental: no se olvide que los trabajos geodésicos se iniciaron en los años cincuenta del siglo pasado y que el primer orden fundamental se había ultimado sólo veinte años después y el complementario antes de acabar el siglo. Finalmente, los cálculos se habían conducido en forma secuencial, sin efectuar compensaciones conjuntas que los recursos de la época no consentían, a pesar de meritorios esfuerzos realizados por los gabinetes de cálculo de entonces, y que hoy tanto allanan los programas que ejecutan los ordenadores.

Bien es cierto que la compensación de las redes españolas, incluidas en el bloque sudoeste de Europa occidental, fue abordada en 1945 por el Army Map Service; remitidas las observaciones al Coast and Geodetic Survey, quedaron referidos los valores resultantes al sistema geodésico ED 50 (elipsoide internacional, origen Potsdam).

Pero no es menos cierto que muy pocos años después, en la X Asamblea General de la UIGG (Roma, 1954), se crea una Comisión Permanente Internacional para la Nueva Compensación de la Triangulaciones Europeas, y se formula el proyecto RETrig, más científico que el que condujo a la RE 50, al cual, lógicamente, se vincula España.

Es de este modo como, obrando de consuno, los fines especulativos y los objetivos utilitarios imponen la redacción del plan de retriangulación más arriba citado, que, no sin dificultades, empezó a ponerse en práctica el año 1972.

Técnicas convencionales

Con carácter mayoritario en el primer orden y exclusivo en los órdenes inferiores, los métodos de observación son los acimutales, valiéndose de teodolitos. Concretamente, en el primer orden se hacen las observaciones por el mé-

* El texto original de esta monografía, preparado por Germán Vidal García, Instituto Geográfico Nacional, se publicó como documento E/CONF.71/L.73.

todo de pares sobre referencia, en tanto que en los órdenes inferiores se emplea el de vueltas de horizonte.

La intención de esta comunicación no es, por supuesto, extenderse en este punto, pero conviene señalar que la nueva red de primer orden, superando los viejos conceptos de cadenas y cuadriláteros, se configura como una malla continua, conforme a los criterios actuales.

También puede tener interés indicar que en la fase II de RETrig, España intervino con 1 072 direcciones antiguas y 1 126 modernas, lo que hace un total de 2 198 direcciones observadas de primer orden. Puesto que Portugal aportó 725 direcciones (11 antiguas y 714 modernas), el Bloque Ibérico (España y Portugal) participó en RETrig II con 2 923 direcciones observadas. Los pesos atribuidos a estas direcciones son 1 47580 para las antiguas y 2 94190 para las modernas, condicionados a la obtención de $\sigma^2 = 1$ como varianza *a posteriori*

Escala

La escala de la red antigua derivaba de la Base Central de Madridejos (14662^m.8964 ± 0^m.0041), medida en el año 1858 con la llamada regla de la Comisión del Mapa de España, diseñada por Ibáñez de Ibero y Saavedra, construida por Brunner y contrastada con la regla número 1 de Borda, empleada para definir el "metro de los archivos". Dicha base, por su longitud y situación, formaba parte de la red fundamental de primer orden en concepto de lado.

Notable en su tiempo por la precisión con que fue medida, enlazaba la escala de la red al patrón físicamente depositado en Sévres, y cinco bases periféricas, medidas con la regla de Ibáñez y relacionadas con la red por respectivas figuras de ampliación, serían de comprobación a los valores arrastrados a partir de la base central.

Pero totalmente innovadas las técnicas de medida directa de distancias, como asimismo la definición del metro, estaba claro que el viejo concepto de base geodésica había de ser revisado. Así, numerosos lados de primer orden, medidos electroópticamente o electromagnéticamente, concurren ahora a una mejor determinación de la escala de la red, en tanto que una base medida por medios interferométricos constituye el patrón de distancias materializado en el terreno, sobre el que se contrastan los equipos utilizados.

En la España peninsular existen actualmente 22 lados de primer orden (tanto nuevos como antiguos) provistos de distancias EDM (19, con AGA 8 y Range Master; 3, con telurómetro), que, unidos a 12 existentes en Portugal, hacen intervenir en la fase RETrig II al Bloque Ibérico con 34 distancias observadas, habiéndose eliminado todos los valores, directos o ampliados, obtenidos con reglas, hilos invar, etcétera

Habiéndose asignado *a priori* una desviación estándar de 2 ppm a las medidas Laser EDM y de 10 ppm a las telurométricas, los pesos $(10 \times D \times 10^{-6})^{-2}$ para las distancias de telurómetro y $(2 \times D \times 10^{-6})^{-2}$ para el resto de las EDM, convienen para la obtención de la unidad como error medio de la unidad de peso *a posteriori*.

Base geodésica patrón (medida con el comparador de Väisälä)

Ciertamente, con el geodímetro Laser AGA-8 y los dos equipos Range Master de que dispone el IGN se consiguen precisiones elevadas que, antes, eran prácticamente inalcanzables, pero que, en cualquier caso, deben relacionarse con el metro internacional a través de una base estándar, de manera que la red pueda estar dotada de una escala homogénea respecto a las de las demás naciones

El establecimiento de tal base patrón, tipo Väisälä, "a fin de asegurar una escala homogénea para todas las redes y que a la vez sirva para contrastar los hilos invar y los geodímetros", fue una de las recomendaciones formuladas por la Comisión para las Triangulaciones Europeas en la misma X Asamblea de la Unión Geogésica y Geofísica Internacional (Roma, 1954) en que dicha Comisión fue creada.

La Asociación Internacional de Geodesia, considerando las dificultades que la aplicación de tal resolución podía crear, resolvió que el Bureau Central planificase la organización de un equipo internacional de medidas de bases por métodos interferométricos. Fue precisamente el Instituto Geodésico Finlandés, cuyas brillantes experiencias, iniciadas en 1923, culminaron en rotundos éxitos al cabo de un cuarto de siglo, el que puso a disposición de todos los países interesados su comparador Väisälä, a la par que sus experimentados científicos. No sólo la resolución más arriba citada fue incluida en su programa de trabajos por la Comisión Permanente para el Ajuste de las Triangulaciones de Europa Occidental, sino que también la Conferencia de Cartografía Regional para Asia y Lejano Oriente (Mussorie, India, 1955) la adoptó para aquella zona geográfica.

El equipo del IG de Finlandia, tras la medida de la base finlandesa de Nummela (1947), cuya longitud (≃ 864 m) fue obtenida con una precisión relativa de 0.06 ppm, estableció bases estándar en Argentina, los Estados Unidos de América, los Países Bajos, Portugal, la República Federal de Alemania y Sudáfrica.

En mayo de 1975 tomó el IGN la decisión de establecer tal base patrón, para lo que inició contactos con el Profesor T. J. Kukkämäki, Director del Geodeetinen Laitos (GL) de Finlandia.

De acuerdo con el proyecto discutido, y ateniéndose a los estrictos requerimientos que debe cumplir el emplazamiento de una base Väisälä, se eligió éste en un lugar próximo a Valladolid, capital castellana situada en la submeseta norte.

Para la construcción de los pilares y la colaboración con los geodestas finlandeses en la medida de la base fue una valiosa experiencia la presencia de los técnicos españoles en la séptima medida de la base de Nummela (octubre 1975)

Se decidió que la longitud de la base fuera de 432 m, por entender que es tal vez la longitud más adecuada y sobre la que puede esperarse una precisión absoluta de ± 0.05 mm, y una relativa de 0 1 ppm.

La construcción de los pilares, que se condujo con la meticulosidad propia de este tipo de trabajos, se completó a fines del año 1976.

De acuerdo con las estadísticas climáticas, especialmente las referentes a horas de sol y nubosidad, se escogieron los meses de diciembre y enero como más apropiados para la medida. Siendo conveniente, por otra parte, dejar transcurrir como mínimo un período de un año entre construcción y observación, se decidió efectuar ésta a comienzos de 1978.

En los primeros días de enero de este año llegó a España, transportado por vía marítima, el comparador de Väisälä, y al Profesor E. Hytönen y Sr. J. Kaariainen, del Instituto Geodésico Finlandés, se unió un grupo de trabajo español a fin de ayudarles en su tarea.

Tampoco aquí se entrará en detalles: durante 13 días, con muy bajas temperaturas, se comprobaron las determinaciones iniciales de las coordenadas x, y, z de las cruces de referencia; los espárragos para los soportes de los espejos se montaron de forma que pudiera hacerse un total ajuste en x, y, z sobre la cara superior de los pilares; se colocaron las armaduras y se nivelaron, completándose finalmente el remate superior de los pilares.

Después de algunos retrasos adicionales debidos a la fabricación de algunas pequeñas piezas y a varias modificaciones requeridas para adaptar a la base los instrumentos que habían de emplearse, las observaciones de interferencias luminosas dieron comienzo en los últimos días de enero y, retrasadas por el tiempo soleado que no permitía dichas interferencias sino para las distancias cortas, fue culminada la operación, con total éxito, un mes más tarde.

Las longitudes provisionales, al nivel de la referencia subterránea correspondiente al pilar cero, de acuerdo con el Profesor Hytönen, fueron:

Primera mitad: 216.009.83 mm ± 0.05

Longitud total: 431.990.83 mm ± 0.05

En tanto se efectúe una nueva medida, el IGN, a fin de detectar posibles movimientos de las referencias subterráneas, ha establecido una red de comprobación, a partir de la cual, y mediante observaciones periódicas de ángulos, distancias y altitudes, se espera conocer la estabilidad de la base.

Las calibraciones de los equipos EDM hasta ahora efectuadas sobre esta base patrón demuestran que las posibles diferencias con los valores aceptados son irrelevantes.

Orientación: acimutes Laplace

La orientación de la red antigua procedía del acimut Madrid (Observatorio Astronómico, punto fundamental)-Hierro, si bien en la compensación ED-50 se hicieron intervenir otros seis acimutes Laplace además de aquél, observados todos en el siglo pasado.

Dieciocho acimutes Laplace fueron aportados a la fase II de proyecto RETrig, que, unidos a los siete que aporta Portugal, hacen un total de 25 para el Bloque Ibérico. Se les asigna a los acimutes astronómicos el mismo peso (2.94190) que a las modernas direcciones acimutales. Las observaciones se han efectuado con un teodolito Wild-T4, empleando, con preferencia, pasos meridianos para las longitudes, Sterneck y, en menos ocasiones, Horrebow-Talcott, para las latitudes y observaciones a la Polar para los acimutes.

De acuerdo con las recomendaciones hechas en las reuniones de Grenoble y Bruselas, se han efectuado observaciones de calibración de longitud en el Observatorio de San Fernando, empleando los mismos métodos e instrumentos que en los puntos Laplace y por los mismos observadores. El objetivo es poder referir todas las longitudes astronómicas al Sistema Europeo de Longitudes. También se han hecho observaciones de latitud y, ultimados los cálculos, se obtienen, en ambos casos, discordancias que requieren nuevas observaciones y análisis.

Red Doppler

En el año 1976, el Instituto Geográfico Nacional adquirió tres estaciones terrestres JMR-1, con registro en *cassette*, miniordenador de campo y unidad de conversión de *cassette* a cinta magnética compatible, más el logicial correspondiente al cálculo de puntos aislados y método de translocación, adaptado a los ordenadores PDP-11/45 e IBM-370/145.

Con dichos equipos está siendo establecida una red Doppler sobre la España peninsular, las islas Baleares y las Canarias, con las siguientes características:

a) Todos los puntos elegidos (20 hasta ahora) tienen coordenadas astronómicas (15), o las tendrán próximamente (cinco); ello permitirá comparar resultados Doppler y astrogeodésicos en lo que se refiere a la ondulación del geoide;

b) Tienen, o van a tener en breve, altitudes procedentes de nivelaciones geométricas, por las mismas razones;

c) Todos son vértices de primer orden o están directamente enlazados a la red (Villafranca del Castillo);

d) El cálculo se efectúa actualmente con efemérides precisas, facilitadas por el DMAHTC;

e) También se calculan todas las posibles líneas de translocación;

f) Se ocupan de nuevo las estaciones, a fin de enlazar distintas épocas;

g) Se ha hecho un ajuste de puntos aislados, con efemérides de precisión, y posiciones por translocación;

h) El enlace con la Red Europea por Satélites se ha establecido mediante proyectos como LESARD, EDOC-2, SURGE y EDOREF, que se describirán, brevemente, en las siguientes páginas.

Proyecto GEOS-3 (1976)

La primera ocasión para experimentar los equipos JMR-1 surgió con la solicitud de las agencias norteamericanas NASA y DMA en relación con una posible colaboración española en el proyecto de seguimiento del satélite GEOS-3 desde las islas Canarias. A tal fin se trasladó una estación-JMR-1 a la base de Maspalomas (Gran Canaria).

Por parte americana se comenzó por el registro de 40 pasos de dos satélites Transit, con un receptor Geoceiver, para proceder luego al seguimiento del GEOS-3.

Los resultados de esta colaboración fueron satisfactorios y ya se obtuvieron conclusiones útiles.

Proyecto CENTRO (nacional)

En el plano nacional se acometió en 1977 el enlace de las islas Baleares entre sí y con la Península, mediante observaciones Doppler. Además de los tres receptores JMR-1, intervinieron en la operación dos geodímetros, a fin de medir, al menos, un lado geodésico en cada isla, con objeto de obtener una escala más precisa.

Sirvieron de apoyo en la Península los vértices de primer orden Javalón y Carche, determinándose desde ellos, por translocación, las coordenadas de Cala-Manacor (Mallorca), Biniac (Menorca) y Mola (Formentera).

También en este proyecto, en el año 1978, se establecieron estaciones en los vértices Javalón, Carche, Palo y

Casar, obteniéndose cinco líneas de translocación, para enlace de las diversas redes Doppler existentes.

Con ocasión de otros trabajos, también en el año 1978, se observó una línea de translocación entre los vértices Baños y Carche (veáse figura 51).

Operación LESARD (1976)

El proyecto LESARD ("Localisation de l'ensemble des sites Ariane par Doppler") tuvo su origen en la necesidad del Centre national d'études spatiales (CNES/Francia) de posicionar determinadas estaciones de observación espacial en América del Sur. Habiendo considerado el Institut géographique national (IGN/Francia) la oportunidad de efectuar, con tal motivo, un enlace geodésico entre los continentes americano y euroafricano, propuso al Instituto Geográfico Nacional (IGN/España) la participación en la realización de la operación LESARD.

Los objetivos principales de esta campaña franco-española fueron:

a) Comprobar y evaluar la capacidad común de los organismos español y francés para realizar campañas geodésicas por el método Doppler;

b) Realizar un enlace de los diversos sistemas geodésicos regionales implicados y establecer una valoración del mismo;

c) Efectuar comparaciones con resultados de geodesia espacial ya obtenidos sobre la red propuesta;

d) Comprobar los diferentes métodos de tratamiento de los datos disponibles en el IGN/España, GRGS (Groupe de recherches de géodésie spatiale/Francia) e IGN/Francia.

La red elegida se distribuyó así:

a) Saint Mandé, Bordeaux y Dakar, IGN/Francia;

b) Altos de Galapagar, San Fernando y Faro Tostón (Fuerteventura), IGN/España;

c) Kourou, Cayenne, Natal I y Natal II, CNES/Francia.

Las observaciones se efectuaron durante el mes de octubre de 1976, pudiendo disponer de su conjunto cada uno de los participantes. Los programas de tratamiento utilizados fueron los GDP y GGDS del IGN/Francia y el SP2T del IGN/España, en tanto que se hizo uso como datos de efemérides de las radiodifundidas (NNSS) para los satélites Transit y de las efemérides precisas proporcionadas por la DMA.

En campo, estuvo a cargo de los operadores solamente el mantenimiento y reposición de las baterías de alimentación, la sustitución de *cassettes* cada 40 horas, aproximadamente, y el registro de temperaturas y presiones cada 4.

Omitiendo detalles referentes a la organización de ficheros de datos, debe decirse que, mediante el programa JMR2S sobre PDP-11/45, se calcularon coordenadas geográficas de cada estación, considerada como "punto aislado", así como altitudes, referidas al elipsoide WGS72, y también se hizo el cálculo referido al ED 50. Como consecuencia de los mismos, se determinaron en las estaciones españolas los siguientes valores de los parámetros de traslación, en metros:

	X	*Y*	*Z*
Altos de Galapagar	—85.36	—124.58	—123.26
Tostón	—81.14	—131.36	—120.05
San Fernando	—81.7	—131.42	—120.0

Con independencia de la aportación hecha por el IGN/España a la operación LESARD, se obtuvo como consecuencia de la misma un punto, Tostón, en Canarias, desde el que, por el método de translocación, podrán determinarse, por geodesia Doppler, todos los puntos que puedan interesar en dicho archipiélago.

Por otra parte, estos trabajos dieron lugar a un análisis del logicial empleado en el tratamiento y proceso de los datos, del que se derivó el perfeccionamiento de unos programas y la implementación de otros nuevos.

Puede tener interés señalar que en Altos de Galapagar se observaron 416 pasos y se aceptaron 190 (desviaciones-estándar 0.52, 0.76 y 0.57 m); en Tostón, el número de pasos observados fue de 390 y el de aceptados 196 (desviaciones estándar 0.77, 1.09 y 0.79 m), y finalmente, en San Fernando, 403 pasos observados, 185 aceptados (desviaciones estándar 0.49, 0.74 y 0.54 m). Las observaciones del IGN/España se extendieron a lo largo de 21 días.

Operación EDOC-2 (1977)

El Grupo de Trabajo sobre Aplicaciones Geodinámicas de los Satélites Artificiales, patrocinado por el Consejo de Europa, organizó y completó en 1976 una primera European Doppler Campaign (EDOC-1), en la que colaboró la DMA proporcionando efemérides precisas. El éxito de esta primera operación, destinada a obtener experiencia en el análisis Doppler, impulsó a organizar un segundo esfuerzo, EDOC-2.

Las observaciones EDOC-2 se efectuaron en abril-mayo de 1977, sobre 37 estaciones, de las que cuatro se hallaban en España: tres (Baños, Lagoa y Salou) a cargo del Instituto Geográfico Nacional y una (Villafranca) al de ESA (European Space Agency).

Los participantes se fijaron los siguientes objetivos:

a) Establecer una red de orden cero de puntos de referencia para Europa Occidental;

b) Determinar los parámetros de transformación entre las redes Doppler y el Dátum Europeo de 1950 (ED-50) o el ED-77;

c) Investigar las posibilidades de distorsiones locales en ED-50 y ED-77;

d) Proporcionar un enlace entre las redes Doppler nacionales;

e) Establecer un banco de datos para ulteriores investigaciones.

DMAHTC suministró a EDOC-2 efemérides de precisión para dos satélites Navy Navigation: 30190 y 30200.

El Centro de Cálculo del Instituto Geográfico Nacional fue designado, juntamiente con el IGN/Francia, para el pre-proceso de los datos JMR; hubo, además, datos Tranet, Canadian Marconi y Magnavox. Concretamente, los centros de cálculo de Madrid y París compartieron el preproceso de 16 estaciones JMR.

Los cálculos fueron efectuados por los siguientes centros:

a) ORB (Observatoire royal de Belgique), de Bruselas, usando el programa ORB-SPP;

b) IfAG, de Frankfurt, empleando el programa GEODOP;

c) IGN, de París, mediante el programa GDI.

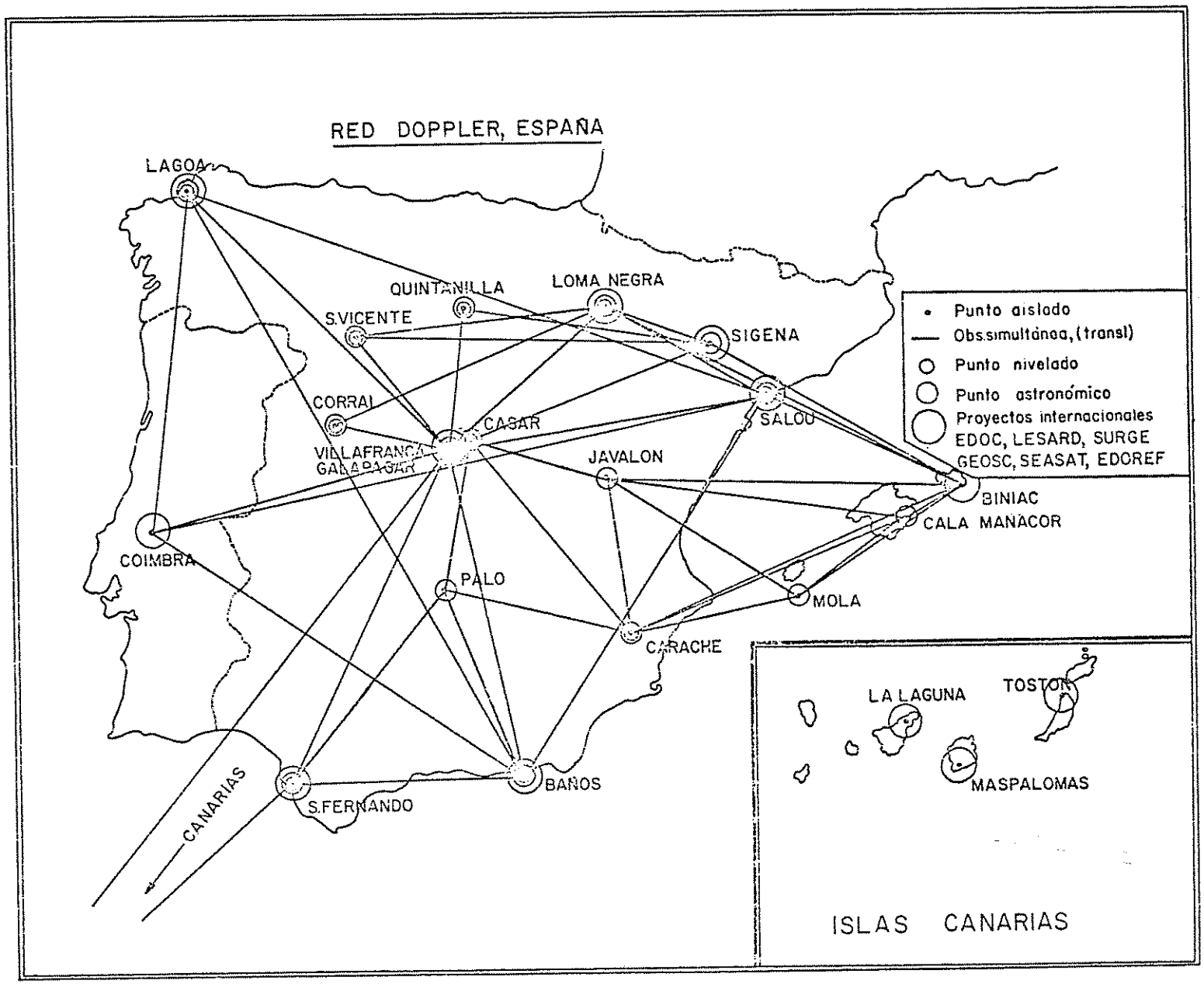


Figura 51. España: red Doppler, España

Sin entrar en detalles acerca de la forma de conducir los cálculos, comparación entre las diversas soluciones, resultados adoptados, etc. (Boucher, 1979), debe subrayarse, no obstante, que la operación constituyó un éxito desde el punto de vista de organización, logística y cooperación internacional, que los resultados fueron obtenidos en un corto período de tiempo y que, realmente, se consiguieron los objetivos previamente fijados.

En cualquier caso, la operación EDOC-2 permite la comparación con RETrig II, o, dicho de otro modo, entre los sistemas WGS 72 (efemérides transmitidas) – NWL 9D (efemérides de precisión) y ED77, encaminada a la determinación de los parámetros óptimos de transformación entre los diversos sistemas de referencia Doppler y el Dátum Europeo. Por otra parte, pueden compararse posiciones relativas, haciendo intervenir distancias sobre la cuerda, distancias elipsoilídicas y acimutes, a fin de localizar áreas defectuosas, donde se hagan necesarios controles adicionales de escala y orientación.

Finalmente, los resultados EDOS-2 se combinarán con RETrig en una compensación rigurosa y simultánea, para minimizar los errores sistemáticos en escala y orientación, para optimizar la posición del Dátum Europeo respecto al Geocentro de Masas y para hacer que el sistema geodésico continental contribuya de modo importante al establecimiento de un dátum y un sistema de referencia geodésico mundial.

Proyecto SEASAT-SURGE (1978)

En el marco del proyecto norteamericano SEASAT-A, dirigido, entre otros fines, a la determinación de un geoide altimétrico, se elaboró en Europa el programa SURGE (SEASAT Users Research Group of Europe).

Los satélites cuyos pasos habían de registrarse eran el SEASAT 98, de nuevo lanzamiento, dotado de un altímetro espacial, y el NAVSAT 77, de control. El geoide así determinado habría de compararse, posteriormente, con el astro-gravimétrico deducido de todos los datos terrestres aprovechables, en la zona piloto del Mar del Norte.

Durante la primera fase del proyecto se establecieron dos estaciones Doppler, una en San Fernando (Cádiz) y otra en La Laguna (Tenerife), en tanto que el tercer equipo se cedía al CRGS (Centre de recherche géodésique spatial) de Toulouse.

Durante la segunda fase se instaló en La Laguna un receptor Geoceiver cedido por la DMA, que funcionó hasta el 10 de octubre, en que el satélite SEASAT dejó de transmitir y hubo de darse por perdido, con lo que la operación fue suspendida.

En tanto fueron registrados los pasos de los dos satélites, los datos, diariamente, fueron transmitidos por teletipo al Centro de Cálculo de Washington.

Proyecto EDOREF (1978)

Se trata de un proyecto hispano-francés, cuyo objeto es enlazar las diversas redes Doppler existentes. En el curso del mismo, el IGN/España ha establecido las siguientes estaciones: Loma Negra (Navarra), Sigena (Huesca), Salou (Tarragona) y Biniac (Menorca). Se han obtenido cinco líneas de translocación.

Técnicas VLBI (Very Long Baseline Interferometry)

Está prevista la incorporación a la fase III de RETrig de observaciones de geodesia espacial (principalmente Doppler, según han sido descritas) y medidas de bases por técnicas VLBI. En efecto, para una mejor definición de escala en la red europea es fundamental la medida de bases muy largas con gran precisión. Esto puede ser conseguido con las técnicas VLBI, que, como se sabe, aportan una precisión del orden de pocos centímetros a distancias de varios miles de kilómetros.

Por ello, el IGN/España ha presentado a NASA, por intermedio de la Comisión Nacional de Investigación del Espacio (CONIE), un "Proyecto para aplicación de las técnicas VLBI a usos geodésicos", contando con las ventajas que representan las tres antenas espaciales de NASA próximas a Madrid (Robledo de Chavela y Cebreros), así como el interés mostrado por el Jet Propulsion Laboratory en la introducción en España de dichas aplicaciones.

El proyecto se conduciría del siguiente modo:

a) Medida de una base muy corta (antenas DSS/61 y DSS/63, unos 300 m), susceptible de ser controlada por medios convencionales, y con la ventaja característica de SBI (Short Baseline Interferometry) de medir las diferencias de fase de las señales recibidas en la misma escala de tiempo; se evaluarían de este modo las posibilidades del método, con exactitud y en precisión interna, sobre una configuración no frecuente;

b) Medida de dos bases mayores, antenas DSS/62–DSS/63 y DSS/62–DSS/61, de unos 14 km;

c) Utilización, a medio plazo, de antenas móviles, con medidas muy precisas entre vértices, suficientemente alejados, de la red geodésica española;

d) Ampliación de estos trabajos, a medio plazo, a la red geodésica europea; hay contactos para la determinación de la distancia Robledo de Chavela (Madrid)-Effelsber (Bonn), pero deben superarse problemas de incompatibilidad, normalizando los equipos de registro, porque, actualmente, las antenas españolas sólo pueden trabajar con el equipo de Onsala (Suecia) y con los norteamericanos;

e) El IGN tiene en estudio la instalación de un equipo de registro VLBI en la antena del radiotelescopio de su observatorio de Yebes (Guadalajara).

Este proyecto podría insertarse en el programa Earth-oriented Research de la European Space Agency.

Ley de Señales Geodésicas y Geofísicas

La excesiva extensión de estas notas obliga a no referirse a temas muy interesantes como programas para ordenador de cálculo y compensación de redes geodésicas, de cálculo Doppler, bancos de datos geodésicos, etc., por lo que se dará fin a la comunicación aludiendo, muy brevemente, a la Ley de Señales Geodésicas y Geofisicas, que, promulgada en 1975, constituye el dispositivo legal que protege y defiende las señales de la red. Largamente deseada, esta Ley establece el régimen jurídico de la instalación y conservación de las señales, a las que declara de utilidad pública; define la propiedad de las mismas, competencias, servidumbres, indemnizaciones, etc., ha-

ciendo compatible el interés general en cuanto a la protección y conservación de las señales con el de los particulares afectados por las correspondientes instalaciones.

REFERENCIAS

Ashkenazi V. *RETrig and EDOC. European terrestrial and Doppler network.* Traducción española Instituto Geográfico Nacional, publicación técnica No. 3.

———— *RETRig and after. European terrestrial and Doppler network.* Traducción española Instituto Geográfico Nacional, publicación técnica No. 2.

Boucher C. *Investigations on geodetic applications of satellite Doppler observations for control networks.* Trabajo presentado en el Second International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning. Austin, Texas, 22-26 de enero de 1979.

Instituto Geográfico Nacional. "Memorias de la Subdirección General de Geodesia y Geofísica". Madrid, 1974, 1975, 1976, 1977 y 1978.

———— *IAG Subcommission for the Readjustment of the European Triangulation (RETrig II).* (Spanish report (1977-1979). Madrid, 1979.

Miguel Lafuente, I. "La línea base patrón de Valladolid". Madrid, Instituto Geográfico Nacional, 1978.

Morencos Tevar, J. "Proyecto para el establecimiento de una base patrón, tipo Väisälä, en España". Madrid, 1976.

Pinto, G. *Present status of Doppler network in Spain, an adjustment using three-dimensional geodesy coefficients.* Comunicación presentada en la Reunión de la Comisión para la Compensación de la Triangulación Europea (REtrig). Madrid, 7-12 de mayo de 1979.

MEDICIONES DE ALTA PRECISION EN RELACION CON LOS MOVIMIENTOS DE LA CORTEZA TERRESTRE*

Documento presentado por Argentina

SUMMARY

The Instituto Nacional de Prevención Sísmica began this research by studying possible movements on the Zonda geological fault, the La Laja faults and the Tulum faults, which are all in the province of San Juan, to verify any activity along those faults.

Along the first of these faults a number of points were set up and distributed so as to form a Hollister-type pattern. In the case of the La Laja faults, study was given to the most suitable patterns to follow, since a number of roughly parallel faults are involved. On the Tulum fault, which is the largest and has no surface manifestations, the study began with precision levelling. These studies will lead to a better knowledge of seismic activity in the area.

RÉSUMÉ

L'Instituto Nacional de Prevención Sísmica a commencé ses travaux par une étude des mouvements éventuels de la faille géologique de Zonda, des failles de La Laja et de la faille du Tulum, toutes situées dans la province de San Juan, en vue de déceler, le cas échéant, une activité tellurique.

A cette fin, on a établi dans la première de ces failles un réseau de points formant une configuration du type Hollister. Dans les failles de La Laja, qui sont toutes plus ou moins parallèles, on a étudié la configuration la plus commode à construire. Dans la faille du Tulum, qui est la plus étendue et ne présente aucun accident en surface, on a commencé par un nivellement de précision. Toutes ces recherches permettront de mieux connaître la sismicité de la région.

ESTRUCTURAS FALLADAS EN RELACIÓN CON EFECTOS DINÁMICOS

De las numerosas fallas existentes vamos a tomar algunas consideradas "geológicamente activas", vale decir sujetas a posibles movimientos.

El estudio de estos movimientos, tarea prácticamente en sus comienzos en la Argentina, pero que en varias regiones del mundo, en especial en los Estados Unidos de América, Japón, la Unión Soviética, etc., se realiza desde hace tiempo y con posibilidades de obtener resultados por encima de los previstos, es una necesidad ineludible como complemento indispensable para conocer o mejorar los conocimientos del origen o causa de los mismos.

La acumulación de tensiones y posterior liberación de energía en los bloques, grandes o pequeños, que conforman la corteza terrestre es evidente causa de algunos sismos, los llamados de superficie, que no por ello dejan de ser tan destructivos como los que tienen otro origen.

Tampoco puede negarse la posibilidad de que las tensiones de profundidad se transmitan hasta la superficie e incrementen más rápidamente de lo considerado normal a las tensiones propias de los bloques superficiales y aun que sean causa total de las mismas.

Por la teoría del movimiento de placas, o tectónica de placas, admitimos que en el interior de la Tierra existen corrientes de tipo convectivas, que podríamos asimilar a algo que tenga vida. Por lo tanto, la Tierra no es un planeta muerto, que simplemente se está reacomodando como consecuencia de grandes movimientos ocurridos en el pasado, sino que aún se encuentra en proceso dinámico activo, cuyos efectos se hacen sentir en forma de sismos o actividad volcánica.

Todos sabemos que al producirse un movimiento sísmico se libera una gran cantidad de energía. Para que esto suceda debe haber una acumulación previa de tensiones. La acumulación de tensiones en las estructuras falladas puede ser causa de nuevos sismos.

Resulta conveniente, entonces, mantener bajo control las zonas donde existen fallas que se presume puedan tener actividad para determinar, mediante mediciones de precisión, los desplazamientos relativos de puntos fijados a ambos lados de la falla.

Estos desplazamientos denunciarían la actividad de la estructura fallada y una posible acumulación de tensiones.

* El texto original de esta monografía, preparado por Raúl Omar Malberti, Rafael I. Gutierrez y Oscar W. Nieto, se publicó como documento E/CONF.71/L.81.

Este método, llamado geodésico, puede llegar a ser un importante elemento dentro de los estudios encaminados a la predicción de sismos.

Estudio de movimientos de fallas geológicas en la provincia de San Juan

El Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), a través de su área geodésica-topográfica, decidió iniciar este estudio en las fallas ubicadas: en Zonda, a 21 km al oeste de la ciudad de San Juan, en las proximidades de la Ruta Nacional No. 20; en La Laja, a 30 km al noreste de dicha ciudad, en las adyacencias de los famosos baños del mismo nombre, y en el Valle del Tulum, a 14 km al este de la mencionada ciudad.

Falla de Zonda

Se trata de una falla, ubicada en el Pie de Monte al este de la Sierra Chica de Zonda, en la que el lado este se ha elevado alrededor de 4 m respecto del lado oeste. Su traza superficial pasa a unos 800 m de la fábrica de cemento de propiedad de la firma Loma Negra, S.A.

El estudio de esta falla se inició en el año 1967, con un trabajo conjunto entre el Instituto Sismológico de Zonda y el ex Consejo Nacional de Construcciones Antisísmicas, que consistió en una línea de mojones que atravesaba perpendicularmente el extremo norte de la parte visible de la falla.

Actualmente se ha considerado que es necesario efectuar un estudio integral más completo de dicha falla, y para ello se decidió transportar, mediante una nivelación de alta precisión, la cota del Nodal 145 (ex 70) de la línea 23 (Chepes-San Juan) del Instituto Geográfico Militar, con la finalidad de poder referir los posibles movimientos verticales a un punto suficientemente alejado y vinculado a la red nacional. Para ello se utilizó un nivel Zeiss Ni 1 y miras de ínvar con sus correspondientes soportes.

En lo que se refiere a los movimientos planimétricos se ha elegido una figura de tipo Hollister, que consiste en un cuadrilátero y dos estaciones laterales.

A tal fin se han construido seis puntos fijos de primer orden, cuyo "repère" principal, torneado especialmente para ambas mediciones, se encuentra ubicado en la base interna de un cilindro y protegido de las depredaciones por un falso "repère" colocado 4 cm por sobre él. Todo esto empotrado en un dado de hormigón armado dimensionado por el especialista en mecánica de suelos del INPRES, luego de haberse efectuado los ensayos correspondientes.

El cuadrilátero se ha ubicado sobre la falla con dos vértices a cada lado de la misma y se aproxima tanto a un cuadrado como lo han permitido las anfractuosidades del terreno.

Las estaciones laterales se han ubicado, de acuerdo a la experiencia de Hollister, aproximadamente en las prolongaciones de las diagonales del cuadrilátero, ya que la topografía del terreno no ha permitido colocarlas en la prolongación de uno de los lados perpendiculares a la falla, como hubiera sido deseable.

Para lograr la intervisibilidad entre los puntos, fue necesario efectuar previamente un relevamiento expeditivo planialtimétrico, ya que la gran diferencia de nivel entre los lados de la falla impedía tal requisito. Mediante este trabajo se logró ubicar la figura, aunque para obtener dicha intervisibilidad fue necesario efectuar desmontes en tres de las líneas que unen los vértices.

En esta falla, las mediciones angulares se han efectuado utilizando un teodolito Wild T.2, mediante el método de cuatro series. Ambas mediciones, la angular y la nivelación de alta precisión, se concluyeron el 22 de noviembre de 1977, un día antes del último terremoto que asoló a la provincia de San Juan. Inmediatamente después se repitieron ambas determinaciones, las que comparadas con las básicas permitieron llegar a la conclusión de que la falla en cuestión no había tenido ningún movimiento durante el movimiento citado que produjera deformaciones permanentes.

Es conveniente aclarar que no se efectuaron mediciones lineales de precisión debido a que el tellurometer M.A. 100, adquirido a tal efecto, presenta lecturas anómalas, por lo que debe ser remitido a fábrica.

Fallas de La Laja

El caso de estas fallas es distinto a la anteriormente mencionada, ya que en este lugar existen varias fallas aproximadamente paralelas, siendo la más notable de ellas la que reconoció el Dr. Horacio Harrington pocos días después del sismo de San Juan del año 1944, quien localizó una falla inversa, cuya traza superficial pasaba por las proximidades de las localidades de Las Lomitas, La Laja y El Salado, con rumbo general NE-SO, habiendo verificado en el camino que une estas localidades con la ciudad de San Juan, que es atravesado por la citada falla, un desplazamiento vertical de unos 22 cm y horizontal de unos 25 cm. La parte este de la fractura se elevó con respecto a la occidental.

Es lógico suponer que dicha falla se originó, o se activó, como consecuencia del terremoto. Posteriores estudios determinaron que el epicentro estaba ubicado en las proximidades de la falla.

Hacia el oeste de esta principal hay varias fallas de memor magnitud, pero que por su proxmidad a la anterior se ha considerado necesario incluirlas en el estudio general. Por este motivo se ha proyectado una red de cuadriláteros que las vincule.

Aparte de este detalle, los trabajos de medición serán similares a los de la falla de Zonda.

Ya se han marcado los emplazamientos de los puntos fijos. Los mojones proyectados serán construidos tratando de llegar hasta la roca, para asegurar su estabilidad, mediante perforaciones especiales, colocación de un hierro Ø 20 y posterior hormigonado.

Falla del Tulum

Esta falla es de gran longitud, más de 100 km y no presenta manifestaciones en superficie. Atraviesa de NE a SO el Valle del Tulum (donde está ubicada la mayor parte del área cultivada de la provincia de San Juan), desde la Sierra de Pie de Palo al NE pasando por el oeste de los cerros de Barboza y Valdivia, para continuar al sur de este último, hacia occidente de Cañada Honda, y, finalmente, hacia el SSE de la localidad de Huanacache. La presencia en el subsuelo de esta falla fue determinada por métodos de sondeos de resistividad eléctrica, realizados por el Plan de Agua Subterránea, hoy CRAS. No se aprecia una clara manifestación superficial de su existencia,

aunque en las aerofotografías se observan diferencias llamativas a ambos lados de una línea cuyo rumbo coincide con el de la falla Tulum. Tonos oscuros se destacan al este, en coincidencia con el bloque elevado, y claros sobre el hundido. En el primer caso corresponden a vegetación arbustiva baja y relativamente abundante y en el segundo a un suelo limo-arenoso blanquecino, desprovisto de vegetación. No se observa la presencia de diferencias de nivel que sugiera la reactivación reciente de la falla.

De acuerdo a los estudios citados, sería el bloque suroriental el que ha ascendido. Asimismo, se ha determinado, en los distintos perfiles trazados por el método mencionado, que el rechazo vertical de la falla variaría de 60 a 220 m.

Por todo esto aún se están estudiando cuáles serían las figuras más aptas para aplicar al estudio de esta importante falla, tanto por su ubicación como por su extensión y altos valores de rechazo. De todas maneras, mientras se terminan los estudios, ya se ha comenzado una nivelación de alta precisión, que arranca por el NE desde un punto fijo colocado en la Estación Sismológica Coronel Fontana, que el INPRES posee en el Cerro Pie de Palo, y continúa por Caucete, Alto de Sierra y 9 de Julio, atravesando la falla en cuestión en varios lugares, con la finalidad de determinar intertanto cualquier posible movimiento vertical que pudiera ocurrir.

Esta nivelación está vinculada a la línea Chepes-San Juan, del Instituto Geográfico Militar.

THE COMBINATION OF INERTIAL AND DOPPLER SYSTEMS FOR SECONDARY SURVEYS*

Paper presented by Canada

The present paper will report on operational experience since 1975 in the combined use of Doppler and inertial systems to extend survey control for 1:50,000 scale topographical mapping.

Although about 45 per cent of the Canadian land mass remains to be mapped at the 1:50,000 scale, it is expected that by 1984 the data required to map that large area will have been fully accumulated. There are two reasons for this rate of completion. First was the adoption in the early 1970s of SPACE-M, our computer method for the adjustment of large aerotriangulation blocks. As a result of that step, it was decided to decouple completely the data-gathering phases of mapping from the compilation and later phases, and an independent program was established for a "mapping data base" consisting of ground control, air photography and adjusted aerotriangulation. The second reason derives from the decision in 1975 to purchase inertial surveying equipment—specifically, the Litton Autosurveyor T_M, the only such system available at the time. Its promised productivity has been realized in operation, and the pace of control surveys for the mapping data base has at least doubled. It should be mentioned that although the control program is in support of 1:50,000 mapping, the standards of its horizontal component are based on the more general-purpose criteria of an integrated fabric of secondary reference points.

During the early trials of the new inertial equipment, it came to be referred to as the Inertial Survey System (ISS), and since that term has persisted, it will be used throughout the paper. ISS was made operational in 1976 after a year of trials and shake-down to adapt it to our purposes. In that same period our uses of Doppler positioning to strengthen the primary geodetic framework gained momentum, and the economic potential of Doppler positioning for more general applications became apparent. Accordingly, it was used on a trial basis in 1976 to provide horizontal terminal points for ISS. The combination of the two systems has since become a routine method of operating. The principal advantage of the combined method is its flexibility. A pattern of Doppler control points can be established at optimum locations and spacings for interpolation by ISS.

Inertial Survey System

The origin of the Inertial Survey System was the Litton LN-15 aircraft navigation system, which was subsequently developed for the United States military into the present three-dimensional survey system. Physically it has five component boxes which can be connected by cable in any convenient layout within a light road vehicle or helicopter. The five parts are: the Inertial Measuring Unit (IMU); a computer; a cassette recorder; a display and control unit; and the power supply and regulator. Two vehicle modifications are needed, one to give a source of 24-volt DC power and the other to attach a simple plumbing device.

The Inertial Measuring Unit is the heart of the system. It contains a gyro-stabilized platform with two 2-degree-of-freedom air-bearing gyroscopes in four gimbal mounts, and three orthogonally mounted pendulus accelerometers. Its electro-mechanical circuitry includes magnetic torquing of the gimbals, inclination resolvers and signal quantizers which feed the computer.

The computer is pre-programmed for real-time performance of ongoing survey computations, and to control the operation of all other components of the system. Its software includes a Kalman filter program which adjusts outputs based on a self-updating budget of predicted errors, including a final time-based adjustment, or "smoothing", of stored results when external control values are read in at the end of a traverse. The data for each measured point of a completed four- or five-hour mission are transferred to the cassette recorder, and consist of latitude, longitude and elevation, the components of deflection of the vertical, the time of measurement, the system azimuth and an identifying number.

The duration of one survey mission is nominally limited by gyro drift to about five hours, and before commencing a mission it is necessary to carry out a system alignment procedure which takes about one hour. In this procedure the stabilized platform levels itself to the local vertical and, through gyrocompassing, aligns its northing axis with the local meridian. This places the axes of the

* The original text of this paper, prepared by L. J. O'Brien, Surveys and Mapping Branch, Energy, Mines and Resources, Canada, appeared as document E/CONF.71/L.91.

accelerometer triad in the directions of north, east and down. At the same time the computer monitors a checklist of system biases and computes initial conditions for the Kalman filter.

Once the alignment is complete, the system is plumbed on a starting reference point, the known co-ordinates and elevation of which are entered by the operator. The first traverse then begins and, as the system moves, the orthogonal components of its movement are sensed by the accelerometers. At 16-millisecond intervals acceleration signals to the computer are doubly integrated into distances relative to the initial point. The z increments of change are accumulated as elevation differences. The x and y increments are used as data to compute geodetic latitude and longitude values on whatever reference ellipsoid has been pre-programmed for the computation. The computer then returns torquing commands to rotate the platform into tangency with the ellipsoid and thus maintain its geodetic orientation. This sensing, computing and torquing routine goes on continuously at 16-millisecond intervals until the system is brought to a halt. At each halt the computed data for that point are stored in the computer memory.

It is necessary—in fact, essential—to bring the vehicle and system to a complete stop at time intervals of from three to five minutes for what is referred to as zero-velocity updating, abbreviated as ZUPT. In the ZUPT routine, which takes about 30 seconds, the platform relevels itself to the local vertical at that point. In effect it resets the "vertical zero", and since computations and platform torquing to that point followed the ellipsoid curvature, the angular change of the platform to bring it to the local vertical provides a measure of the vertical deflection at that point. The relevelling is also read by the Kalman filter to update its error budget. If these ZUPT stops can be arranged to coincide with desired ISS control points, they are marked on the ground and their full data are stored in the computer memory.

The survey continues through a succession of these ZUPT and measure stops until the next terminal point is reached. There, the ZUPT and measure steps are performed, the known co-ordinates and elevation are entered as "update" values and a smoothing adjustment is ordered. This distributes any misclosure through all measured points as a function of time and the error budget. Then the whole run is repeated in the opposite direction, and all points are reoccupied. The result is a double set of values for the traverse, with the differences serving as useful information on the progression of change in platform alignment due to gyro drift. This overall procedure, then, is followed for each traverse leg of the survey project.

A necessity prior to the start of a survey project is "dynamic calibration", by which the scale and axial alignment factors of the accelerometers are determined. It is done by measuring the ISS outputs for at least three known control points situated north/south and east/west in the project vicinity.

Operational factors and criteria

The following operational factors and criteria, based on our experience to date, are relevant to ISS.

Carriage in a helicopter is more advantageous than in a road vehicle. By using a helicopter it is possible to maintain nominally straight traverse lines and so reduce inaccuracies caused by sensitivity of the system to variable headings. Also, since the travel time of traversing is less, so too is the degradation of gyro-alignment between terminals. As well, ZUPT stops can more readily coincide with points to be measured.

The survey should proceed at a quick pace with no undue interruptions. This means that the project must be fully prepared in advance, including the establishment of all reference control at required locations, the marking and sketching of intended ISS points, the clearing of landing sites and the caching of fuel. It also means that the pilot must be practised in the flying technique involved and that refuelling stops must not occur during a round-trip traverse run. The surveyors must be familiar with the system and proficient in quick action—for example, in measuring the usual short eccentric offsets between the helicopter plumb point and the traverse point. It is advisable to reconnoitre a mission and visit planned stopping points in order to avoid delays during the subsequent survey.

The time interval between ZUPT stops must not exceed four minutes for consistent accuracy. On the other hand, although it is recommended that mission times between system alignments should be limited to about five hours, this has not proven to be a critical factor in practice.

All traverse lines are measured in both directions, but lines containing ISS points to be used as control for other lines should be measured twice in both directions, preferably with each pair being done on different system alignments.

As a guide, when ISS is used in a helicopter on a fully prepared project, an optimum traverse line will be 80 to 100 km in length, with station (and ZUPT) spacings of 10 km. The output of a day's operation will be 12 to 16 new points with position and elevation values.

As mentioned previously, the available ISS data includes heading azimuth and deflection of the vertical, but their quality and reliability are still under investigation with a view to future use in project computations. At present the position and elevation outputs from the onboard smoothing adjustment are used in the field to analyse performance as the work progresses. The raw, non-smoothed, values are also retained for further analysis at Ottawa.

From results to date we find the standard errors of adjusted point values to be tending to a norm of $\pm$ 20 cm in position at 10 km spacing and $\pm$ 40 cm in elevation relative to controlling values. It must be mentioned, however, that helicopter carriage tends to degrade vertical output. In projects specifically planned and controlled to favour vertical, we have achieved elevation standard errors of $\pm$ 20 cm, employing road vehicles.

Finally, regarding operational costs, ISS surveying is subject to the same variables of terrain and logistics as any other, and project costs vary accordingly. But in comparison terms, we have found it to be about half as costly as EDM traversing in our operating conditions. Or, conversely, it is twice as productive for a given cost.

Doppler positioning

Doppler positioning has been used increasingly in Canadian geodetic applications since 1973. By the end of 1978 some 432 stations had been established by this

means, 339 of them being integral to the primary framework adjustment.

Our use is based mainly on the multistation method in which satellite passes are tracked concurrently by a number of receiver stations. A multistation group can consist of up to 15 stations, but from six to eight are most frequently used. At least one pivot station is held common to successive groups in order to develop network continuity. During each group of observations all stations accumulate Doppler and broadcast ephemeris data from all satellites for a required number of passes.

The multistation method using only broadcast ephemeris values gives good relative strength in that it accurately determines the interstation distances in a group. However, the group as a unit must be strengthened in an absolute sense by reference to known values. Until recently we accomplished this by including in the solution the precise ephemerides for the Tranet-tracked satellites observed by the group. Now, however, because of the number of established Doppler points in the geodetic system, we can calibrate groups by locating two of their stations on known Doppler points, and so dispense with reliance on precise ephemerides.

The observed data are processed through a hierarchy of tests and computations, the mainstay being the GEODOP software package which edits, merges and solves the data collectively for multistation groups. In the solution for Doppler co-ordinates and qualitative information, it performs a least-squares adjustment of the group which preserves the correlation between stations resulting from their concurrent observations of satellite passes. The broadcast-derived co-ordinates are transformed to the precise Doppler and geodetic systems by parameters solved from adjustment to the known values of occupied reference points (or to stations fixed by the precise ephemeris), and the groups are assembled into project-wide nets. (See Kouba and Wells for detailed explanations of this data processing package.)

Empirical evidence of the worth of multistation positioning has been provided by reoccupations of previously established points in the course of later projects. The repeatability of solved distances between stations at various separations up to 450 km has been consistently close to 1 metre, which implies a point repeatability of about a half metre and makes the resolution of the basic reference system decisive in the matter of absolute accuracy.

The combination

The combined use of the two systems does not as a rule involve operational contact. In planning a project, the disposition of Doppler points is decided by ISS requirements for terminal control not otherwise available. The Doppler component of the plan is implemented in advance, often in the field season preceding ISS work, using the multistation method when an array of points is involved or precise point positioning for only a few. The lead-time allows co-ordinates of Doppler control to be available on commencement of ISS operations. It should be mentioned that, unless the geoid-ellipsoid relationship is well known, Doppler elevations do not control ISS vertical measurements. We treat the provision of vertical control separately, normally by levelling or vertical trig.

Software has been developed to integrate Doppler-controlled ISS projects into our geodetic position system as required for mapping, and although it is subject to further development, it does satisfy the immediate purpose. Its basis is outlined below.

Two test adjustments of the Canadian geodetic framework have been computed to date in the context of the North American Datum (NAD) readjustment program, each incorporating the primary Doppler network as a controlling medium. As a result of the first of these, done in 1976, we now have in hand improved co-ordinates in the present NAD reference system and, as well, parameters for the relationship between that system and the Doppler reference system. Thus new Doppler points established to control ISS can be readily transformed into the improved NAD co-ordinate system, and ISS works to these values.

Restricting the discussion to horizontal control, the ISS outputs of latitude, longitude and time for points in each double-run traverse are first prepared for adjustment by a program which constructs a resolved set of position values with a variance-covariance matrix. Input to this program includes *a priori* estimates of ISS-related parameters such as gyro drift and accelerometer alignment. The output format is compatible with that of our network adjustment program, as is the format of the Doppler control solution. Thus a network adjustment can be performed and error-ellipse information obtained.

The ISS elevation outputs are similarly prepared and adjusted in the vertical network mode.

Conclusion

This coupling of the independence and long-distance accuracy of Doppler surveying with the mobility and interpolation power of inertial surveying has proven to be very advantageous to the particular situation in Canada. The work to be done to complete our mapping data base still involves large areas, generally sparse control in-being and frequently adverse conditions. Deployment and operational costs of surveys are unavoidably high in the circumstances, and output unit costs are thus very sensitive to productivity of any method. Over the three 4-to-6-month seasons of its use, this method has produced more than 3,000 new three-dimensional control points—1,400 in 1978. The capital and maintenance costs of the equipment, although high, were liquidated by the operational cost savings in 1978 alone.

References

Proceedings of the First International Symposium on Inertial Technology for Surveying and Geodesy, Ottawa, 12-14 October 1977. Ottawa, Canadian Institute of Surveying.

Kouba, J. *and* D. G. Wells. Semi-dynamical satellite geodesy. *Bulletin géodésique* 50 No. 1:27-42, 1976.

AGENDA ITEM 7

Review of the latest techniques and recent developments related to:

(b) *Topographic mapping (including space imagery and conventional photography)*

ORTHO PHOTO-MAPPING IN SWEDEN*

Paper presented by Sweden

RÉSUMÉ

Les photocartes jouent un rôle important dans la cartographie suédoise depuis une cinquantaine d'années. La carte générale d'occupation des sols (carte économique), qui est la carte de base officielle de la Suède, est entièrement fondée sur l'utilisation de photocartes. Depuis 1966, ces cartes sont établies grâce à des techniques orthophotographiques.

Un projecteur commandé par ordinateur est en fabrication. On a découvert que cette nouvelle technique présentait maints avantages, mais il a également été nécessaire pour l'utiliser d'établir une base de données de haute densité sur la cote du terrain. Le document donne quelques détails sur l'établissement de cette base de données, qui doit couvrir la quasi-totalité du pays.

La superficie totale couverte par orthophotocartes est actuellement d'environ 300 000 km², soit environ 65 p. 100 de la superficie totale du pays.

En outre, le document donne des exemples d'utilisation des orthophotographies en dehors de l'établissement de cartes officielles. Par exemple, une des applications importantes de cette technique est l'établissement de cartes des forêts. On souligne également l'intérêt croissant qu'on porte à l'utilisation des orthophotographies pour établir des cartes à grande échelle servant à diverses applications.

RESUMEN

Los mapas fotográficos han desempeñado una función importante en la producción cartográfica de Suecia durante unos 50 años. La producción del Mapa General del Uso de las Tierras (Mapa Económico), que es el mapa oficial de Suecia, se basa completamente en el uso de mapas fotográficos. Desde 1966, estos mapas se han producido utilizando la técnica ortofotográfica.

Ahora se ha puesto en producción un proyector controlado por computadora. Se ha encontrado que esta nueva técnica tiene muchas ventajas. También ha hecho necesario establecer una base de datos de elevación del terreno de alta densidad. En el documento se dan algunos detalles sobre la creación de esta base de datos que se prevé que abarque casi la totalidad del país.

La superficie total abarcada con mapas ortofotográficos es ahora de alrededor de 300.000 km², que corresponde aproximadamente al 65% de la superficie total del país.

Además, en el documento se dan ejemplos del uso de ortofotografías distintos de la cartografía oficial. Así, una aplicación importante de la ortofotografía es la cartografía forestal. Se dan ejemplos del aumento de interés en el uso de ortofotografías para la cartografía en gran escala para diversas aplicaciones.

INTRODUCTION

In Sweden the National Land Survey (Statens lantmäteriverk, LMV) is responsible for real estate formation and registration, cadastral mapping, basic geodetic survey, aerial photography and the official mapping of the country. Apart from official mapping, the Land Survey carries out geodetic, photogrammetric and cartographic work on a repayment basis for a range of consumers. This part of the map production is concentrated on maps at scales larger than 1:10,000.

Photo maps have played an important role in Swedish map production since the middle 1930s when publishing of the General Land Use Map (Economic Map) at the scale of 1:10,000 or 1:20,000 began.

The Economic Map is based on a photo-map background and also contains planimetric details such as buildings, roads, railways, power lines and hydrographic features. The map also shows the subdivision of the country into counties, judicial districts and communes. Parishes are also shown for land registration purposes, and within that framework the division into separate properties is shown. Elevations are indicated by contour lines at 5-metre intervals. Lettering consists of names, information and various figures concerning property etc. Arable areas are also shown.

The photo-map background makes it possible to carry out field work with very simple tools. The different planimetric details that are to be shown on the map are first drawn in pencil on the photo map in the field and, thereafter, fine-drawn in ink after each day's field work.

The map sheets measure 50 × 50 cm and are printed in four colours: green for the photo map, black for the names and planimetric details, brown for the contours and yellow for cultivated areas.

* The original text of this paper appeared as document E/CONF.71/L.11.

Ortho photo technique

When production of the Economic Map started, in the mid-1930s, photo maps were produced as so-called controlled mosaics. This method was used until 1966 when the first Gigas-Zeiss ortho photo projector was introduced into the production. Since then the production of the Economic Map has been based on ortho photo maps.

Some years ago computer-controlled ortho projectors appeared on the market. Realizing the great advantages they offered, the Land Survey started experiments and software development in 1976 to study the possibilities of introducing numerically controlled ortho photo equipment into production. These experiments indicated great advantages, particularly in image quality, flexibility and economy, and resulted in the acquisition of an Avioplan OR1 ortho projector system manufactured by the Wild Company, Switzerland. This equipment was introduced into regular production in 1978.

Using the Avioplan equipment, it is necessary to have access to digital terrain elevation data with a high density. It is, of course, possible to acquire control information for each photo to be projected, but in order to take full advantage of the great flexibility inherent in the computer controlled projection system, it seems rational to establish a high-density terrain elevation data base to store adequate information in a suitable form.

Since ortho photo production is of very great importance in Swedish cartographic activities and is expected to be of even greater significance in the future, especially for map revision, the implementation of computer aided methods in ortho photo production has led to the establishment of a data base. This decision has, of course, also been influenced by the fact that the data base certainly is of great interest for many applications other than cartographic.

There are three main possibilities for the capturing of basic information for the data base:

(*a*) Photogrammetric measurements of aerial photos;
(*b*) Digitizing of existing contour plates;
(*c*) Digitizing of existing profile plates.

Photogrammetric data acquisition can be performed in the profiling or contouring mode. In ortho photo production using Gigas-Zeiss instruments, profile measurements have been carried out to capture elevation data from aerial photos. One great advantage with this method is the fact that the time needed for the data capture is relatively independent of the terrain elevations, which is not the case if data are acquired in the contouring mode. For this reason, profile measurements will be used to a very large extent in data acquisition from aerial photos.

The terrain in Sweden is normally thickly forested, which is one reason for not using automatic profiling devices which—at great expense—are available on modern photogrammetric instruments. Instead, the Land Survey intends to use the six Zeiss Jena Stereometrographs which hitherto have been used for profile measurements. These instruments are successively being equipped with digitizing equipment.

Over much of Sweden, high-quality elevation contour plates have already been produced, and this material can be used as a base for data acquisition.

For the time being there are no automatic devices available in Sweden which can be used to digitize existing contour plates. Automatic so-called raster scanners, in which a contour plate can be digitized very rapidly, do exist but that digitizing technique calls for very extensive and expensive data processing. Furthermore, since the computer cannot be programmed to identify an individual contour line, an interactive graphic system must be used for that purpose. Thus, at present, the use of ordinary digitizing tables for data capture from elevation contour lines seems to be the most realistic solution.

There is no need to measure all details of the contours. Therefore, only intersection points between contours and a reference line raster are digitized. The line interval is normally 5 mm on the map.

Since this kind of data acquisition is relatively expensive, the method can only be used in comparatively flat areas. In areas with more hilly terrain, it is at present more economical to use other techniques for gathering the data.

As regards the third main method for data capture—digitizing of existing profile plates—it has already been mentioned that ortho photos have been produced for large parts of the country. Since Gigas-Zeiss projectors have been used in that production in the so-called off-line mode, glass profile plates have been used to store terrain elevation data in an analogous form. Thus a great number (about 14,000) of these plates are available. Aerial photos taken from an altitude of 4,600 m have to a very large extent been used in capturing the information stored on the profile plates. The distance between adjacent profiles is normally 60 m. It is possible to use the profile plates in elevation data acquisition, and for that purpose one of the Gigas-Zeiss projectors has been equipped with shaft encoders and devices for output of digital co-ordinate data on magnetic cassette tape. This method works very well, and of special interest is the fact that a profile plate can be recorded in less than half an hour. Using this method it is necessary to carry out additional measurements of a limited number of control points of corresponding aerial photos. This is necessary in order to transform profile data to the national grid. Our experience is that digitizing existing profile plates is, in most cases, the fastest and most economical method for acquiring digital elevation data. Thus, the fact that existing profile plates cover about 60 per cent of the country is of great economic importance in the establishment of the new terrain elevation data base.

The choice between the three main data acquisition methods is dependent on existing materials (contour plates and profile plates), their quality and the conditions of the terrain and other natural features. About 400,000 km^2, or about 90 per cent of the country, are to be covered by this type of data base. Only the mountainous areas of the northern part of the country will not be included.

The most frequently used technique will be digitizing of existing profile plates. This method will be used for about 220,000 km^2. Digitizing of existing elevation contour plates will be carried for some 100,000 km, while the remaining 80,000 km^2 will be captured by photogrammetric measurements of aerial photos.

The time needed for data capture is dependent on the method used and also to some extent on the configuration of the terrain. Normally, as already mentioned, the most

rapid method is to digitize existing profile plates. In this case only about three hours per map sheet are needed. If data are acquired by profile measurements in photogrammetric instruments, the time required will increase to about 16 hours. Existing contours are used as a base material only in relatively flat parts of the country or in the coastal archipelago. This method is used primarily in areas not covered by earlier profile measurements. However, in some very flat areas (i.e., the islands of Gotland and Öland) contour lines will be used even though profile plates are available. An average of six hours per sheet is the estimated time for this data collection method.

A total of about 50,000 hours will be needed to capture digital terrain information for the entire data base. The creation of the new data base started in 1978. For the time being, digital data have only been captured for a few hundred map sheets. The data acquisition will be carried out in accordance with a plan which takes into account the needs for digital information for production of ortho photo maps as well as for other activities. Due to the close connection between the production of ortho photos and the data base, it is estimated that data acquisition will not be completed until country-wide coverage of ortho photo maps has been attained. This will take approximately another 10 years.

Data processing and storage

Once basic terrain elevation data have been acquired, the information has to be fed into a computer system for processing and storage. At the present time all instruments used for data acquisition are off-line to the computer. Magnetic cassette tapes are used as the communication medium.

The computer used is a Prime 400 system which is installed at the Land Survey. The system now incorporates a core of 512 K bits and a disc storage capacity of 400 M bits.

An important stage in the data processing is an automatic error search to remove systematic and gross errors from the digitized data. Experiments have shown that the majority of the gross errors introduced in the digitizing or in the transmission to the computer can be retrieved by effective computer programs and are easily corrected via an alpha graphic terminal without any remeasurements.

Many methods can be used for storing information in the data base. The Land Survey has, for several reasons, chosen to store elevation data in the form of spot elevations in regular grids. The sheet division adopted in the production of the Economic Map, at scales of 1:10,000 or 1:20,000, is used as a base for the high-density elevation data base with a grid size of 5 × 5 km or 10 × 10 km, respectively. Thus the grid interval is 50 or 100 m, respectively.

One important reason for choosing regular grids as storage units is that the future use of the data base is expected to be facilitated if regular grids are used. Thus in ortho photo production the computer time needed to generate control information for the ortho projection is minimized if the basic terrain information is available as regular grids. In many other applications, regular grids also serve as a feasible basis for computer processing. This is due to the fact that software already exists or can easily be developed for different applications by presumptive users of the data base. Another reason for choosing regular grids is that only z-co-ordinates need to be stored, which is an advantage compared to other alternatives, which normally call for additional storage of x- and y-co-ordinates.

Since data capture in only a very few cases is performed for grid intersection points, it is necessary to transform measured values into grid points. A large number of methods are available for interpolation of grid intersections from measured points. At the Land Survey two interpolation methods developed by Akima have been used. These are based upon the use of so-called bivariate functions. Numberous experiments have shown that Akima's methods both give good results and require comparatively short computer times.

The fact that the information stored in the data base consists of interpolated values for grid intersection points naturally means that the geometrical quality is slightly poorer than that from directly measured points. However, experiments have shown that the interpolation technique that is used gives very good results for the kind of terrain that is common in Sweden. Thus, when digitizing profile plates were used to store information acquired from aerial photos at the scale of 1:30,000, the standard error of grid intersection points is on the order of ± 2 m.

Each grid of the data base contains 101 × 101, or 10,201, points. The final number of grids which will be stored has been estimated to be 13,000, which corresponds to about 130 million points.

As already stated, the prime reason for the establishment of the terrain elevation data base is the production of ortho photo maps. However, digital elevation data are of great interest in many other applications. The following applications can be mentioned: computing of cross sections, e.g., for visibility studies; correction of remote sensing data; correction of gravimetric measurements; and terrain corrections in flight simulator systems, together with different cartographic applications such as slope-mapping and automated hill-shading; and military applications such as computer-controlled navigation in aircraft and guided missiles.

The elevation data base will certainly rationalize the production of official maps, especially by making the ortho photo process more flexible. Apart from that, the examples given above indicate that the data base will be of great value in a variety of planning and computing activities.

Production

Ortho photos have now been produced for 13 years in Sweden. This means that very large parts of the country have been covered with that map type, and the area mapped since 1966, when the first equipment was set up, is about 300,000 km^2. This corresponds to some 65 per cent of the total area of Sweden. The geographical distribution of the different areas is shown in figure 52.

The first edition of the Economic Map has now been completed for the area to be covered by that map series. Thus the further production of ortho photos will serve as a base for the revision of that map. The present goal is to produce ortho photos for this purpose with a time interval for the whole country of about 10 years.

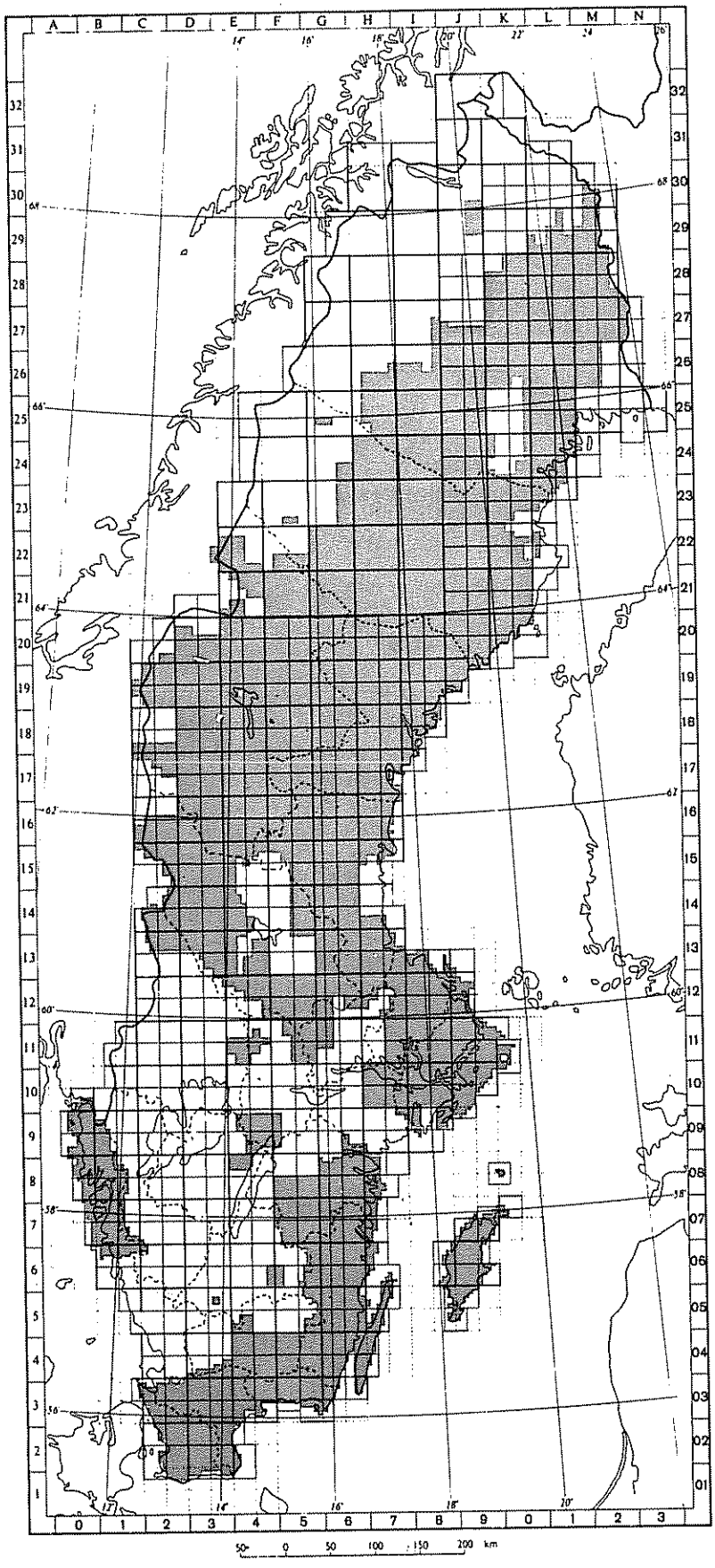


Figure 52. Sweden: screened areas on the map of Sweden are covered with ortho photo maps

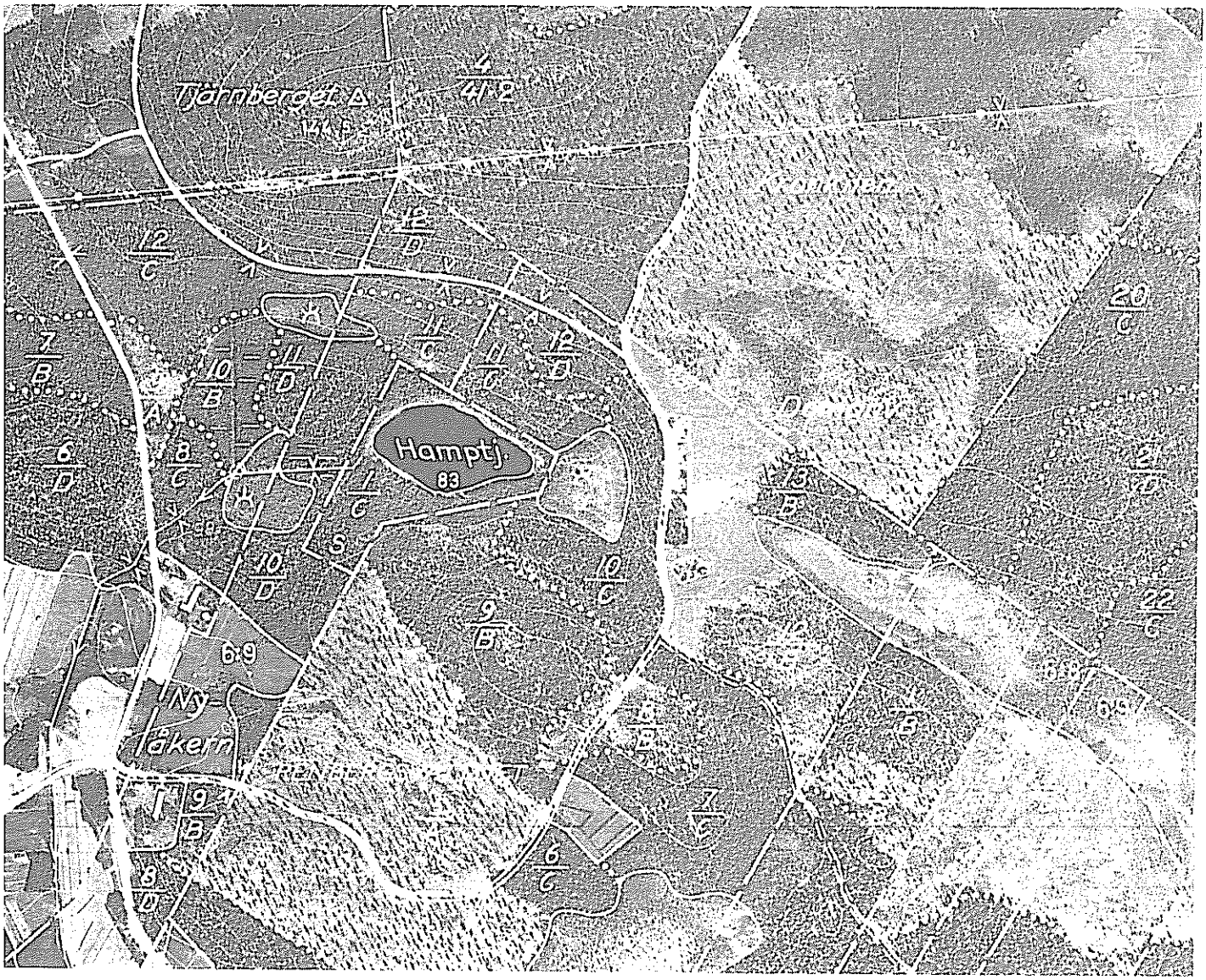


Figure 53 — Sweden: forest map at a scale of 1:10 000, based on ortho photo map

Use of ortho photo maps

As already mentioned, the main reason for producing ortho photo maps is to supply a suitable base for the Economic Map. Another very important reason for making ortho photo maps is to meet the need for good base map material for forest mapping.

An inventory of lumber reserves in the areas managed by the State and the private forest companies as well as the main part of the forest owned by private owners is carried out at intervals of 10 to 15 years. This inventory is normally coupled to a planning of future utilization and conservation measures. In connection with this work, a special map is normally produced to give details concerning division into stands. This means that every year 15,000 to 20,000 km^2 need to be mapped on special forest maps.

Those forest maps must include a survey of the ownership pattern; they must be usable for orientation in the field and be suitable for the presentation of planning as well as for registration of a variety of other activities. Photo maps can meet these requirements and are very suitable as a base for the production of forest maps.

Until the 1970s manually produced controlled photo mosaics were the most widely used base in forest mapping. To a limited extent that type of map is still used, but it is successively being replaced by ortho photo maps. This is because, during the past 10 years, demands for geometric accuracy have increased owing to the fact that a need for accurate area measurements on the base maps had become of increasing importance. But it is also because higher geometric quality makes it possible to revise forest maps without a complete redrawing of all old, unchanged, planimetric details in order to match those details with those on the new base map. The development of ortho photo techniques now makes it possible to produce photo maps with a geometric quality that meets those demands.

At the present time, ortho photo maps are the most commonly used base for forest maps. In some cases it is possible to use ortho photo maps which have been produced as a base for the Economic Map. In the remaining areas, ortho photo maps are produced on a repayment basis. To quite a large extent those maps have been produced from aerial photos taken from an altitude of 9,200 m.

The final forest map is produced by copying the separate originals on plastic-coated photo paper and transparent film. The transparency is used as the original in the production of diazo copies. The copies are used as working and planning maps in connection with felling, transportation, planning etc.

Figure 53 shows an example of a typical forest map at the scale of 1:10,000, based on an ortho photo map. The ortho photo was exposed from photographs taken at an altitude of 4,600 m. Contour lines with a contour interval of 5 m are shown in white. To make them less salient, a dot screen has been used in the reproduction process.

So far the main application of ortho photo maps in Sweden has been concentrated in the scale range 1:10,000 to 1:20,000. However, during the past few years interest in using ortho photos for different applications—for maps also at scales of 1:2,000 to 1:5,000—has increased. Such interest is very much dependent upon the possibility of using ortho photos as a base material for the presentation of various plans to the general public or to decision makers. For this reason experiments are now being carried out to find suitable ways of producing material in black and white or true colour for such purposes.

Yet another application is the production of street index maps. In some cases such maps have been produced using black and white ortho photos as a base material. In those cases, the ortho photos have been printed on the final map in grey or green. An experiment is now being carried out to produce a street index map using true-colour ortho photos. In those maps only lettering (street names etc.) in black will be used to give additional information.

LANDSAT MAPPING AND CHARTING BY THE UNITED STATES OF AMERICA*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

Au cours des années 60, l'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace (NASA) des Etats-Unis d'Amérique, en coopération avec le Département de l'intérieur et d'autres organismes fédéraux, élabora un programme de recherche sur la téléobservation de la surface de la Terre à partir de l'espace. Des vols d'engins spatiaux habités menés dans le cadre du programme Apollo permirent de faire les premières expériences et, dès 1968, on avait défini un satellite spécialisé : le satellite technologique pour l'étude des ressources naturelles de la Terre (ERTS-1). Ce satellite et ses successeurs ont été rebaptisés LANDSAT en 1975; leurs possibilités sont résumées dans le document.

RESUMEN

Durante el decenio de 1960, la Administración Nacional de Aeronáutica y Espacial (NASA) de los Estados Unidos de América, en conjunción con el Departamento del Interior y otros organismos federales, estableció un programa para investigar la teleobservación de la superficie de la Tierra desde el espacio. En vuelos espaciales tripulados del Programa Apolo se realizaron los primeros experimentos y, en 1968, se definió un Satélite de Tecnología de Recursos Terrestres (ERTS-1) de finalidad determinada. Este satélite y sus sucesores fueron denominados LANDSAT en 1975 y se describen en el documento detallados brevemente.

El advenimiento de un sistema espacial como LANDSAT ofrece la oportunidad de levantar mapas de la superficie de la Tierra directamente en forma bidimensional (planimétrica). Esta simplificación del problema cartográfico se debe a la gran distancia desde la que se ob-

*The original text of this paper, prepared by Alden P. Colvocoresses, United States Geological Survey, National Center, and James C. Hammack, Defense Mapping Agency, Hydrographic/Topographic Center, appeared as document E/CONF.71/L.13.

Le système spatial LANDSAT permet d'établir directement des cartes bidimensionnelles (planimétriques) de la surface de la Terre. Cette simplification du mode d'établissement des cartes tient à la fois à la grande distance d'observation et à l'étroitesse du champ du capteur — le résultat étant une image quasi orthographique. LANDSAT fournit les données sur la surface de la Terre sous une forme planimétrique fondamentalement correcte, mais cet avantage a pour prix l'impossibilité de mesurer la troisième dimension (altitude); le système ne présente donc pas d'intérêt direct pour l'établissement de cartes en trois dimensions (topographiques). Toutefois, la topographie est fondamentalement statique alors que la planimétrie de la Terre est relativement dynamique. Un satellite donnant des images quasi orthographiques se révèle donc précieux car il élimine dans une large mesure les problèmes photogrammétriques que pose la cartographie planimétrique. Les images orthographiques obtenues grâce à un satellite comme LANDSAT donnent également un rendu uniforme de la réflexion de l'énergie solaire vers le satellite (capteur), ce qui n'est pas le cas des photographies aériennes. Ainsi, à la différence des photographies aériennes, les clichés obtenus par satellite se révèlent fort utiles pour la réalisation de travaux radiométriques.

sirva la Tierra y a lo limitado del campo de visión total del sensor: el resultado es una imagen casi ortográfica. LANDSAT registra la superficie de la Tierra en forma planimétrica básicamente correcta, pero al hacerlo elimina la capacidad de medir la tercera dimensión de altitud y, por consiguiente, no tiene valor directo para la cartografía tridimensional (topográfica). Ahora bien, la topografía es básicamente estática, en tanto que la planimetría de la Tierra es relativamente dinámica. Así, pues, un satélite de obtención de imágenes casi ortográficas es importante por reducir en gran medida los problemas fotogrométricos de la cartografía planimétrica. Las imágenes ortográficas desde un satélite como LANDSAT también reflejan la energía solar que recibe el satélite (sensor) de una manera uniforme, en tanto que la respuesta en una fotografía aérea varía a lo largo de la escena. Así, el sensor del satélite es un radiómetro eficaz, en tanto que una fotografía aérea carece de esta propiedad.

History and description

The history of the LANDSAT programme is summarized by the following milestones.

LANDSAT-1	
launch	23 July 1972
termination	6 June 1978
LANDSAT-2	
launch	22 January 1975
LANDSAT-3	
launch	5 March 1978
LANDSAT-D	
expected launch	Late 1981

Of the four defined satellites, the first two were nearly identical and can be described as follows:

Characteristics of LANDSAT-1 and LANDSAT-2

Orbit	
Altitude	919 km
Inclination	99 degrees
Period	103 minutes
Coverage cycle	18 days
Type	Sun-synchronous
Time of descending node	9:42 a m (local sun time)
Sensing system (principal)	
Type	Multispectral scanner (MSS)[a]
Bands	
4	0.5 to 0.6 μm
5	0.5 to 0.7 μm
6	0.7 to 0.8 μm
6	0.8 to 1.1 μm
Instantaneous field-of-view (IFOV)	73 4 by 73 4 m (ground scale)
Effective resolution element (est.)	86 m (ground scale)
Ground coverage	185 km swath
Data reception	Electronic transmission (S band)
Products (processed through 3/79 by NASA)	Imagery at 1:3.369.000 and 1:1,000,000 scale and computer-compatible digital tapes
Product (processed after 3/79 by NASA)	Imagery at 1:000.000 scale and computer-compatible digital tapes

[a]MSS imaging mode is illustrated by figure 54

LANDSAT-1 and LANDSAT-2 also carried three return beam vidicon (RBV) multispectral framing cameras covering the following wavelengths: band 1, 0.475 to 0.575 μm; band 2, 0.580 to 0.680 μm; and band 3, 0.5609 to 0.830 μm. The RBVs had limited use on LANDSAT-1 and LANDSAT-2 since they had poorer radiometric fidelity than the MSS and only comparable resolution as processed by NASA.

LANDSAT-3 has the same orbital and MSS characteristics as LANDSAT-1 and LANDSAT-2 but carries a thermal sensor covering of 10.4 to 12.6 μm (which has failed to perform satisfactorily) and a pair of redesigned RBV cameras illustrated by figures 55 and 56 and described as follows:

Type	Two frame cameras, RBV with image plane scanner
Spectral band	0 505 to 0.750 μm
Lines	4,125 per frame
Samples	5,375 per line
Effective resolution element (estimated)	30 m (ground scale)
Effective focal length	236 mm (9 3 in)
Frame coverage	98 × 98 km (4 frames per MMS image)
Geometric fidelity	Internal errors of only 20 to 40 m (rms), accomplished with an 81-point reseau pattern

Prior to March 1979, LANDSAT-1, -2, and -3 MSS and RBV images were produced in the United States by the NASA Goddard Space Flight Center (GSFC) on their electron beam recorder (EBR) and made available through outlets such as the EROS Data Center (EDC) which is operated by the United States Geological Survey (USGS)

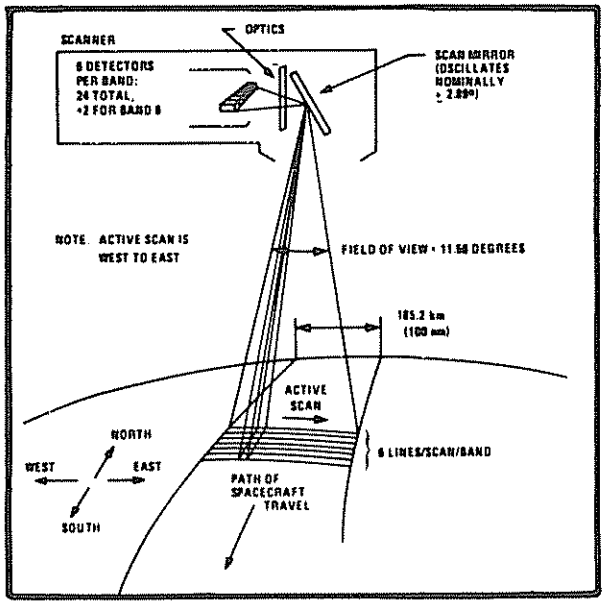


Figure 54. United States of America: LANDSAT multispectral scanner arrangement

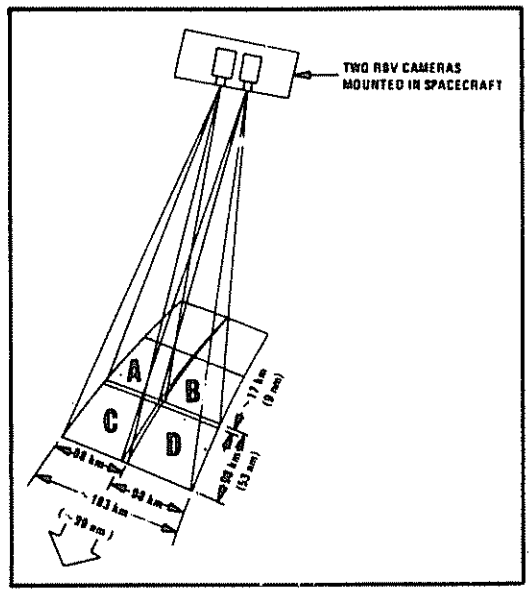


Figure 55. United States of America: LANDSAT-3 return beam vidicon (RBV) coverage pattern

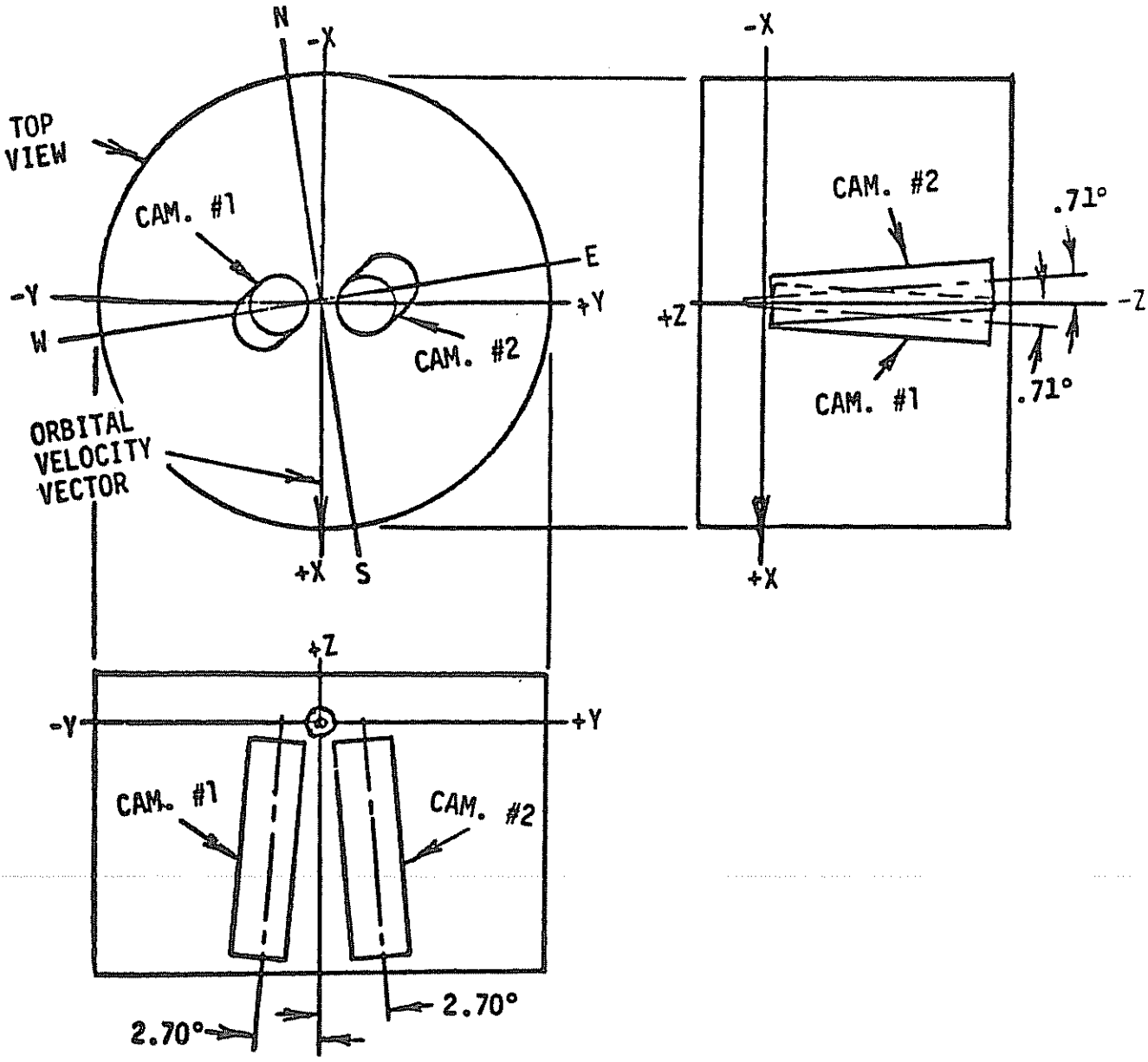


Figure 56. United States of America: LANDSAT-3 return beam vidicon (RBV) camera orientation (Angles not to scale; z axis signifies local vertical)

at Sioux Falls, South Dakota. Both imagery, at various scales, and tapes are on public sale without restriction. The data (imagery and tapes) as of March 1979 cover most of the land areas of the world and also sizable portions of the shallow seas. The USGS (1975) published a *Worldwide Index to LANDSAT Coverage* for the period August 1972 to July 1974 and the World Bank (1976) published a *LANDSAT Index Atlas* of the developing countries of the world, which was current through May 1975. EDC, upon request, furnishes up-to-date information on their LANDSAT holdings for any specific area. Browse files at which LANDSAT holdings can be viewed in microfilm or microfiche form are established in nearly every state. The status as shown on the microfiche can be co-ordinated with landforms through path and row identifiers on a set of world-wide indexes now in preparation.

Foreign LANDSAT receiving stations with their associated organizations hold considerable LANDSAT data that is not available to EDC; however, considerable information on such holdings is available through EDC. The international agencies with LANDSAT holdings as of March 1979 are:

United States	User Services Section United States Geological Survey EROS Data Center Sioux Falls, South Dakota 57198
Brazil	Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) KM 210 Radovia Presidente Dutra Departamento de Producão de Imagens Caixa Postal 01 12 630—Cachaeira Paulista—Sao Paulo
Canada	Integrated Satellite Information Service Ltd P. O. Box 1630 Prince Albert, Saskatchewan S6V 5T2
Iran	Iranian Remote Sensing Centre National Iranian Radio Television 80 Sepand Street Villa Avenue Tehran
Italy (Fucino)	Telespazio Corso d'Italia 43 00198 Roma
Italy (Frascati)	European Space Agency (ESA) ESRIN, VIA Galileo Galilei, C.P. 64 00044 Frascati
Sweden	Swedish Space Corporation TRITONVAEGEN 27, 171 54 Salna

The success of LANDSAT is best measured by the status of data reception stations, which by March 1979 involved:

Operating	Fairbanks, Alaska* Goldstone, California* Greenbelt, Maryland Cuiaba, Brazil Prince Albert, Canada Shoe Cove, Canada Fucino, Italy Tehran, Iran (status uncertain) Kiruna, Sweden Tokyo, Japan
Under construction	Mare Chiquita, Argentina Hyderabad, India Alice Springs, Australia
Under agreement	Bangkok, Thailand Santiago, Chile (dormant) Kinshasa, Zaire (dormant)

* Data reception only

In addition, an understanding has been reached with China, but a receiving site has not yet been selected (March 1979) nor a formal agreement signed. Each station has a nominal reception range (radius) of 2,800 km.

Conventional EBR-produced imagery displays a standard energy response so that, in theory, relative radiometric measurements can be made from the image. Unfortunately the procedure does not normally provide optimum contrast for any given band or scene, and thus a great deal of the information acquired is lost when the film is normally processed to photo or lithographic print form. The computer compatible tapes (CCTs) have been obtained by numerous organizations which digitally enhance the data, compute geometric corrections, in some cases, resample the tapes to a new pixel structure, and then print out the imagery with some form of opto-mechanical recorder and on a specified map projection. This is commonly known as precision processing and is the new procedure implemented by NASA and EDC in early 1979. Users may obtain such precision imagery or tapes from EDC of LANDSAT data acquired after March 1979. This new system is referred to as the NASA Image Processing Facility, EROS Digital Image Processing System (IPF/EDIPS). The products, however, will vary considerably geometrically depending on whether ground control is or is not used. The new *LANDSAT Data Users Handbook*, Revised Edition (USGS, 1979), describes the IPF/EDIPS processes and products in detail.

When LANDSAT was first defined, mapping was not one of the primary applications anticipated; moreover, mappers with a primary concern for geometric precision were sceptical of the MSS as an imager and looked to the RBVs, which had been calibrated, as described by McEwen (1972), as a more suitable source of map data. However, since the RBVs were turned off because of a switching malfunction shortly after the launch of LANDSAT-1, investigators turned to the MSS imagery for their experiments. The MSS image acquisition system has two basic limitations to cartographic applications: items too small to be meaningfully recorded by a 79-m pixel cannot be defined or mapped; and, as previously mentioned, the system's orthogonality precludes the definition of the third dimension of height. In spite of these limitations, LANDSAT characteristics are such that it has important cartographic applications. These characteristics include repetitive coverage, real-time data reception, geometric fidelity, multispectral radiometric fidelity (including extension into the near-infrared wavebands), and digital form which is suitable for automation. Investigators throughout the world have conducted a variety of cartographic and photogrammetric experiments with LANDSAT MSS imagery in the general categories of image mapping, map and chart revision, and thematic mapping. Colvocoresses (1975) has provided a summary report with a comprehensive bibliography on the overall evaluation of LANDSAT for cartographic applications. Due to the geographical repeatability of LANDSAT images and the overlap and sidelap between images, a system of nominal scenes defined by the latitude and longitude of the nominal scene centre results. Thus LANDSAT creates its own indexing system defined by path and row, which forms the basis for a global map series. This concept is described by McEwen and Schoonmaker (1974). Starting in 1978, all images produced by NASA and EDC carry the path/row indicators but, unfortunately, the

system will change with the LANDSAT-D, which has an orbit different from that of LANDSAT-1, -2, and -3.

Geometric aspects

Multispectral Scanner (MSS)

In the course of converting the LANDSAT image into a image map, Chapman (1974) has shown that by using a modified version of the computer program developed at Ohio State University by Bender (1970) for gridding satellite imagery, a Universal Transverse Mercator (UTM) grid can be fitted to the bulk (standard) processed MSS image and the inexpensive cartographic product which results will meet or approach United States National Map Accuracy Standards (NMAS) for 1:250,000 or smaller-scale mapping, depending on the method used. A summary of the MSS positional accuracy of well defined points has been presented by McEwen (1974) and Colvocoresses (1975) as a result of actual tests applied to gridded satellite image maps produced by the USGS with LANDSAT data. In an analysis based on an evaluation of both bulk and precision MSS image products, Colvocoresses (1975) summarized the expected image errors after best fit to ground control as follows:

Summary of LANDSAT MSS positional accuracy

Mode and form	*Error range (in rms)*
Bulk processed through EBR by NASA	
Best fit to UTM projection	150-350
UTM grid fitted to single-band image	50-100
UTM grid fitted to single-band mosaic of 2 to 4 images	100-150
UTM grid fitted to multiband (coloured) single image (lithographed)	125-175
UTM grid fitted to multiband (coloured) mosaic of multiple images (lithographed)	200-300
Precision processed to UTM projection (NASA and IBM products)	50-100

In addition, Derouchie and Forrest (1974) investigated the positional accuracy of a LANDSAT scene using more than 100 control points, and their results indicate that a limiting circular standard error of about 40 m can be expected after effects of systematic mirror sweep, nonlinearity and low-frequency attitude variations are removed.

Analytical triangulation experiments conducted on a strip of 15 LANDSAT images taken on a single orbit from Minnesota to Texas show promise of extending control into unmapped areas and preparing image maps. This is reported by McEwen and Asbeck (1974). By tying both ends of the strip (bridging) and applying limited low-order adjustment, residuals of under 500 m rms were obtained. McEwen (1974) also describes a block adjustment of 15 MSS images covering Florida which resulted in residuals of 105 m rms for control and tie points. By utilizing the IPF/EDIPS products introduced in 1979, the capability for analytical triangulation and block adjustment should be greatly improved.

A method for identification of ground points in unmapped or undeveloped areas was developed by experiments successfully carried out by Evans (1974) using small (0.5 m) mirrors to reflect the sun and record the locations of ground points on the LANDSAT MSS image.

A unique map projection in which relative motion, and therefore time, becomes a mapping parameter was defined for LANDSAT by Colvocoresses (1973, 1974). The projection, called the Space Oblique Mercator (SOM), was mathematically defined by Snyder (1978) and has the potential of supporting an automated mapping system since satellite data can be continuously cast on it with practically no distortion and, by computer, redefined on any other mathematically defined map projection. From February 1975 to January 1979, all LANDSAT imagery processed by NASA on their EBR was cast on the SOM projection. Commencing early in 1979, NASA utilized a variation of the SOM known as the Hotine Oblique Mercator (HOM), which was defined by Rowland (1977). However, NASA intends again to implement the SOM during 1980. The maximum geometric differences between the SOM and HOM are very small (1 part in 10,000) and of little concern to most users.

Geometry of the return beam vidicons of LANDSAT-3

The geometric configuration of the RBVs on LANDSAT-3 are indicated by figures 55 and 56 and described by NASA (1976). The imaging surface of the vidicon contains 81 calibrated reseau marks (+'s) which permit reconstruction of the internal sensor geometry with high fidelity. From the launch of LANDSAT-3 (March 1978) to January 1979, NASA produced RBV images on their EBR which have been geometrically analysed by the USGS. The analysis indicates that the internal errors within the images are on the order of only 20 to 40 m rms. These images represent the perspective geometry of the RBV cameras and are not modified for such external effects as camera obliquity or earth curvature. Beginning in March 1979, with the IPF/EDIPS mode, the RBV images are transformed to the HOM projection in order to bring them into congruence with the MSS imagery. The few tests made on such products by NASA and the USGS indicate that the geometric fidelity indicated by the EBR images are retained in IPF/EDIPS.

LANDSAT image mapping

By 1979, a variety of black-and-white and colour image maps had been compiled and printed by the USGS. The maps vary in scale from 1:250,000 to 1:1,000,000 and in format from a single LANDSAT image to a quadrangle, state, or country-wide image map. The Soil Conservation Service of the Department of Agriculture (Hooper, 1974), the National Geographic Society (1976), and others have prepared small-scale image products of the United States, but they are without geographical references and are considered mosaics rather than image maps. USGS products are discussed by Colvocoresses (1975), Pilonero (1973) and McEwen (1974). In addition, McEwen and Schoonmaker (1974) and Warren (1977) describe innovative techniques, including film mosaicking, which were utilized in the production of gridded colour image maps and resulted in improved geometric accuracy and resolution. During 1978 the USGS published "Chesapeake Bay and Vicinity, Winter 1976-77". This is a temporal map displaying, in precise form, the areal extent of ice as it occurred during the coldest winter in our recorded history.

Prototype image maps of Antarctica at scales from 1:250,000 to 1:1,000,000 have also been produced from LANDSAT imagery and have been useful in identifying

and locating such features as glaciers, coast lines and islands. Significant movement and other changes associated with such features have also been noted on successive images. MacDonald (1973) and Southard and MacDonald (1974) describe the application of those data to Antarctic mapping and exploration. Other mapping agencies throughout the world had, by 1979, produced a wide variety of image maps, varying from capital city areas to complete country coverage

Map and aeronautical chart revision

Experiments carried out by the USGS and others have shown that LANDSAT images are useful for delineating areas in need of revision on large- and small-scale maps and for the actual revision of selected features such as water bodies, vegetation and bold cultural features on small-scale maps. The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) has utilized LANDSAT images successfully to revise the water features on a 1:500,000-scale sectional aeronautical chart (Wilson 1974)

The Defense Mapping Agency Aerospace Center (DMAAC) is investigating LANDSAT applications to aeronautical chart revision, and St. Clair (1977) indicates that important applications exist at 1:250,000 and smaller scales. Canada has made significant use of LANDSAT imagery in revising and repositioning selected features on maps and charts as large as 1:50,000 scale (Fleming, 1976). Other countries throughout the world are selectively applying LANDSAT data to both map and chart revision.

Radar correlation

The use of LANDSAT for creating a data base which can be correlated to radar response in an air or space vehicle is also considered significant. St. Clair (1977) has reported on those applications.

Nautical charting

LANDSAT imagery is of proven value to nautical charting through the water penetration capabilities of MSS bands 4 and 5. Polcyn (1975) reports that under optimum conditions, and with auxiliary data, shallow sea bottoms may be mapped to a depth of 22 m with accuracies within 10 per cent of measured values (rms).

During 1976, the Defense Mapping Agency Hydrographic Center (DMAHC; now DMAHTC), which prepares nautical charts for civil as well as military use, applied LANDSAT coverage to nautical chart revision. In the first area properly tested (Indian Ocean), "Notices to Mariners" and a revised chart based on LANDSAT data were issued. The revised chart (third edition of 61610, Chagos Archipelago, dated 28 August 1976), showed significant changes from the second edition, which was dated 21 February 1976. LANDSAT coverage during March 1976 was taken in the high-gain mode which amplifies the radiometric signals from MSS bands 4 and 5 by a factor of three and thus provides more definitive radiometric information with respect to low-response features such as the shallow sea bottoms. The LANDSAT coverage showed that most of the underwater features in the Chagos area, except for those near islands, were improperly positioned by as much as 16 km, and an uncharted feature (Colvocoresses Reef) of considerable size was discovered. The depth to that reef, based on the LANDSAT radiometric response, was estimated by Colvocoresses, Martin and Polcyn (Colvocoresses, 1979) at a nominal 10 m. Fathometer transects made in January 1979 by the British Joint Service Chagos Research Expedition verified that estimate. Hammack (1977) has described DMAHC application of LANDSAT to the charting of the Chagos in considerable detail. As a result of that experience, DMAHC during 1978 requested coverage of most of the earth's shallow seas with LANDSAT in high-gain mode. This is a five-year programme aimed at the revision of nautical charts on a global basis. Also during 1978, DMAHC, in co-operation with USGS, undertook the production of an experimental chart based on the LANDSAT imagery. The area selected is in the Bahamas, and the experiment is a step towards the possible mapping of the shallow seas in image mode.

Thematic mapping

Thematic maps in many forms have been derived from LANDSAT data. USGS has demonstrated (Smith, 1973) that open water, vegetation (infra-red reflective), and snow and ice can be autographically isolated from LANDSAT imagery. NOAA applied that technique to their preparation of an open-water plate for an aeronautical chart at 1:500,000 scale (Wilson, 1974), and the same principle is used for the USGS Wenatchee map. Both international and national agencies throughout the world have produced numerous other thematic extractions based on both computer processing and human interpretation of LANDSAT data. Many of the thematic maps lack precision, but some approach map-accuracy standards and lend themselves to quantitative analysis and positional reference. The thematic mapping of changes requires precise register of temporal records (Ellefson, 1976; American Society of Photogrammetry, 1979) and is one of the more demanding tasks accomplished with LANDSAT data

Status of LANDSAT programme

As of March 1979, LANDSAT-2 and LANDSAT-3 were in orbit, and the recently acquired RBV data from LANDSAT-3 were becoming available to the user community. Since the RBVs have approximately three times higher resolution than the MSS (nine picture elements to one), and higher geometric fidelity, their imagery promises to have widespread cartographic application. Whereas the MSS imagery has demonstrated application at the 1:250,000 scale, RBV imagery promises to be applicable to scales as large as 1:100,000. The next in the LANDSAT series is D, which is scheduled for launch in 1981 and is described as follows:

Characteristics of LANDSAT-D

Orbit	
Altitude	700 to 730 km
Inclination	99 degrees
Time of imaging	9:30 a.m. (local sun time)
Repeat cycle	16 days
Ground coverage	185 km swath
Sensors	
Thematic mapper (TM)	0.45 to 0.52 μm
Visible	0.52 to 0.60 μm
	0.63 to 0.69 μm
Near IR	0.76 to 0.90 μm
Mid IR	1.55 to 1.75 μm
	2.08 to 2.35 μm
Thermal IR	10.4 to 12.5 μm

Multispectral scanner (MSS)	
Visible	0 5 to 0 6 μm
	0 6 to 0 7 μm
Near IR	0 7 to 0 8 μm
	0 8 to 1 1 μm
Spatial frequency (resolution)	
TM IFOV is 30 m (effective resolution element (ERE) of 35 m) except for thermal band—IFOV of 120 m (ERE of 140 m)	
MSS IFOV is 73 4 m (ERE of 86 m)	
Quantizing level (radiometric sensitivity)	
TM.	256 level (8 bits)
MSS	64 levels (6 bits)
Sampling frequency	
TM	1 time per IFOV (30 m)
MSS	1 3 times per IFOV (56 m)
Data rate	
TM.	85 Mb/s
MSS	15 Mb/s
Data transmission mode	
TM	Directional thru TDRSS[a] to White Sands. New Mexico
MSS	Direct to ground station or through TDRSS
Position and attitude control and determination—improved over LANDSAT-1, -2 and -3	
Expected products—computer compatible tapes and images at 1:500.000 (TM) and 1:1,000,000 (MSS) scales	

[a] Tracking and Data Relay Satellite System

Conclusion

LANDSAT, although an experimental programme, has provided cartographic data throughout the world of operational value. It has, in fact, demonstrated that earth sensing from space is justified, and if designed and managed as an operational programme, should be highly cost-effective. However, the problems associated with funding and managing such a programme are obviously complex and pose a real challenge in the field of international co-operation.

References

American Society of Photogrammetry Cover and description of cover photo. *Photogrammetric engineering and remote sensing*. 1977, p. 115

Batson, R M , K Edwards *and* E M Eliason Synthetic stereo and LANDSAT pictures Proceedings of the American Society of Photogrammetry, Phoenix, Arizona. 26-31 October 1975 pp 131-137

Bender L V. An algorithm for gridding satellite photographs Report No 135 of the Department of Geodetic Science. Ohio State University, p. 157 Columbus. Ohio, 1970

Bernstein, R All digital precision processing of ERTS image IBM final report to NASA, April 1975

Colvocoresses, A P Unique characteristics of ERTS. Symposium on Significant Results Obtained from ERTS NASA SP-327, vol I. Technical presentations, sect B: 1523-1525, 1973

———— Space oblique Mercator; a new map projection of the earth *Photogrammetric engineering* 40 No 8: 921-926 (August 1974)

———— Evaluation of the cartographic applications of ERTS-1 imagery. *The American cartographer* 2 No 1: 5-18. 1975

————. Depth determination of Colvocoresses Reef EC-68-LANDSAT United States Geologic Survey open-file report 79-726, 1979

Colvocoresses. A P. *and* R B. McEwen EROS cartographic progress *Photogrammetric engineering* 39 No 12: 1303-1309 (December 1973).

Derouchie. W F. *and* R B Forest Potential positioning accuracy of ERTS-1 MSS images Paper presented at the annual meeting of the American Society of Photogrammetry. St Louis. Missouri. 1974

Derouchie, W F MSS image data study Bendix, BRL project 4564. December 1975

Doyle, F J Cartographic applications of satellite imagery Commonwealth Survey Officers Conference, 1975 Paper No R4R, 1975

Ellefson, R A An evaluation of the feasibility of computer-aided processing of LANDSAT digital data to revise LUDA land-use maps. Unpublished 1976

Eliason, E M . L A Soderblom *and* P S. Chavez. Jr Simulating true color images of earth from ERTS data Proceedings of the American Society of Photogrammetry, Washington. D C , 9-14 March 1975 pp 785-788

Evans, W E Marking ERTS images with a small mirror reflector *Photogrammetric engineering* 40 No 6: 665-672 (June 1974)

Fisher, L T *and* F L Scarpace A versatile interactive graphics analysis program for multispectral data Proceedings of the American Society of Photogrammetry, Washington. D C , 9-14 March 1975 pp 601-612

Fleming, E A Positioning off-shore features with the aid of LANDSAT imagery Topographic Survey, Surveys and Mapping Branch, Department of Energy, Mines. and Resources, Ottawa 1976

Goetz, A *and* R J Blackwell Appplication of ERTS images and image processing to regional geologic problems and geologic mapping in northern Arizona JPL Technical report No 32-159, May 1975

Hammack, J C LANDSAT goes to sea. *Photogrammetric engineering and remote sensing* 43 No 6: 683-691 (June 1977)

Hooper, R M The mosaicking of ERTS-1 imagery on Albers' equal-area projection *The American cartographer* 1 No 1: 29-38, 1974

Kratky, V Cartographic accuracy of ERTS images *Photogrammetric engineering* 40 No 2: 203-212 (February 1974)

MacDonald, W R New space technology advances knowledge of the remote polar regions Third ERTS Symposium. NASA Proceedings. Paper W-3. 1973

McEwen, R B. RBV reseau coordinates for ERTS-1 Department of Commerce, National Technical Information Service. Springfield. Virginia, 16 October 1972

McEwen, R B *and* T A Asbeck Analytical triangulation with ERTS Proceedings of the American Society of Photogrammetry, Washington. D C , 9-14 March 1975 pp 490-503

McEwen, R B *and* J W Schoonmaker, Jr ERTS color image maps Presented at the American Society of Photogrammetry Fall Convention, September 1974

Mikhail, E. *and* J. Baker. Geometric aspects in digital analysis of multispectral scanner (MSS) data Presented at the annual meeting of the American Society of Photogrammetry. Washington. D C . 1973

National Aeronautics and Space Administration Earth resources technology satellite data users handbook NASA/Goddard Space Flight Center Document No 71S04249 Greenbelt. Maryland. 1971

———— LANDSAT data users handbook NASA/Goddard Space Flight Center Document No 76SDS4258 Greenbelt, Maryland, 2 September 1976

National Geographic Society Map supplement. *National geographic magazine* 148 No 1 (July 1976)

Pilonero, J T Photoimage maps from satellite imagery Presented at the Fall Convention of the American Society of Photogrammetry and the American Congress on Surveying and Mapping. Orlando. Florida, 1973

Polcyn, F C NASA/Cousteau ocean bathymetry experiment; summary of highlights Presented to NASA. 13 January 1976

Polcyn, F C , D R Lyzenga *and* W G Benjey. Water depth measurement using spaceborne sensors Report No 102100-9-L, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, Michigan June 1974

Rifman. S. Experimental study of digital image processing techniques for LANDSAT data TRW. June 1975

Rowland, J B The hotine oblique Mercator projection applied to LANDSAT mapping Unpublished paper, part of Memorandum for

the Record EC-50-LANDSAT by the Cartography Co-ordinator, EROS Program, United States Geological Survey 12 April 1977

Smith, D. G Autographic theme extraction system. Seventh United Nations Regional Cartographic Conference for Asia and the Far East, Tokyo, 15-27 October 1973, vol. II, Technical Papers (United Nations publication, Sales No E 74 I 25)

Snyder, J P. The space oblique Mercator projection *Photogrammetric engineering and remote sensing* 44 No 5: 585-596 (May 1978)

Southard, R. B. *and* W R MacDonald The cartographic and scientific application of ERTS-1 imagery in polar regions; earth survey problems, Berlin, Akademie-Verlag, 1974 p 373-386

St Clair, J H Advance in aerospace charting The changing world of geodetic science, vol II 1976

United States Geological Survey Worldwide index to LANDSAT coverage 1 ed 1975

Warren, A Mosaicking by photomechanical method Paper prepared for the Pan American Institute of Geography and History (PAIGH), Thirteenth Pan American Consultation on Cartography, Quito, 1977

Wilson, J F Letter to Colvocoresses on procedure used to extract water plate from LANDSAT for aeronautical charts, National Ocean Survey 1 November 1974

World Bank. LANDSAT index atlas of the developing countries of the world 1976

TECHNOLOGY OF IMAGE MAPPING IN THE UNITED STATES OF AMERICA*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

La communauté cartographique s'intéresse vivement aux progrès réalisés dans l'établissement de photocartes à partir de photographies aériennes et d'images obtenues par satellite. Le document retrace l'historique et fait le point des connaissances, tant sur le plan des instruments que sur le plan des techniques d'établissement d'orthophotocartes au Service géologique des Etats-Unis d'Amérique et au Service cartographique pour la défense.

L'orthophotographie est devenue un outil des cartographes depuis que le Service géologique des Etats-Unis a mis au point l'orthophotoscope en 1955. Le perfectionnement du matériel et des méthodes réalisé depuis lors permet au cartographe d'établir rapidement des photocartes exactes à partir de photographies aériennes.

Le lancement de LANDSAT-1, en 1972, a été le point de départ d'une nouvelle technique d'établissement des cartes à partir des images obtenues par satellite. Il a fallu pour cela mettre au point des procédés nouveaux de photogrammétrie automatisée, d'assemblage photomécanique et de chromolithographie. Ces progrès ont à leur tour débouché sur de nouveaux progrès dans les techniques cartographiques traditionnelles, progrès qui sont examinés dans le rapport en même temps que des exemples de matériel, de techniques et de produits.

RESUMEN

Los nuevos progresos en la confección de mapas basados en imágenes a partir de fotografías aéreas e imágenes de satélites son un estímulo para la comunidad cartográfica. En el documento se describe la evolución y la tecnología actual de la instrumentación y las técnicas para la ortofotoproducción dentro de la Dirección de Levantamientos Geológicos de los Estados Unidos de América y el Organismo Cartográfico de Defensa de los Estados Unidos.

La obtención de imágenes ortofotográficas pasó a ser otra herramienta cartográfica cuando la Dirección de Levantamientos Geológicos de los Estados Unidos inventó el ortofotoscopio en 1955. Progresos posteriores en equipo y metodología permiten a los cartógrafos elaborar rápidamente mapas exactos basados en imágenes a partir de fotografías aéreas.

Con el lanzamiento del LANDSAT-1 en 1972 apareció una nueva tecnología en la cartografía basada en imágenes obtenidas mediante satélites. La confección de mapas basados en las imágenes obtenidas mediante satélites requirió la elaboración de procedimientos innovadores en fotogrametría computacional, confección fotomecánica de mosaicos de película y litrografía en colores. Estos progresos a su vez condujeron a varios nuevos adelantos en la tecnología cartográfica tradicional, que se examinan en el documento junto con ejemplos concretos de equipo, técnicas y productos.

INTRODUCTION

Twenty-five years ago image-base mapping was practically non-existent. Today the entire cartographic community is being stimulated by new developments in the production of maps from aerial photographs and from satellite images.

In general, the preparation of image maps requires acquisition of imagery; establishment of ground control; aerotriangulation to extend control and relate it to the imagery; rectification; photomechanical mosaicking; and lithographic reproduction. Significant technological advances have been made in several of these areas.

Technicians skilled in the lithographic reproduction of conventional line maps are gaining expertise in the technology of continuous-tone photography and photomechanical film mosaicking. The production of high-quality image maps requires a knowledge of photographic techniques for controlling image density and contrast and for preserving image resolution through numerous lithographic reproductions. Instruments for differential rectification are constantly being improved by the addition of more rigid mechanical components and optical systems with higher resolution. In addition, the increased demand for cartographic data in digital form has led to the development of sophisticated automatic instruments capable of producing ortho photos simultaneously with digital terrain data and contour plots of complex high-relief areas.

* The original text of this paper, prepared by Sheila E. Martin, United States Geological Survey, appeared as document E/CONF.71/L. 14

In the United States image maps are increasingly important for thematic mapping and map revision and have proven to be a cost-effective technique for providing coverage of unmapped areas. Instrumentation and techniques used for ortho photoproduction and image mapping in the United States Geological Survey (USGS) and the Defense Mapping Agency (DMA) are described below.

History of Orthophotography

For years attempts to make accurate measurements on aerial photographs were hindered by distortions caused by camera tilt and terrain relief. The problem of tilt was solved around the turn of the century by Theodore Scheimpflug, an Austrian who originated the theory of perspective transformation and developed the Photoperspectograph. That instrument optically rectified photos to a uniform scale by compensating for the tilt of the camera axis at the instant of exposure. Through Scheimpflug's efforts, the accurate mapping of relatively flat terrain was made possible.

The problem of removing image displacements due to changes in terrain relief, the process of differential rectification, was not solved until the 1950s. Mechanical devices for differential rectification, such as the Gallus-Ferber Photorestitutor developed in the early 1930s, achieved limited success but were not economical.

The major breakthrough in orthophotography came in 1955 when Russell K. Bean of USGS expanded Ferber's principles and developed the first practical differential rectifier—the Orthophotoscope. A slit on the Orthophotoscope scans the stereo-model and simultaneously exposes film, which is raised or lowered to follow the ground profile. When scanning is complete, the film is developed as an orthonegative from which orthophotos are printed.

Many differential rectifiers in use today still utilize the direct projection principle of Ferber and Bean, but others are based on totally different concepts. Refinements have been made to control exposure, eliminate scan lines, accommodate steeper terrain, and digitize and record elevation data. Electronic image correlation devices that automatically scan stereo-pairs of photos and expose orthonegatives are now in use. Electronic correlators automatically clear parallax to such a degree that planimetric and orthophoto data can be produced with minimal operator intervention.

Advanced Orthophotomapping Techniques

Defense Mapping Agency

Military units of the United States often need great quantities of maps quickly, and this need has been responsible for many of the technological advances in automated electronic/analytical orthophotomapping. Notable among these are three systems currently in use at DMA: the Universal Automatic Map Compilation Equipment (UNAMACE); the Off-line Orthophoto System (OLOPS); and the Replacement of Photographic Imagery Equipment (RPIE).

The UNAMACE is an automated stereo-compilation system consisting of four identical scanning tables, cathode ray tube (CRT) light sources, photomultipliers for electronic image transfer, a control console, and a digital computer. The computer centres synchronous electronic scans on small conjugate areas of a stereo-model according to given geographical positions and an estimated altitude. Electronic correlators determine elevations for the next point in the profiling sequence. Orthophotos and dropline altitude charts of computed elevations are exposed simultaneously on the scanning tables during compilation.

Two UNAMACE scanning tables are now used at DMA with the OLOPS, another automated scanning and printing system capable of operating in two modes to produce orthophotos. In one mode, correlation is used to rectify the photos to correct image displacements caused from both relief and photo tilts. In the other mode, the photo is rectified to correct the image displacements for photo tilt only. The analytical printer, based on the concept of an analytical plotter, has a fixed optical system and a narrow field of view. It operates off line, requiring as input camera parameters, orientation data, and digital elevation profiles. The computer generates model-to-photo transformation parameters and the necessary signals for optical transformation and film carriage motions (1).†

Unlike the OLOPS and UNAMACE systems, the RPIE is a direct-optical scan-and-print system with rectification and orthophotoproduction capabilities. The RPIE orthoprinter operates at higher speeds using a laser to produce high-resolution orthophotos with image quality approaching that of a high-definition aerial photo. The RPIE scans a low-resolution orthophoto simultaneously with a high-resolution uncontrolled image of the same area. Image correlation is automatic, and a high-resolution orthophoto results.

In general, automatic orthophoto systems based on the direct optical transmission of imagery, such as the RPIE, produce high-quality, high-resolution orthophotos. Systems based on electronic image transfer (UNAMACE and OLOPS) use CRT flying-spot scanners and analog video processing, which provide rapid changes in magnification and scan shape resulting in fast printing speeds. However, these systems produce relatively low-resolution orthophotos having limited contrast and density range because of electronic noise (2).

United States Geological Survey

Orthophotoproduction and the acquisition of cartographic data in digital form are major activities in the National Mapping Program. The increasing demands for orthophotos, contour graphics, and digital terrain data led USGS to enter the field of automated orthophotomapping in 1976 by acquiring the Canadian-developed Gestalt Photo Mapper II (GPM 2).

The GPM 2 consists of four stages (two input scanners and two output printers), a control console, a correlator, and a control computer. Light transmitted through a stereo-model by a CRT is converted to an electric video signal that is sent to the other GPM 2 sub-systems; electronic circuitry controlling the video system and scanning rasters permits the scanned images to be linearly scaled, rotated, and translated. Orthonegatives are produced concurrently with digital elevation models and contour graphics by systematic patch-by-patch differential rectification. Input needed are camera constants, orientation parameters, and parallaxes measured by the correlator (3).

† Numbers in parentheses are keyed to the reference list.

Modifications in hardware, software, and production techniques are constantly being made to prepare orthophotos more efficiently from GPM 2 orthonegatives. A precision film punch has been designed to aid in the photomechanical mosaicking of the orthonegatives at model scale. Mosaicked orthonegatives at 1:80,000 scale are brought to 1:24,000 publication scale on a fixed enlarger designed specifically to handle GPM 2 output. Future modifications to GPM 2 software will include algorithms for double-model printing to eliminate the mosaicking process and thus increase the production rate.

In addition to the GPM 2, several other instruments at USGS produce orthophotos and related products. Although the older, manually operated instruments such as the T-64 Orthophotoscope have been modified for more efficient operation, their use in current orthophotoproduction is minimal. To meet the increasing demand for the production of digital terrain data along with orthophotos, USGS designed and developed the Digital Profile Recording and Output System (DPROS), which permits the manual production of digital profile data and subsequent automatic exposure of orthonegatives (4). With that system, a stereo-plotter is used to produce digital terrain profile data on magnetic tape. Photos are then scanned off line on a high-resolution Zeiss GZ-1 Orthoprojector, automatically controlled by the magnetic tape data on a playback system to produce 1:24,000 publication-scale orthonegatives. The prototype DPROS developed in 1974 used a Zeiss Stereoplanigraph C5 for profiling, but the electronic elements that monitor and control the profiling and exposing operations have now been developed with sufficient flexibility to accommodate several other types of stereo-plotters. The major advantage to DPROS is the creation of permanent digital records of terrain profiles suitable for the subsequent production of contours, slope maps, and orthophotos from new aerial photographs.

Another advanced orthophoto system at USGS is the Wild Avioplan OR-1, a direct-optical printer (5). Although the OR-1 can operate on line, it is used at USGS in an off-line mode to produce orthophotos either from digital terrain data tapes generated on modified Wild B8 stereo-plotters or from tapes generated on a variety of other systems and reformatted by OR-1 minicomputer software. Like DPROS, the OR-1 system produces an orthophoto of an entire 9- × 9-inch aerial photo without mosaicking. The OR-1 is a versatile orthophoto system that permits great flexibility in data acquisition, has a high scanning speed that is productively competitive with electronic systems for fast orthophoto output, and has slope correction capabilities that virtually eliminate image breaks, thereby increasing accuracy.

Image maps from satellite data

Soon after LANDSAT-1 was launched in 1972 USGS began experiments on making colour image maps from satellite scanner data (6). Prior to satellite image mapping, colour composites of multispectral images were used primarily as research tools for the interpretation of earth resources. The composites were produced by combining the colour images through additive projection techniques and preparing photographic prints from the colour display. However, USGS has shown that composites of multispectral images also have great cartographic value, and through the use of subtractive colour techniques, they can be lithographed to produce useful image-base maps.

The maps are prepared from imagery recorded by the LANDSAT multispectral scanner (MSS), a system that produces images exposed in four different spectral bands for each recorded scene. The 1:3,360,000-scale MSS images are precisely restituted to ground-control points at scales ranging from 1:100,000 to 1:250,000, combined, and lithographed in colour-infra-red renditions.

The production of satellite image maps required the development of innovative procedures in computational photogrammetry, photomechanical film mosaicking, and colour lithography. The techniques developed in photomechanical film mosaicking were especially significant, and have now replaced the standard paper-print mosaicking method used at USGS for orthophotomapping.

Photomechanical film mosaicking

Until the early 1970s the standard method for preparing mosaics of aerial photographs involved compositing paper-print images. In 1973 USGS began experimenting with the lithographic production of colour image maps from LANDSAT images, which required the use of a different method of mosaicking—photomechanical film mosaicking. Mosaics made from colour paper prints create many problems in lithographic production. Images of different spectral bands must be combined to produce a photographic print and then colour-separated after mosaicking to form the printing plates; both steps cause degradation in resolution. A further drawback to the colour print mosaic, especially for mapping purposes, is the limiting size of colour photographic materials—usually 100 × 100 cm—which limits most LANDSAT mosaics to a scale no larger than 1:1,000,000 if more than two or three images are involved. Most problems with paper-print mosaics can be lessened or eliminated by photomechanical mosaicking with continuous-tone, stable-base transparent film. Experience has shown that film retains better resolution than paper, has greater density range and sensitivity and is geometrically more stable, resulting in mosaicked imagery that has little distortion.

Images are scaled and fitted to a control base sheet, and overlap densities are matched by varying exposure and processing times. However, the key to successful film mosaicking is the masking process. Masks are constructed on separate carrier sheets so that the exposing light bleeds across the edges of the images to be joined and thus eliminates the characteristic mosaic line between them that usually results from the standard mosaic process (7).

In colour printing, a mosaic is made for each colour separation—yellow, magenta, cyan, and black. Images for magenta printing are assembled on carrier sheets, masked, and processed first. Using the magenta mosaic as a control sheet, images for yellow printing are assembled and fitted to detail on the magenta mosaic. This same procedure is followed for the cyan and black mosaics. Only one set of masks is required for this entire process. When assembling multiple-image mosaics, the masking procedure becomes increasingly more difficult because no two adjoining images can be assembled on the same carrier sheet. Careful planning is required to assemble images properly.

Photomechanical mosaicking has proven so successful at USGS that it has replaced the paper-print method in the production of all lithographed image-base maps that require the mosaicking of aerial or satellite images.

Thematic mapping techniques

Over the past few years USGS has been exploring the thematic mapping potential of small-scale multispectral imagery obtained from satellite data. Experimental 1:250,000-scale thematic maps have been produced by isolating and extracting themes of open water, vegetation, cultural features, and shaded relief. Theme extraction is a process of reducing image content, either electronically or photographically, to make selected information more visible. Digital techniques can isolate and extract selected information directly from a portion of the dynamic density range (density-slicing); photographic techniques extract the selected information by "pinching in" on both sides of the dynamic range (density-clipping) until only the region of interest remains (8). Although digital approaches to thematic extraction yield impressive results, photographic techniques at present still offer the most promise for efficient, economical extraction of thematic data with maximum geometric accuracy—a prime requisite for cartographic thematic extraction.

The most effective materials for photographic theme extraction are multispectral images acquired in narrow visible and near-infra-red wavebands of the electromagnetic spectrum. Extractions are performed more efficiently after the images are enlarged to publication scale and mosaicked. To extract thematic information, two photographic techniques are employed; density clipping and image subtraction. In image subtraction, a density-clipped image is precisely registered with the original continuous-tone image and exposed to subtract unwanted information from the resultant negative. The negative is then used as an open-window mask.

Open-window masks of selected themes can be composited with bands of different wavelengths to differentiate theme data further and produce additional extractions. For instance, densities in a vegetation theme can be expanded or compacted into subdivisions to distinguish forest from field, trees from grass, and evergreens from deciduous trees. The most difficult task in photographic theme extraction is relating the base densities of images to the radiance of laboratory exposure lights so that processing of successive temporal scenes can be standardized. Thematic extractions provide excellent colour-separation plates for image-base maps and are ideal sources for theme area measurements, making them valuable tools for land use and other resource studies.

Colour image maps from black-and-white film

USGS recently developed an innovative technique for lithographically producing 1:24,000-scale colour image maps by combining and assigning colours to two spectral bands of black-and-white aerial film (9). The technique is based on one developed by USGS to produce small-scale colour image maps from two or more bands of MSS imagery. Black-and-white panchromatic and infra-red aerial films, filtered to have spectral responses similar to MSS bands 5 and 7, respectively, are simultaneously exposed at 12,000 m in two synchronized mapping cameras. The two images are rectified, scaled to 1:24,000, and precisely registered. The resulting orthonegatives are then halftone screened for various combinations of yellow, magenta, cyan, and black, and subsequently combined and printed in either simulated natural-colour or simulated colour-infra-red renditions.

The main advantage to this technique is that all processing uses the same equipment and procedures used in standard black-and-white orthophotoproduction. Colour is not introduced until the lithographic stage, when the two black-and-white images are combined and printed in different process inks. For this reason, the final colour image map exhibits the good resolution of an equivalent black-and-white orthophoto.

The production of colour image maps from colour aerial photographs might seem logical, but has heretofore been limited because standard photogrammetric systems are not usually designed to produce colour imagery. However, the OR-1 is capable of producing high-quality color orthophotos, and USGS is currently investigating rectification and colour-separation techniques for possible future production of colour orthophotos from conventional colour and colour-infra-red aerial films.

Advances in lithography

Standard lithographic materials and techniques for printing conventional line maps are not entirely suitable for the lithographic production of high-quality continuous-tone images. Even fine halftone screens that are used to break the continuous-tone image into uniform dot patterns tend to obscure linear features, alter tonal ranges, and occasionally create objectionable moiré interference patterns. The interference problem is aggravated in the screening of computer-enhanced satellite imagery characterized by regular pixel structures. Two printing techniques can minimize or eliminate these problems: the random-dot screening process; and the screenless process.

In the early 1950s the Eastman Kodak Company developed the Tone-Line process for converting a continuous-tone image into chemically etched lines, or, using a slightly different procedure, a random-dot image. DMA first recognized the cartographic applications of random-dot imagery and developed the Pictotone process based on Kodak's technique. Pictotone involves first making a dense negative of the orthophoto, then making a positive mask from the negative and registering the two together. An exposure is made directly through the negative-positive combination onto high-contrast lithographic film. The resulting low-contrast positive has a fine random-dot texture that carries the complete tonal range and detail of the original image. USGS modified the Pictotone process by using developers that accelerated grain formation in the copy-camera negative and reduced the number of processing steps involved. This modification produced a significant gain in image quality and a higher-contrast dot pattern that was easier to transfer to the press plates. The USGS Image-Tone process was used for some time for the production of orthophotomaps.

Random-dot patterns can also be generated by photolysis, the reduction of silver halide to free silver grains by light. A matte film is exposed through a continuous-tone negative; the larger silver halide grains are exposed, and voids are left where smaller, unexposed grains remain. Since silver halide grains are randomly distributed in the emulsion, random dots are formed. Only two steps are involved in this approach: preparing a low-contrast positive from the aerial negative by photolysis (eliminating the positive-negative mask of the Image-Tone pro-

cess); and printing the low-contrast positive onto high-contrast lithographic film to form the random-dot image (10).

The random-dot printing techniques tested by USGS were not found to be practical on a production basis, primarily because of the strict quality controls required, particularly in colour printing. It is difficult to establish density tolerances in reproduction films which would insure that unavoidable variations of tonal quality in the original photograph could be compensated for on the press. Care must be taken in processing the press plates; overexposure will not only darken the colours but will also cause loss of image detail. In printing, the inks must print at nearly equal density so that colours created by combined inks will remain true and subtle colour distinctions will be preserved. Registering random-dot images is also difficult; conventional screens form a background pattern that is visible on close examination, but no such pattern is formed by random-dot screens, and the image will blur if not superimposed exactly (11).

As an alternative to random-dot printing, USGS is now experimenting with screenless continuous-tone lithography. Conventional screening and separation techniques are bypassed by going directly from continuous-tone reproduction negatives to polymer-coated press plates. Although strict quality controls are still required, screenless printing offers several benefits: elimination of screening operations; improved resolution of image detail; reproduction of pale and subtle tones; and the reproduction of combined line and tone subjects.

Conclusion

Over the past 20 years United States Government mapping agencies have developed computer-controlled mapping systems for the rapid production of orthophotos concurrently with permanent records of digital terrain data. Image-base maps are being prepared from orthophotos and satellite imagery at a wide variety of scales. Innovative techniques developed for satellite image mapping, such as photomechanical film mosaicking, have been adopted as standard mapping procedures. Finally, the introduction of colour into image-base maps at the printing stage has brought about significant advances in traditional lithographic technology.

References

1. Scarano, F. *and* A. Jeric, "Off-line orthophoto printer", *Photogrammetric engineering and remote sensing*, XLI No. 8: 979-991, 1975.
2. Bybee, J. E., W. E. Chapelle *and* J. M. White, "The RPIE orthophotoprinter", paper prepared for the Thirteenth Congress of the International Society of Photogrammetry, Helsinki, 11-23 July 1976.
3. Brunson, E. B., "Operational use of the Gestalt photo mapper II", Technical report of the Office of Research and Technical Standards, Topographic Division, United States Geological Survey, 1977.
4. Lemeshewsky, G. P. *and* A. R. Shope, "Digital profile recording and output system", Technical report of the Office of Research and Technical Standards, Topographic Division, United States Geological Survey, 1977.
5. Stewardson, P. B., "The Wild avioplan OR1 orthophotosystem", paper prepared for the Thirteenth Congress of the International Society of Photogrammetry, Helsinki, 11-23 July 1976.
6. McEwen, R. B. *and* J. W. Schoonmaker, Jr., "ERTS color image maps", *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 41 No. 4: 479-489, 1975.
7. Warren, A., "Mosaicking by photomechanical method", paper prepared for the Pan American Institute of Geography and History (PAIGH), Thirteenth Pan American Consultation on Cartography, Quito, 1977.
8. Smith, D. G. *and* A. Warren, "Thematic processing via photographic technology", paper presented at the Forty-second Annual Meeting of the American Society of Photogrammetry and the American Congress on Surveying and Mapping, Washington, D.C., 1976.
9. Martin, S. E., "Color image maps produced from black-and-white aerial photographs", United States Geological Survey open-file report 79-680, 1979, p. 18.
10. Kirsher, W. K. *and* J. H. Fairaizl, "Photolysis in production of random-dot images", United States Geological Survey open-file report 73-102, 1973, pp. 20-22.
11. Scott, C. A., "Orthophotomapping as an aid in geology", Proceedings of the Twenty-fourth International Conference on Geology, 1972.

JOINT TOPOGRAPHIC/BATHYMETRIC MAPPING IN THE UNITED STATES OF AMERICA*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

Plus que jamais, les Etats-Unis d'Amérique consacrent leurs capacités scientifiques et techniques à mettre en valeur les ressources naturelles de l'océan et à trouver les moyens de les préserver ou de réduire l'effet des activités menées au large des côtes sur les Etats du littoral.

Le principal moyen de réaliser cet objectif est d'appliquer les compétences et les techniques d'établissement de cartes marines et topographiques que possèdent les Etats-Unis pour produire des cartes topographiques bathymétriques détaillées des zones côtières américaines. Ayant prévu qu'on aurait besoin de ces cartes, la National Ocean Survey (NOS) de l'Administration nationale de l'océan et de l'atmosphère et le Service géologique des

RESUMEN

Más que nunca, los Estados Unidos de América están concentrando sus capacidades científicas y de ingeniería en aprovechar los recursos naturales de los océanos y encontrar medios de preservar o reducir los efectos de estas actividades realizadas frente a las costas sobre sus Estados costeros.

La clave para lograr este objetivo es la aplicación de las aptitudes y técnicas cartográficas marinas y topográficas de los Estados Unidos para confeccionar mapas topográficos/batimétricos detallados de su zona costera. Habiendo previsto la necesidad de esos mapas, la Dirección Nacional de Levantamientos Oceánicos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica y la Dirección de Levantamientos Geológicos convinieron en elaborar conjuntamente la nueva serie de mapas para los programas de aprovechamiento de recursos de la zona costera y frente a las costas de los Estados Unidos.

* The original text of this paper, prepared by Norman E. Banks, National Ocean Survey, and Paul A. Antill, Topographic Division, United States Geological Survey, appeared as document E/CONF.71/L.15.

Etats-Unis (USGS) sont convenus de produire en commun la nouvelle série de cartes de la zone côtière des Etats-Unis et d'établir ensemble des programmes de mise en valeur des ressources situées au large des côtes.

La raison pour laquelle ces deux organismes entreprennent cette tâche importante est que la NOS est chargée de l'établissement des cartes marines et des cartes bathymétriques des eaux territoriales des Etats-Unis et de leurs possessions, et que l'USGS est chargé de l'établissement des cartes topographiques des Etats-Unis et de leurs possessions. Il était donc normal que ces deux organismes mettent en commun leurs compétences cartographiques pour produire cette série exceptionnelle de cartes topographiques/bathymétriques au 1/24 000, au 1/100 000 et au 1/250 000, cartes qu'on appelle communément aujourd'hui des cartes "topo/bathymétriques".

Dans le document, on examinera brièvement les activités qu'on a menées et qu'on mène au titre du programme, l'objectif visé, et les méthodes et procédés cartographiques utilisés pour établir les cartes.

¿Por qué emprenden estos dos organismos esta tarea importante? La Dirección Nacional de Levantamientos Oceánicos está encargada de elaborar cartas de navegación y mapas batimétricos de las aguas de los Estados Unidos y de sus posesiones, y la Dirección de Levantamientos Geológicos está encargada de confeccionar los mapas topográficos de los Estados Unidos y de sus posesiones. No era sino natural que estos dos organismos unieran sus capacidades cartográficas y de preparación de cartas para producir esta serie única de mapas topográficos/batimétricos en escalas 1:24 000, 1:100.000 y 1:250 000, denominados hoy comúnmente los mapas "topo/bati".

En el documento se examinarán brevemente las actividades pasadas y presentes del programa, la finalidad de los productos y los procedimientos y métodos cartográficos utilizados en su elaboración.

Introduction

In the early 1970s officials of the United States National Ocean Survey (NOS) and the United States Geological Survey (USGS) perceived the need for an NOS/USGS joint topographic/bathymetric (topo/bathy) mapping programme. They realized that coastal and off-shore activities of every conceivable nature would constantly increase, and that both agencies possessed a unique and vast amount of information and charting and mapping expertise to foster an orderly development of that new United States frontier.

The large volume of high-quality NOS oceanic and USGS topographic data included systematic tide-co-ordinated hydrographic and photogrammetric surveys conducted for the production of NOS nautical charts. Such surveys are based on a "mean" value determined from continuous tide-gauge readings that are recorded over an extended period and, therefore, provide an accurate portrayal and configuration of the bathymetry and shore line at the time of the survey. USGS topographic sources include thousands of controlled aerial photographs and other cartographic sources for compiling and updating the topography on their maps. Most of all, USGS had the National Mapping Program, which includes the 1:24,000, 1:100,000, and 1:250,000-scale topographic map series, and it was determined that those maps would be highly suitable for producing the topo/bathy maps. The three different-scale map series made it possible to provide users with maps that best meet their immediate needs and to get the topo/bathy programme under way with little delay, because the bases were readily available. Moreover, the marriage of NOS bathymetry and USGS topography presented no real cartographic problems—in fact, it was a natural choice to unite the data of the two agencies into a single product.

Under the joint NOS/USGS agreement, it is the responsibility of NOS to compile the shore line and bathymetry and provide them to USGS in manuscript of reproducible form at the scale of the final topo/bathy maps. USGS prepares the bathymetry for reproduction on their 1:24,000, 1:100,000, or 1:250,000-scale topographic maps and publishes the final topo/bathy maps for public distribution. On the surface this may appear to be a simple operation, but close co-ordination in developing production schedules and refining operational procedure is constantly taking place between the two agencies. This type of management has melded certain aspects of the two agencies' technical and administrative groups into one cohesive operating unit during the past four years.

Initial programme

The initial joint effort began in 1975 with the production of two experimental topo/bathy maps: the 1:250,000-scale Beaufort, North Carolina, quadrangle covering approximately 8,288 km² of water, and the 1:24,000-scale Fort Pierce, Florida, 7.5-minute quadrangle. The Florida map was produced in three companion editions (topo/bathy, orthophotoquad/bathymetric, and orthophotomap/bathymetric), and depicts nearly 132 km² of land area and 39 km² of water area.

The primary objectives in the production of those two experimental maps were to determine the effort required to prepare the maps to elicit map-user reaction to the combined product and determine where such maps are required. Results indicated that the data could be combined with little difficulty, that users preferred the combined product to two separate maps, and that coastal zone managers and environmentalists had an immediate need for such maps.

The general consensus of the user evaluations pointed out that to deal effectively with the complex environmental, scientific, engineering, and regulatory problems presented by the coastal zone and off-shore energy exploration programmes, a single map series showing the overall physical environment was needed, and the topo/bathy maps were the answer.

With that endorsement, NOS and USGS made plans to increase the number of units to be produced over the next several years, with the intent that topo/bathy maps would be prepared to cover the entire United States coastal area.

Programme expansion

The programme was expanded in 1976 and 1977 by 16 1:250,000-scale maps, including a co-operative mapping

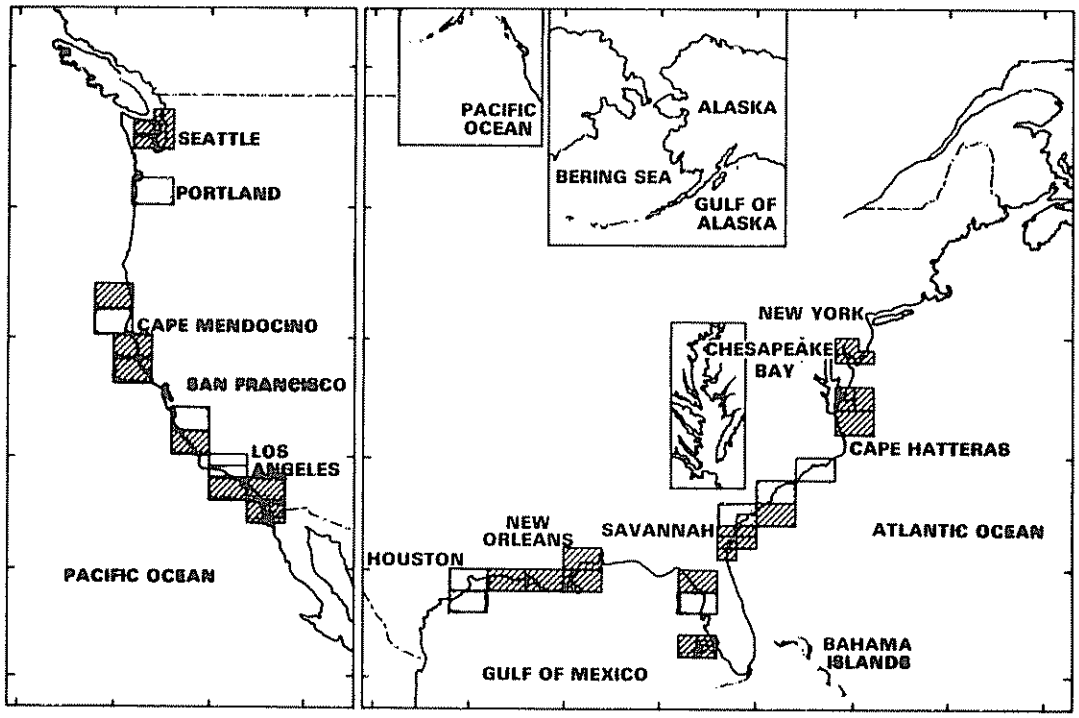


Figure 57. United States of America: topographic/bathymetric maps

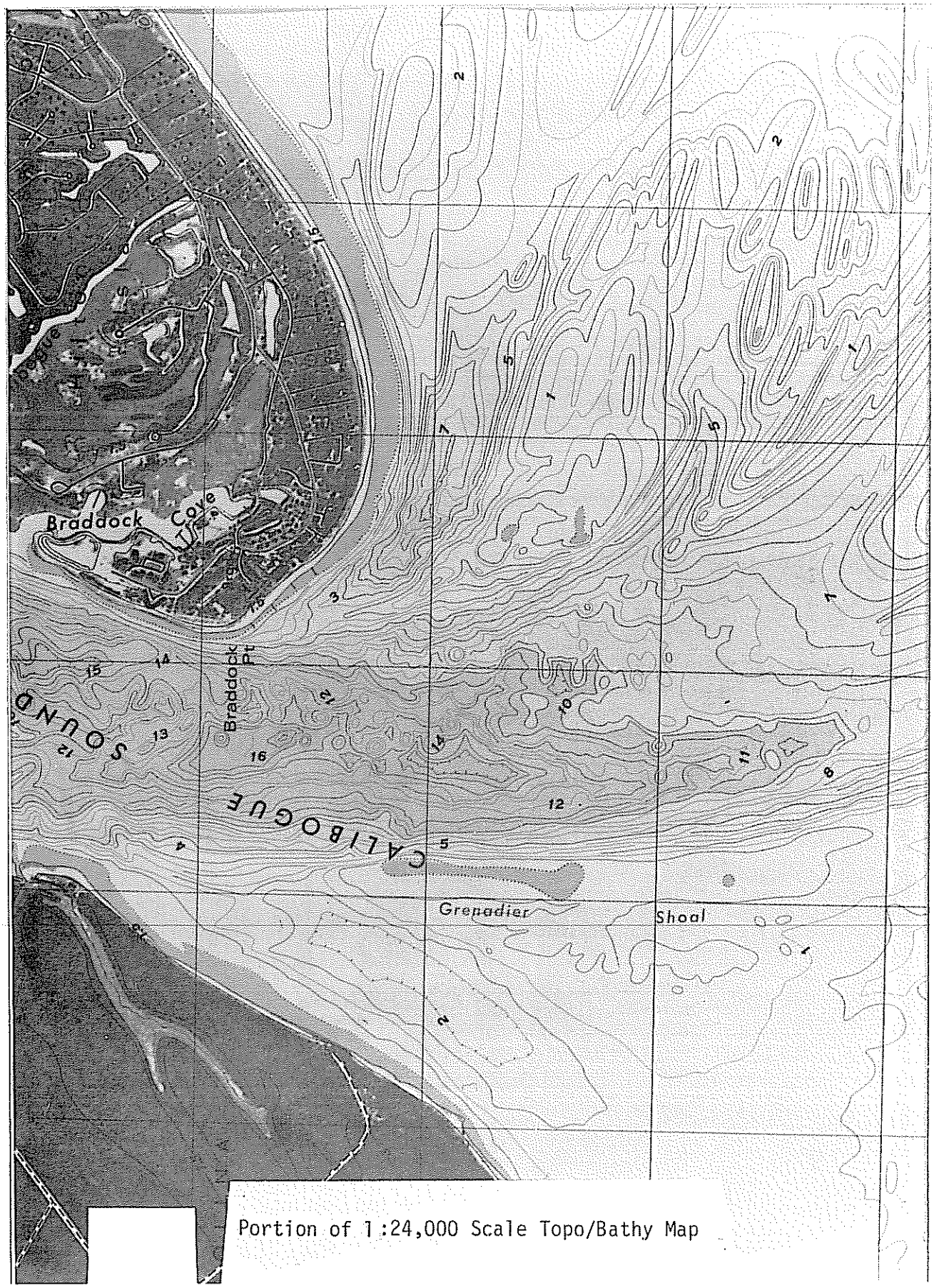


Figure 58. United States of America portion of 1:24,000-scale topographic/bathymetric map

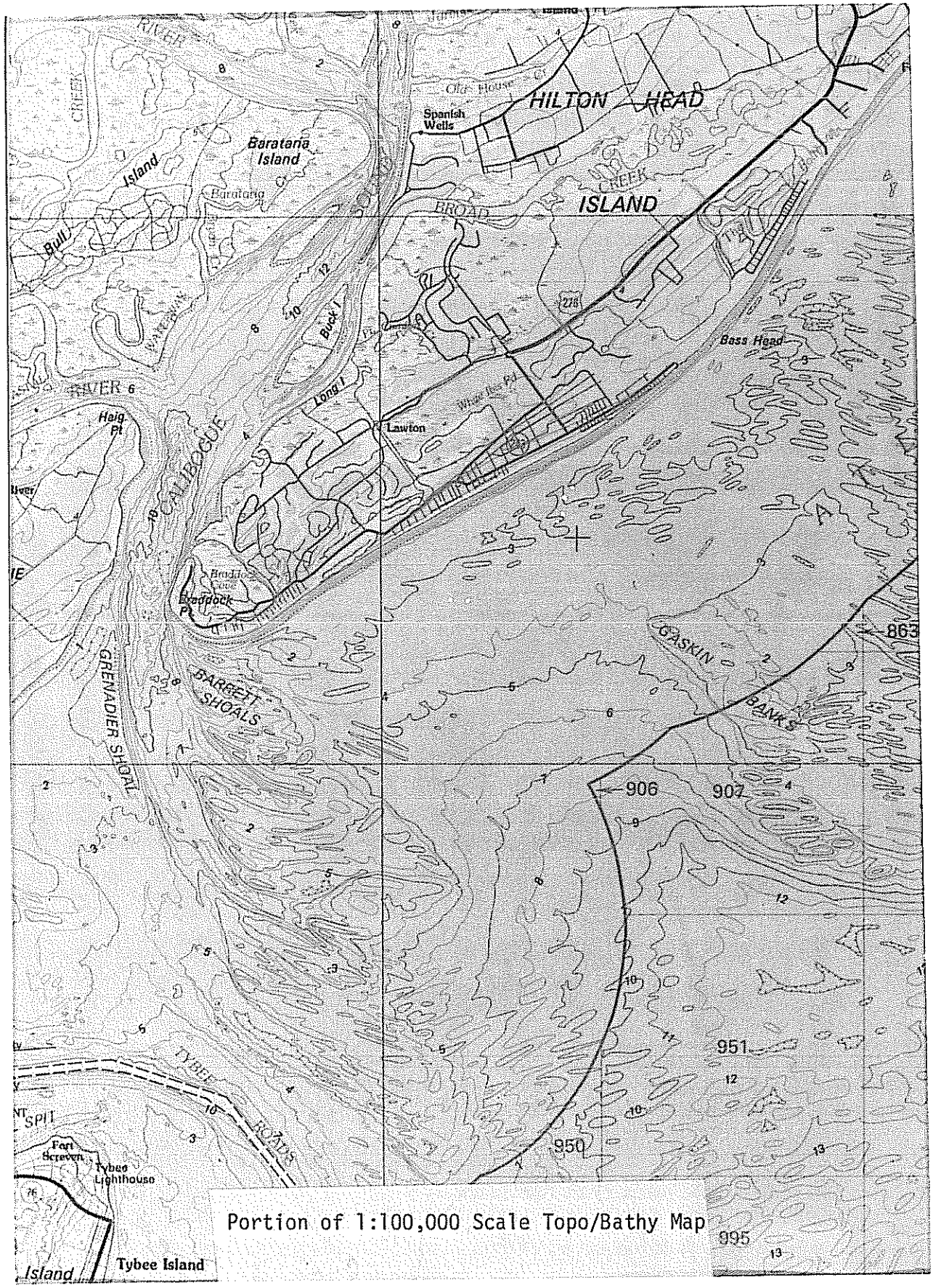


Figure 59. United States of America portion of 1:100,000-scale topographic/bathymetric map

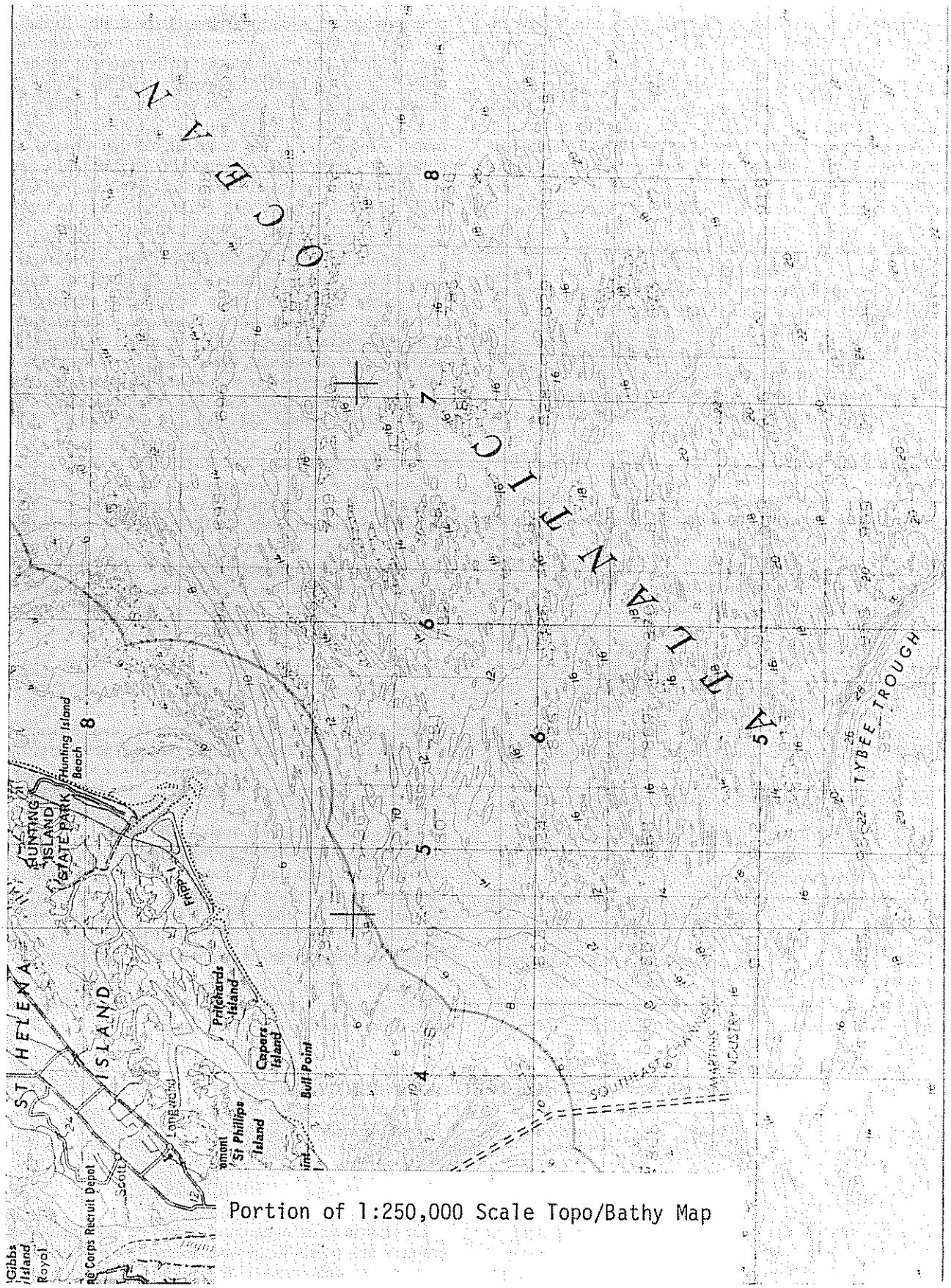


Figure 60. United States of America: portion of 1:250,000-scale topographic/bathymetric map

programme with the State of Georgia. The programme included 29 7.5-minute quadrangle maps at 1:24,000-scale and 5 1:100,000-scale (30 × 60 minutes) quadrangle maps that will provide complete topo/bathy coverage of the State. The 7.5-minute quadrangle maps at 1:24,000 scale are being prepared as metric orthophotomaps (an orthographic photo base enhanced by colour, planimetric information and contours) with metric bathymetric contours (1-metre intervals, supplemented by one-half-metre contours). The all-metric 1:100,000-scale quadrangle map series is a new product of the USGS National Mapping Program, and is meant to fill the void between the 1:24,000 and 1:250,000-scale map series. That concentrated topo/bathy effort is providing multiscale coverage of the Georgia coastal area. More importantly, the availability of those maps in that and other areas will serve to further develop environmental assessment plans to counteract the impact on the coastal area of off-shore drilling and other marine resource development operations.

In 1978 another 31 maps were added to the programme; 12 maps are at 1:250,000 scale, 4 are at 1:100,000 scale, and 15 are at 1:24,000 scale (Puget Sound area, Washington). Those later maps can serve as a planning base for coastal zone managers for developing action plans to counter oil spills that may occur as the result of increased tanker traffic in the Sound, and to perform other environmental assessment studies of the area.

The NOS and USGS have increased the 1979 topo/bathy map programme by 105 maps. This acceleration in production is the result of a recently completed user's study and an increase in programme funds by the United States Congress. Under the 1979 programme, 64 1:24,000, 36 1:100,000, and 5 1:250,000-scale maps covering Apalachicola, Florida, and portions of the Louisiana and Texas coastal regions will also be covered by 1:100,000-scale maps. On the east coast of the United States, 1:24,000-scale topo/bathy maps will be produced of the Potomac River Estuary to support a water resources programme of the USGS. In addition, complete 1:250,000-scale coverage of the Chesapeake Bay will also be produced.

To date, 17 topo/bathy maps have been published: 4 1:24,000 and 1 1:100,000-scale maps of the Georgia coastal area, and 12 1:250,000-scale maps covering different regions of the east, west, and Gulf coasts. There are also plans to publish approximately 50 topo/bathy maps over the next 18 months, at various scales.

The goal of the joint NOS/USGS topo/bathy programme is to produce as clear and complete a multipurpose product as is cartographically possible. To that end, the two agencies supplemented their production guidelines in early 1977 to include the Department of the Interior's Bureau of Land Management (BLM) Outer Continental Shelf (OCS) lease/sale protraction diagrams (lease blocks) on all 1:250,000 and 1:100,000-scale topo/bathy maps. At that time, the lease blocks are printed on 12 published topo/bathy maps—11 1:250,000 and 1 1:100,000-scale maps. It is in that spirit that USGS and NOS have co-operated with BLM and others to make the topo/bathy maps a significant multi-use product.

It cannot be overemphasized that those three series of maps, which combine land and water data, are multipurpose. They contain the basic information required to assist coastal regulatory, preservation and improvement programmes. More especially, they meet the requirements for marine resource studies, determination of sediment flow and beach replenishment studies required to protect and/or preserve the coast line resulting from on-shore and off-shore activity. Other potential uses include the effective management of federal OCS and state oil and gas leasing programmes, the selection of pipeline routes, sport and commercial fishing, recreational boating, conservation projects, waste disposal and water-pollution control, and deep-water port selection. NOS and USGS are continually evaluating the programme by investigating and identifying requirements for topo/bathy maps and soliciting user comments and suggestions. In that way, they can plan a responsive programme for meeting the nation's need for those useful and unique map products.

Conclusion

The efforts of NOS and USGS in the coastal areas have not been restricted to producing maps. The *Coastal Mapping Handbook* has been jointly published by the two agencies. The principal objective of the *Handbook* is to provide general information and guidance. It is neither a textbook nor a technical manual but, rather, a primer. It was prepared with the requirements of the entire coastal community in mind and should help coastal planners and managers to determine their mapping requirements, select the best maps for their needs, deal effectively with personnel who scientifically gather and process data, and accurately prepare maps to meet their requirements.

In such a spirit of interagency co-operation, NOS and USGS are meeting the needs of both coastal and OCS map users in a cost-effective manner.

SITUATION DE LA STÉRÉO-ORTHOPHOTOGRAPHIE*

Document présenté par la France

SUMMARY

The advantages and possibilities of development of stereo-orthophotography were studied in France during a one-day seminar organized in September 1977 by the Institut géographique national. The main features of the

RESUMEN

En Francia se examinaron el interés de la estereo-ortofotografía y sus posibilidades de desarrollo, en particular en el curso de una jornada de estudios organizada en septiembre de 1977 por el Institut géographique national. Se pasó revista a las características más importantes de la ejecución y el aprovechamiento, centrando las deliberaciones en los principales servicios públicos y organismos

* Le texte original de ce rapport, préparé par M. G. Ducher, Institut géographique national, a paru sous la cote E/CONF.71/L.29

development and use of the technique were reviewed, the discussions being oriented largely towards the main French public services and organizations concerned. Many applications were cited, ranging from simple stereoscopic photo-interpretation, through revision, to the setting up of a complete mapping system. The links with analytical photogrammetry and altimetric data banks are especially useful since the final altimetric precision obtained may be three to four times as high as that of the original data. Developments can also be envisaged for road projects (in which tests are being carried out), the environment, geomorphology and town and country planning, as well as space imaging. If stereo-orthophotography is one day to become a basic processing tool, the costs of production must be reduced further and users must be able to choose from a wide range of cost-effective instruments.

franceses interesados. Se indicaron numerosas aplicaciones, que iban de la simple fotointerpretación estereoscópica hasta el establecimiento de un método completo de cartografía, pasando por la revisión. Las relaciones con la fotogrametría analítica y los bancos de datos altimétricos son particularmente ventajosas, ya que se puede obtener una precisión altimétrica final tres o cuatro veces superior a la de los datos iniciales. También cabe prever adelantos en relación con los proyectos viales (ámbito en que ya se están realizando ensayos), el medio ambiente, la geomorfología, la planificación territorial y el urbanismo, e incluso la interpretación de imágenes espaciales. Para que la estereo-ortofotografía se convierta alguna vez en un procedimiento básico consagrado, es preciso que se reduzcan aún más los costos de producción y que los usuarios dispongan de una amplia gama de aparatos cuyo aprovechamiento resulte económico.

Intérêt de la stéréo-orthophotographie

L'Institut géographique national (IGN) a organisé le 20 septembre 1977[1]* une journée d'étude consacrée à la stéréo-orthophotographie et orientée vers les principaux services publics et organismes français susceptibles d'être intéressés par le développement de la stéréo-orthophotographie et de s'y associer. Cent trente personnes y assistèrent, neuf communications y furent présentées tandis qu'une exposition et un débat permirent de faire le point de la question et des besoins actuels; y participèrent également plusieurs experts étrangers et les principaux constructeurs de matériel photogrammétrique.

On peut donc considérer qu'il s'agit là d'un témoignage concret de l'intérêt que suscite la technique stéréo-orthophotographique parmi les usagers potentiels.

Cet intérêt provient essentiellement de la simplicité du procédé qui met à la disposition de l'utilisateur un document métrique corrigé des défauts de la prise de vues et qu'il lui est loisible d'exploiter à sa façon, au moment opportun, dans les trois dimensions et sans recourir à un matériel compliqué et onéreux.

La difficulté est certes rejetée en amont, sur le producteur qui devra transformer les clichés originaux en documents photographiques expurgés tous deux de toute parallaxe verticale py, tandis que l'un (orthophoto) sera aussi dépourvu de toute parallaxe horizontale, l'autre (stéréo-associé) recueillant la somme px des parallaxes horizontales élémentaires des clichés du couple original[2] dues au relief.

On conçoit que ce traitement soit bien plus délicat que la seule correction orthophotographique, plus de deux fois en tout cas, mais que, une fois réalisé dans des ateliers spécialisés, centralisés, disposant d'appareils automatiques modernes et sophistiqués, du savoir-faire et de tout le potentiel nécessaire, il permette de délivrer aux usagers un produit photographique aisément exploitable de manière décentralisée, où chacun pourra identifier, extraire et mesurer stéréo-scopiquement les éléments thématiques propres à son étude, avec la rigueur métrique d'une carte, tout en conservant la richesse d'information de la photo originale.

Depuis, le symposium international de la Commission IV de la Société internationale de photogrammétrie, sur les nouvelles technologies cartographiques, qui s'est tenu à Ottawa du 2 au 6 octobre 1978, a confirmé, lors d'une session consacrée à la stéréo-orthophotographie, l'intérêt qu'on continue à attacher à cette technique.

Caractéristiques

Réalisation

Un certain nombre d'appareils de restitution stéréo-orthophotographique, prototypes et de série, sont désormais disponibles pour la confection de documents de qualité. Ils opèrent par balayage, soit en x, soit en y, de manière dynamique ou avec arrêt sur l'image; chaque appareil a ses aptitudes particulières et ses limites. Les plus simples opèrent grâce à un mouvement de translation supplémentaire du film ou de la chambre de projection, les plus élaborés recourent à un traitement informatique préalable. Les deux documents peuvent être insolés en direct, en différé, de manière simultanée ou non.

Les photogrammètres, dans leur choix, doivent retenir divers critères et notamment ceux relatifs à la précision altimétrique des documents fournis, aux servitudes d'emploi et de maintenance, et aux possibilités d'insertion de la stéréo-orthophotographie dans une chaîne complète informatisée de recueil et de traitement des données géographiques.

Bien entendu, les coûts à l'achat et en fonctionnement ainsi que les rendements seront également pris en compte, tandis qu'on cherchera à inciter les constructeurs à perfectionner toujours plus leurs appareils et à les rendre encore mieux aptes à la confection et à l'exploitation commode et bon marché de la stéréo-orthophotographie.

Car le rôle des appareils est fondamental. C'est sur eux que repose la qualité des documents et par conséquent le développement de cette technique, d'autant que les contraintes de la stéréo-associée sont particulièrement sévères au plan de la fidélité, des jeux, de l'hystérésis et des vibrations de l'appareil.

Il s'agit de garantir quelques centimètres et non plus quelques décimètres comme pour la seule orthophotographie.

A ce sujet, la "journée stéréo-orthophotographie" de l'IGN a permis de passer en revue un certain nombre d'erreurs systématiques ou accidentelles qui peuvent s'introduire dans les deux documents tant en planimétrie

* Les chiffres entre parenthèses renvoient à la liste de références

qu'en altimétrie (canevas d'appui, pente du terrain, direction de projection, erreur altimétrique du profil générateur[3]) et d'où ont résulté certaines recommandations pressenties d'ailleurs dès les origines de la stéréo-orthophotographie[5].

La principale conclusion découle de ce qu'on pourrait appeler le "théorème de Collins", d'après lequel des erreurs altimétriques résultantes sur la stéréo-orthophotographie sont rigoureusement nulles, même en présence d'erreurs altimétriques des profils générateurs, à condition que les erreurs de pointés soient exactement les mêmes lorsqu'on insole un point donné sur les deux documents.

En pratique on cherchera donc à se rapprocher au maximum de cette condition idéale que les pentes du terrain et celles des profils viennent contrarier.

Dans ce sens la confection simultanée et en direct des deux documents au cours du même balayage en *x* ou avec arrêt, par bonds, sur l'image offre incontestablement les meilleures garanties.

Mais on peut également réaliser de bons documents en différé par insolation successive des deux documents à partir des données d'un même modèle numérique du terrain (MNT). Tout le problème sera de ne pas trop altérer ou modifier les profils directeurs utilisés, dérivés du même MNT, entre la génération de l'orthophoto et celle de la stéréo-orthophoto, quels que soient les accidents locaux du MNT de départ et les brisures du relief à l'intérieur ou à l'extérieur des mailles de travail.

Il faudrait pouvoir assurer, en tout point des profils générateurs, les mêmes valeurs altimétriques, interpolées ou non, exactes ou approchées, pour les deux passages, ce qui, pour les appareils balayant les films de l'ortho et de la stéréo-orthophoto avec une même fente rectangulaire de longueur fixe et en bandes rectangulaires parallèles et jointives, ne peut l'être que de manière approximative, d'autant que dans ces appareils la correction de pente ne s'applique que linéairement à l'intérieur de la fente.

D'inévitables altérations dans les profils et les surfaces effectivement balayés par la fente de ces appareils apparaîtront donc entre les deux passages, par suite des insuffisances de l'interpolation linéaire à représenter de la même façon le même terrain à partir d'une répartition différente du maillage d'appui dans le MNT.

On peut minimiser ces effets en réduisant la longueur de la fente en fonction de l'accidentation du relief et surtout en balayant en *x*, pour profiter du resserrement considérable du maillage dans le sens de la largeur de la fente, les points d'appui n'étant dans ce sens distants que de 1 mm contre 4 à 10 mm dans le sens de la longueur de la fente, selon cette longueur.

On devrait dans ces conditions pouvoir réduire dans la même proportion les erreurs altimétriques et les ramener de 0,5 mm à moins de 0,1 mm, soit par exemple 1 m à 1/10,000, ce qui constitue encore des limites acceptables.

Ayant ainsi réduit les erreurs dues aux différences d'interpolation et de représentation du terrain entre les deux documents, il ne peut rester que les défauts du MNT lui-même ou les jeux des appareils qui introduisent des erreurs de pointés différentes sur un même point entre les deux documents et perdre le bénéfice du "théorème de Collins".

Dans la mesure où les pentes des profils générateurs restent assez voisines des pentes du terrain réel, c'est-à-dire limitées en pratique à des valeurs raisonnables, de 10 à 20 p. 100 par exemple (valeurs susceptibles d'englober en pratique les vastes surfaces économiquement intéressantes du territoire), on montre que les erreurs altimétriques sur la stéréo-orthophotographie restent pour la plupart inférieures au dixième de la valeur des erreurs altimétriques des profils générateurs, et au maximum le cinquième dans les coins des clichés.

On en conclut qu'on peut donc utiliser, pour générer les profils directeurs d'un couple stéréo-orthophotographique, des données altimétriques cinq fois moins précises que celles recherchées en altimétrie sur le document stéréo-orthophoto. Par exemple avec des MNT issues d'une carte à 1/25 000 on pourra confectionner des stéréo-orthophotographies cinq fois plus précises et produire des documents réguliers à 1/5 000.

Pour cela il faut naturellement utiliser des appareils de bonne qualité et s'assurer, éventuellement par programme, que les profils sont suffisamment lisses.

On pourra donc utiliser diverses procédures pour confectionner avantageusement des stéréo-orthophotographies régulières (en plani et en altimétrie) telles que celles du tableau suivant.

On conçoit en passant l'intérêt qu'il peut y avoir à la création de banques de données altimétriques, telles que celles issues de la carte au 1/25 000, et à l'emploi d'une double prise de vues.

Les essais effectués depuis, notamment par le professeur Kraus[6], en comparant les deux sens de balayage *x*, *y* des clichés, ont effectivement fait apparaître un gain de 15 p. 100 en faveur du balayage en *x*.

Quant au gain de précision entre l'altimétrie extraite de la stéréo-orthophotographie et celle qui l'a générée, on a constaté une amélioration de 3 *x* en moyenne. Le coefficient théorique de 5 *x* n'a pas encore été atteint, ce qui peut s'expliquer par l'existence d'autres erreurs qui perturbent la qualité des mesures (jeux des appareils, courbures résiduelles de terrain, erreurs de pointés, etc.).

On conçoit aussi l'attrait que peut présenter la solution entièrement numérique pour la stéréo-orthophotographie, à partir du recueil des données sous une forme numérique (capteur à balayage, barrettes de photo-diodes, etc.), suivi d'un traitement en ordinateur, pixel par pixel, utilisant les orientations de la prise de vues et un modèle numérique de terrain. On constitue ainsi une bande magnétique directement éditable en stéréo-orthophotographie analogique sur un banc de restitution photographique à un faisceau laser modulé (*laser camera* ou *laser beam recorder*).

Ce processus, encore trop lourd en traitement informatique pour être déjà généralisable est cependant le procédé le plus précis pour l'exploitation altimétrique de la stéréo-orthophotographie, chaque point étant positionné sur les deux documents à partir des mêmes données altimétriques, sans pertubations dues à des brisures différentes de l'interpolation linéaire du MNT.

Mais, dans bien des cas, on préférera s'en tenir au traitement analogique plus économique et généralement suffisant, et l'appliquer au plus vite aux données en transformant sous forme analogique celles qui seraient reçues sous forme numérique, telles que celles des satellites LANDSAT et ultérieurement de SPOT.

La sortie finale de la stéréo-orthophotographie étant effectivement analogique, il convient nécessairement de quitter à un moment donné le mode numérique. Le tout

est de déterminer, en fonction du but recherché, la phase où il est plus avantageux de le faire.

Présentation

Il existe plusieurs possibilités dans la confection et la présentation des stéréo-orthophotographies, selon les possibilités des appareils de restitution et d'exploitation stéréo-ortho et le but poursuivi

On peut chercher à insoler l'orthophoto et son (ou ses) associée(s) sur le même film pour supprimer les opérations de montage, mais la base de l'appareil d'observation stéréo doit dans ce cas avoir une valeur qui corresponde exactement à l'écartement des documents. Pour éviter cette contrainte, il est préférable de séparer les films ortho et stéréo et d'ajouter à l'appareil de restitution un système d'insolation des repères matérialisant les axes x, y, pour faciliter le montage correct des documents, sans rotation parasite, et leur exploitation en aval.

Il est également recommandé au producteur d'inscrire sur chaque document la loi de parallaxe utilisée (linéaire ou logarithmique, valeur du paramètre base/éloignement avec au moins trois chiffres, etc.) et de fournir quelques points de calage, choisis par exemple dans le canevas d'aérotriangulation, pour permettre le contrôle des coefficients fournis et éventuellement les corriger du jeu des supports.

On peut restituer les clichés de diverses façons, selon qu'on opère en direct ou en différé et qu'on affecte telle ou telle zone des clichés à la restitution ortho ou à la stéréo-associée.

Le mode le plus simple est de restituer par couples, l'inclinaison de la projection de l'associée étant alors constante dans la bande, dirigée vers la gauche ou la droite selon qu'il s'agit du cliché de droite ou de gauche. Si on désire dessiner par la suite sur l'orthophoto sous stéréoscope (révision cartographique par exemple), on choisira plutôt de placer l'orthophoto à droite et l'associée à gauche. L'inclinaison de sa projection sera alors vers la droite.

On peut avec ce mode confectionner des mosaïques ortho et stéréo-orthophotos séparées, observables avec un stéréoscope spécial glissant le long de la bande photo.

D'autres modes sont envisageables. Lorsqu'on est amené à faire une restitution orthophoto en différé, il est reconnu avantageux d'opérer par clichés entiers, à raison de un sur deux. Le complément stéréo-ortho pourra alors être fait dans une autre étape, si possible par clichés entiers également, mais en alternant pour ces clichés les sens de projection (moitié gauche vers la gauche, moitié droite vers la droite). On ne pourra plus assembler les stéréo-associées en bande ni les placer systématiquement à gauche du couple stéréo-ortho et la présentation se fera en triptyque. Si on cherche à obtenir la meilleure qualité d'image pour l'orthophotographie, qui constitue malgré tout le document principal, on réservera la portion centrale de chaque cliché à la projection ortho et les ailes à la projection oblique associée, l'aile gauche inclinée vers la gauche, et l'aile droite vers la droite. Cette combinaison mixte peut s'obtenir en différé avec un algorithme répétitif, identique pour tous les clichés de la bande qui continueront ainsi à être traités par clichés entiers.

Cette combinaison s'appuie sur le fait qu'on n'utilise déjà bien souvent, par exemple en République fédérale d'Allemagne, que le centre des clichés dans la confection des orthophotos pour améliorer la qualité de l'image et des raccords, les marges ne servant qu'à la mise en place. Un autre avantage de cette combinaison réside dans la meilleure précision planimétrique qu'elle offre à l'orthophoto, groupée autour des nadirs, tandis que l'influence des erreurs dues aux MNT et aux interpolations initiales est moins critique sur l'altimétrie de la stéréo-orthophotographie que sur la planimétrie de l'orthophoto, y compris dans les coins des clichés.

L'amélioration de précision atteint 20 à 25 p. 100 en planimétrie avec ce procédé, ce qui par exemple peut permettre d'agrandir les orthophotos à une échelle supérieure, 6 fois au lieu de 5 fois par rapport à l'original, en conservant une valeur métrique analogue.

Applications

Considérée initialement comme une méthode destinée à permettre l'interprétation stéréoscopique correcte des orthophotographies, la stéréo-orthophotographie a vu son champ d'intérêt s'élargir. En direction du spatial d'abord où les superstructures apparaissent quasiment dépourvues de parallaxe et où la couverture n'est que très rarement ou très partiellement stéréoscopique. En utilisant des MNT même très peu précis il est possible de restituer chaque cliché spatial en orthophoto et en sa propre stéréo-associée. Cette restitution double par clichés entiers peut constituer une aide à l'interprétation des images spatiales en apportant à l'observateur la troisième dimension qui en était absente. Etant maître de la direction et de l'inclinaison de la projection associée on peut rendre cette dernière supérieure à 45°, voire rasante, et rehausser l'effet stéréoscopique.

Même chose pour les images thermographiques aériennes ou spatiales.

La stéréo-orthophotographie peut aussi s'étendre à la visualisation d'autres effets que celui du relief. La loi de parallaxe de la pseudo stéréo-associée peut traduire d'autres phénomènes que les dénivelées. On peut construire des modèles numériques de surfaces (MNS) de toutes sortes, à caractère physique ou géophysique par exemple. C'est ainsi qu'à partir des cartes d'anomalies gravimétriques de Bouguer à 1/500 000 il a été constitué à titre d'essai au GDTA (France) des couples stéréos LANDSAT intéressants pour la mise en évidence des linéaments et leur corrélation avec les failles. Cette notion peut s'étendre à des données statistiques, économiques ou humaines et faciliter ainsi l'étude des corrélations de phénomènes sociologiques; elle s'avère plus parlante et plus riche que par la simple superposition de courbes isophénomènes sur l'image aérospatiale originale.

La stéréo-orthophotographie peut aussi être la base d'un système cartographique complet. Si la portée qu'il convient de lui donner, en direction des domaines numérique et cadastral, notamment dans les pays en développement, fait encore l'objet de controverses entre spécialistes, tous s'accordent cependant à reconnaître à la stéréo-orthophotographie un gros intérêt pour la cartographie à but multiple, l'extraction et la représentation, numérique ou non, des résultats thématiques d'interprétations stéréo-orthophotographiques propres aux diverses disciplines et la révision des cartes topographiques.

C'est ainsi que les applications de la stéréo-orthophotographie concernent la géologie et la géomorphologie, notamment par la commodité des reports terrain/carte. L'ur-

baniste peut accéder aisément à la métrique des constructions et au volume urbain. L'aménageur peut utiliser la stéréo-orthophotographie de vues obliques terrestres ou héliportées et réaliser des photos-montages rigoureux de divers points de vues. Le projecteur routier peut insérer dans le paysage son projet et déterminer les profils en long. L'environnementaliste peut évaluer les ressources naturelles et mesurer leur évolution. La photogrammétrie des objets rapprochés peut y trouver un moyen économique et rapide de description, laissant à l'usager le soin des mesures en différé sur les points qui l'intéressent. On peut ne faire apparaître que les écarts de la surface d'une pièce à vérifier par rapport à sa forme nominale prévue. Par le jeu des combinaisons ortho et stéréo-ortho successives on peut mettre en évidence des variations de forme. Le glaciologue suivra l'évolution des glaciers, ce qui peut être intéressant pour établir les bilans arctiques.

Enfin la stéréo-orthophotographie entretient des liens très étroits avec la photogrammétrie analytique et les banques de données numériques du relief. La stéréo-orthophotographie peut être considérée comme un sous-produit des MNT qu'elle valorise, ou *vice versa*. Son aptitude à réduire en sortie les erreurs altimétriques initiales jusqu'a trois ou quatre fois, voire cinq, permet même d'améliorer les MNT de départ, si on utilise une prise de vues à échelle convenable. On pourrait d'ailleurs arriver à ce résultat par la simple orthophotographie de tous les clichés d'une bande, les écarts planimétriques entre les orthophotos des deux clichés d'un couple traduisant en parallaxe les défauts du MNT initial (l'orthophotographie étant en effet un cas particulier de la stéréo-orthophotographie). Une itération pourrait permettre d'ailleurs de contrôler et d'affiner le MNT. Cette propriété peut s'avérer très intéressante d'ailleurs dans certains cas, pour tester et évaluer les appareils ortho et stéréo-orthophotographiques, les méthodes d'interpolation et les procédés opératoires. Aisément numérisable à tout instant et par tout utilisateur, dans ses deux comme dans ses trois dimensions, la stéréo-orthophotographie apparaît également comme un outil privilégié pour la constitution des banques de données de toutes sortes, planimétriques et altimétriques, au service des besoins locaux ou nationaux.

Développement

On ne peut certes faire actuellement état d'une véritable production de stéréo-orthophotographies dans le monde, ni même d'un programme structuré de développement; cette situation s'explique en grande partie par la nouveauté de cette technique, qui vient juste de franchir sa première décennie, par le faible nombre d'appareils de production capables de traiter convenablement ce problème et par les insuffisances des appareils d'exploitation.

Toutefois des essais se poursuivent et des produits expérimentaux apparaissent en différents endroits, notamment au Canada et à Vienne, où une centaine de stéréo-orthophotographies ont déjà été réalisées, en particulier pour des applications cartographiques (Bavière, Indonésie). Un projet important à but topographique et cadastral est en cours d'élaboration en Colombie avec le Conseil national de la recherche (NRC) canadien.

Essais en cours ou prévus

Une étude d'environnement en vue d'un projet autoroutier de la région de Tours avait été présentée à la journée stéréo-orthophotographique de septembre 1977 à l'IGN. Cette étude conjointe IGN-SETRA avait mis en évidence l'adéquation du produit à l'analyse spatiale rigoureuse des données qualitatives et quantitatives du milieu naturel, au moyen de profils relevés directement sur les stéréo-orthophotographies, et son utilité pour dresser la carte d'occupation des sols et des unités de paysage par photo-interprétation[4].

Depuis on a procédé, à l'initiative du SETRA, à un autre essai commun IGN-CETG-CETE de Bordeaux, sur une stéréo-orthophotographie à 1/10 000, issue d'une prise de vues à 1/30 000, et d'un MNT tiré des courbes de niveau de la carte de base à 1/25 000. Il s'agissait de faire l'estimation métrique des grandes masses des terrassements dans le cadre d'un avant-projet sommaire autoroutier (recherche de profils en long et calcul de cubatures sur 4 km, sur Toulouse-Albi).

Cet essai, mené comparativement à un levé photogrammétrique régulier à 1/5 000, est très encourageant. Dans les zones ne présentant aucune ambiguïté de pointé sur la stéréo-orthophotographie, les résultats altimétriques sont de qualité voisine de ceux obtenus par exploitation du plan à 1/5 000, ce qui souligne bien le gain de précision par rapport au MNT original.

Toutefois, des difficultés sont apparues par endroits et on a relevé deux points notoirement erronés de plusieurs mètres en z sur les 50 mesurés. Ces points sont situés l'un sur un sommet boisé, l'autre dans un thalweg, au point de franchissement d'une voie ferrée par l'autoroute. Etant donné le caractère de ces points, ces fautes perturbent sensiblement les estimations. Ces fautes viennent-elles de l'altération des profils générateurs entre l'orthophotographie et l'associée due à une interpolation différente par suite de la brisure de pentes assez fortes ? Viennent-elles des difficultés de pointés, ou des deux à la fois? Elles soulignent de toute manière la nécessité de maîtriser parfaitement les procédés de fabrication et d'utilisation de la stéréo-orthophotographie en vue des exploitations altimétriques très précises.

Cette stéréo-orthophotographie sera reprise avec différentes interpolations dans le MNT, diverses largeurs de fente et balayages dans les deux sens (x, y). Ces fautes mettent également en évidence le manque de contrôle et l'insuffisance de mesures exécutées uniquement sur un simple profil, sans débordement ni recoupement de part et d'autre, ni complètement de terrain, surtout dans les zones boisées et accidentées, et en présence de fossés et de superstructures.

Dans un tout autre domaine, et à l'autre extrémité de la gamme d'échelle couverte par des photographies, des essais de stéréo-orthophotographies sont prévus par divers organismes dans le cadre de l'investigation des images au 1/820 000 qui seront recueillies par la caméra métrique du premier vol du satellite SPACELAB (décembre 1980). On relève ainsi dans les réponses au *metric camera call for experiment proposal* de l'Agence spatiale européenne quatre propositions d'études[1] basées sur la confection de stéréo-orthophotographies en vue d'applications à la car-

[1] Ces propositions concernent de très nombreuses zones-tests et émanent de l'Université de Vienne (Autriche), l'IGN (France), l'Université et le service topographique fédéral de Munich (République fédérale d'Allemagne), et l'ITC (Pays-Bas).

Il ne semble pas y avoir actuellement mention par l'USGS (Etats-Unis d'Amérique) et les services canadiens, de projets d'études de stéréo-orthophotographie du Spacelab de leur part.

tographie et à la révision au 1/100 000 et au 1/250 000, aux techniques forestières (classification, surveillance, cartes, etc.), à la géographie, à la géologie, à l'aménagement et à l'environnement (couvertures végétales dans les Alpes).

Dans le domaine spatial signalons également le projet de satellite français SPOT, qui permettra d'accéder à la stéréoscopie véritable. Ce système SPOT doit dans les années 1983-1984 fournir une imagerie couvrant au sol, par capteurs, 60 × 60 km avec une haute définition (10 m et/ou 20m)et une grande accessibilité sur des régions qu'on peut choisir, grâce à deux capteurs à barrettes fixes et miroirs inclinables, prenant des vues verticales et/ou obliques latéralement, jusqu'à ± 25° d'inclinaison. Ce système fait actuellement l'objet d'études et de simulations dans le cadre d'un programme CNES-IGN où on prévoit différents niveaux de corrections géométriques des images. En s'appuyant sur la connaissance d'un MNT approché, même à 50 m près, et d'un canevas de points de calage au sol, il est envisagé de réaliser l'orthophoto et la stéréo-associée des images SPOT verticales et/ou obliques; il serait ainsi possible de constituer toutes sortes de combinaisons véritablement stéréoscopiques et multi-temporelles d'une même zone faisant l'objet d'études, tout en se ménageant la superposabilité de ces vues avec une carte topographique au 1/100 000, voire 1/50 000, et avec les images des autres satellites comme SPACELAB. On pourrait obtenir une précision de 25 m sur l'altimétrie et améliorer ainsi les MNT de départ dans les régions très mal cartographiées.

La disponibilité croissante de l'imagerie spatiale permettra ainsi au cours des prochaines années de réaliser des stéréo-orthophotographies composites, en couleurs, vraies et/ou fausses, à partir des divers capteurs multispectraux prévus, radar inclus, à des échelles, englobant de vastes régions et susceptibles de faciliter le contrôle, l'interprétation et la corrélation des données spatiales, en complément des autres vérités-terrain et avion.

Appareils d'exploitation

S'il existe actuellement sur le marché des appareils capables de produire des stéréo-orthophotographies[2], il n'en est malheureusement pas tout à fait de même pour les appareils d'exploitation. On en est encore resté aux esquisses et aux prototypes, bien que le NRC canadien ait déjà réalisé deux versions de son Stereocompiler au cours des six ou sept dernières années. Cette situation freine incontestablement le développement de cette technique dont la particularité est justement de rejeter l'exploitation en aval, sur l'usager, à condition que celui-ci soit doté d'appareils dont les caractéristiques de prix et de performances lui conviennent. Il semble donc nécessaire de concourir à briser le cercle vicieux et chercher à définir une gamme d'appareils modulaires permettant tous les niveaux d'exploitation stéréo-orthophotographique, depuis la simple interprétation jusqu'à la mesure précise et commode des altitudes, dénivelées et hauteurs des superstructures. Naturellement les caractéristiques principales de ces appareils dépendent des documents fournis, c'est-à-dire de leur format et de leur présentation (couples, mosaïques rectangulaires, bandes diagonales quelconques, triptyques, etc.) des buts recherchés et des moyens dont dispose l'usager.

Faut-il pouvoir aller jusqu'à absorber en entrée des coefficients d'agrandissement de 10 à 12 × par rapport aux clichés originaux, comme certains en évoquent la possibilité, ou ne vaut-il pas mieux s'en tenir à une gamme limitée à 3 ×, voire 5 × permettant de traduire dans les formats habituels les prises de vues au 1/30 000, 1/14 500 et 1/8 000 en documents au 1/10 000, 1/5 000 et 1/2 000 ?

Une enquête interne menée à l'IGN auprès des divers services susceptibles d'utiliser la stéréo-orthophotographie (cartographie classique, numérique, révision, orthophotoplan) a montré une diversité des besoins qu'il n'est pas possible de satisfaire par la réalisation d'un appareil d'exploitation unique, synthétisant l'ensemble des desiderata. On en conclut à la nécessité d'un éventail suffisant d'appareils; d'autant qu'il s'agit de toucher en plus les usagers externes, qui devraient être bien entendu les plus nombreux, sans oublier les unités déconcentrées de l'IGN, en contact avec les besoins locaux et intéressées par de tels appareils, d'emploi aisé et susceptibles d'être promis à une certaine diffusion.

Afin de contribuer au développement de la technique stéréo-orthophotographique, l'IGN a entrepris dans ses laboratoires l'étude d'une maquette et la réalisation d'un prototype très simple destiné à l'exploitation planimétrique et altimétrique des stéréo-orthophotographies. Cet appareil est conçu essentiellement pour l'observation stéréoscopique, avec zoom, le dessin manuel direct sur l'orthophotographie, sans chariot supplémentaire pour le document de dessin ni crayon traceur lié aux ballonnets de pointé, et l'affichage des coordonnées x, y de l'orthophoto et de la parallaxe px de la stéréo-associée. L'interfaçage avec un calculateur de bureau devrait permettre la conversion facile des mesures en coordonnées géodésiques Lambert et en altitude NGF. Le grossissement est compris entre 1 et 3 × et le format limité à 30 × 40 cm pour les mesures, la dimension des documents pouvant dépasser ces valeurs jusqu'à environ 33 × 57 cm. Il s'agira donc d'un appareil bon marché devant se situer en dessous de 100 kF (probablement de 65 à 80 kF pour une série), de faible encombrement et qu'on espère commode d'emploi. Son essai est programmé dans le courant de cette année dans les différents services de l'IGN.

Conclusion

Des étapes sont encore à parcourir, notamment pour permettre un abaissement des coûts de fabrication et une meilleure connaissance des possibilités de la stéréo-orthophotographie, avant que cette technique puisse être envisagée comme un système de prétraitement, standard, systématique, couvrant tout un territoire. Des perfectionnements sont à apporter, notamment par une diversification de la gamme des appareils d'exploitation mis à disposition de l'usager. Une meilleure diffusion de l'information est à assurer. Le dialogue entre les constructeurs, les producteurs et les usagers doit se poursuivre. On peut se demander s'il ne serait pas souhaitable de mettre sur pied une série d'essais internationaux afin d'aboutir à une maîtrise plus complète de la stéréo-orthophotographie et de

[2] Parmi les appareils de série figurent le Topomat-Orthophot de Zeiss Iéna (République démocratique allemande), l'Avioplan OR 1 de Wild (Suisse), et le Gestalt photomapper GPM 2 de Instronics (Canada).

D'autres appareils prototypes existent également (MATRA, OMI, UNAMACE).

ses problèmes de réalisation, de présentation et d'exploitation.

Quelques tests pourraient permettre d'approfondir l'influence de certains paramètres liés aux instruments, notamment, ceux concernant le sens de balayage en liaison avec la longueur de la fente, le choix de la combinaison en restitution (couples, clichés, triptyques, etc.), le mode d'interpolation et le MNT. La confection des trois documents possibles à partir d'un même cliché, c'est-à-dire l'orthophoto et les deux obliques associées, à projection inclinée à gauche et à droite, pour quelques clichés successifs, trois par exemple, permettrait de mieux dissocier le rôle du MNT de celui du mode et de l'appareil de restitution. Une répartition judicieuse des points de contrôle en fonction de leur position dans le couple et par rapport aux pentes du terrain, aux axes de balayage et au maillage du MNT serait à assurer pour obtenir une évaluation objective très complète des documents produits.

Ces tests pourraient également s'appuyer sur des expérimentations locales afin de rapprocher producteurs et utilisateurs, d'inclure les appareils d'exploitation et de mieux préciser les limites et les domaines d'action potentiels de la stéréo-orthophotographie.

RÉFÉRENCES

1. Institut géographique national. Journée stéréo-orthophotographie IGN, 20 septembre 1977
2. Blachut, T. J. Considérations fondamentales sur la stéréo-orthophotographie et son état présent. Ottawa, CNR.
3. Ducher, G. Aperçu sur les caractéristiques de réalisation des stéréo-orthophotos et les appareils stéreo-orthophotographiques. Institut geographique national
4. Gros, G. Présentation de deux expériences d'exploitation des stéréo-orthophotographies réalisées avec l'IGN dans le cadre des études de projets routiers. Paris, SETRA
5. Collins, S. H. Stereoscopic orthophoto maps. *The Canadian surveyor* 22 No. 1, 1968

   ——— The accuracy of optically projected orthophotos and stereo-orthophotos. *The Canadian surveyor* 23 No. 5, 1969
6. Kraus, K. Digitally controlled production of orthophotos and stereophotos. Présenté au Symposium sur les nouvelles technologies cartographiques de la Société internationale de photogrammétrie, Ottawa, octobre 1978

MODÈLES DE TERRAIN ET CORRECTIONS GÉOMÉTRIQUES DES IMAGES SPOT*

Document présenté par la France

SUMMARY

The French SPOT satellite, to be launched in 1984, will be able to provide high-resolution images and stereoscopic coverage of large areas of terrain. The paper describes how the satellite will be used for compiling and revising maps at scales between 1:200,000 and 1:50,000. The high visible resolution sensor and the possibilities of its lateral displacement are described, the three types of preprocessed images are presented, and the different stages in the production of planimetric maps and/or numerical terrain models are outlined.

RESUMEN

El satélite francés SPOT, que deberá lanzarse en 1984, podrá proporcionar imágenes de alta resolución y tendrá un alcance estereoscópico de extensas superficies. El documento describe el modo en que el satélite permitirá diseñar y revisar cartas en escalas comprendidas entre 1:200.000 y 1:50.000. Se describen el capot HRV y sus posibilidades de apuntamiento lateral, se presentan los tres tipos de imágenes preelaboradas, así como las diferentes etapas que permiten obtener cartas planimétricas, o modelos numéricos del terreno, o ambas cosas.

INTRODUCTION

Beaucoup de données de satellites ont déjà été utilisées dans des buts cartographiques. Les images LANDSAT sont bien connues et plusieurs pays ont déjà fabriqué des cartes à petites échelles (1/250 000 et plus petites) à partir des films au millionième ou des données numériques du système à balayage multispectral (*multispectral scanner system*-MSS). La nouvelle caméra RBV (*return beam vidicon*) de LANDSAT C est un grand progrès en matière de résolution (40 m) et de précision cartographique; malheureusement nous n'avons pas encore eu la possibilité d'utiliser de telles images en France. Les autres satellites comme Skylab et Saliout ont fourni des photographies de la terre, bien adaptées à la cartographie à moyenne échelle (1/100 000) mais uniquement pour des régions de la terre bien particulières et limitées.

Le besoin d'un meilleur outil permettant de cartographier la Terre depuis l'espace est ressenti par beaucoup de cartographes qui demandent une meilleure résolution, une meilleure qualité d'image et des possibilités stéréoscopiques.

Ces spécifications ont été formulées par exemple par A. Colvocoresses de l'USGS[1]* et la communauté internationale des photogrammètres a pris une résolution pour inciter les gouvernements à développer un système spatial de cartographie (Symposium de la Commission IV de la Société internationale de photogrammétrie, tenu à Ottawa en octobre 1978).

Quelques projets de satellites cartographiques existent, mais à ce jour seul le projet français SPOT a été officiellement décidé.

Ce satellite, qui doit être lancé au début de 1984, est conçu pour aider des utilisateurs dans différents types de missions, à savoir : surveillance; inventaires; prévision des récoltes; prospection géologique; et cartographie.

Pour ces applications, une bonne précision planimétrique est souvent nécessaire et de plus SPOT pourrait être utilisé, soit pour cartographier de nouvelles régions, soit pour réviser des coupures déjà existantes.

* Le texte original de ce rapport, préparé par A. Baudoin et D. Kirsner, Institut géographique national, et G. C. Cazaux, Centre national d'études spatiales, a paru sous la cote E/CONF.71/L.30.

* Les chiffres entre parenthèses renvoient à la liste de références.

L'importance des possibilités cartographiques de SPOT a donné l'occasion à l'Institut géographique national (IGN) de collaborer très étroitement avec le Centre national d'études spatiales (CNES) qui est le maître d'ouvrage du projet SPOT, et cette communication va insister sur les utilisations cartographiques de ce satellite.

Paramètres et caractéristiques de SPOT

Le système SPOT a déjà été décrit dans différentes communications[2][3][4], nous ne ferons donc ici que rappeler les principaux paramètres et leurs relations avec la précision cartographique.

La plate-forme

La précision géométrique des images spatiales dépend de la connaissance de l'attitude (roulis, but, tangage) et de la position du satellite. En fait, les mouvements et les rotations basse fréquence de la plate-forme ne perturbent pas la qualité des images traitées. Des simulations d'attitude prenant en compte toutes les parties du satellite sont à l'étude et on espère que les mouvements haute fréquence auront des amplitudes négligeables.

La plate-forme pourrait tourner (autour de l'axe de roulis) pour compenser l'effet de la rotation de la Terre sur l'image (qui serait ainsi rectangulaire et non pas inclinée).

Les capteurs

Deux capteurs HRV (haute résolution visible) seront embarqués[5].

Ils utiliseront des barettes de capteurs à transfert de charge (CCD) qui pourront fournir deux types d'image : monospectrale haute résolution ($1{,}2\ 10^{-5}$ rd); et multispectrale (3 canaux) à plus faible résolution ($2{,}4\ 10^{-5}$ rd).

Ce type de capteur est très sophistiqué mais il fournit une meilleure géométrie interne. Les distorsions mécaniques et optiques devraient être inférieures à 0,1 pixel.

La grande originalité des capteurs HRV est leur miroir de dépointement qui leur permet de prendre une image de 60 km de large dans une zone située à 400 km de part et d'autre de l'orbite (soit une bande de 800 km).

Comme nous allons le voir, les possibilités de dépointement sont un des grands intérêts de SPOT pour la cartographie.

L'orbite

Le choix des paramètres de l'orbite est exposé dans l'œuvre de M. Weill et autres[6]. Je voudrais insister sur deux aspects particuliers liés aux facilités de dépointement : l'accessibilité et la vision stéréoscopique.

Chaque point de sol peut être vu depuis différentes orbites. Ainsi, pendant un cycle de 26 jours l'accessibilité théorique d'un point varie de 9 fois à l'équateur, à 28 fois à 70° de latitude N. ou S. (dans ce cas il existe deux jours pendant lesquels le point pourra être vu deux fois).

Cette possibilité est très intéressante pour cartographier des zones étendues. Une couverture complète peut être obtenue beaucoup plus rapidement, en programmant le dépointement du HRV en fonction de la couverture nuageuse.

La possibilité de voir le même point depuis deux orbites différentes permet d'observer le terrain en stéréoscopie, de restituer des courbes de niveau ou de calculer des modèles numériques de terrain (MNT). A partir d'avion ou de certains satellites (navette ou stereosat), les images d'un couple stéréo sont obtenues quasi simultanément. Cela ne sera pas possible pour SPOT où la stéréoscopie latérale n'est possible que d'une orbite à l'autre.

Excepté pour les fortes latitudes, les deux images du couple ne seront pas prises le même jour.

L'orbite de SPOT a été optimisée pour réduire à un jour, dans la plupart des cas, le délai entre deux prises de vue d'un même point. Dans cette configuration, l'angle entre les deux prises de vue est de 30° environ à 45° de latitude (rapport base/hauteur de 0,5).

Pendant un cycle il y a des possibilités d'obtenir un triplet : une vue verticale et deux obliques avec un rapport maximal sur hauteur voisin de 1.

Organisation du projet

SPOT sera lancé depuis le Centre de tir de Kourou (Guyane française) par une fusée Ariane. Quand le satellite sera en orbite, différentes organisations au sol assureront l'exploitation de SPOT.

Le Centre de mission étudiera les demandes des utilisateurs pour programmer les HRV en tenant compte des données météorologiques; on aura le choix entre 91 positions du miroir et deux modes de prise de vue (mono ou multispectral). Le Centre de mission sera très important pour plusieurs types d'opération (surveillance, inventaires) et spécialement en cartographie pour obtenir la couverture cartographique d'un pays.

Le Centre de contrôle programme l'ordinateur de bord pour acquérir les images choisies par le Centre de mission et est chargé du contrôle de l'orbite de l'attitude.

Une ou plusieurs stations de réception recevront les images du satellite. La station française sera située à Aussaguel près de Toulouse (elle recevra les images acquises par SPOT lors de son passage au-dessus de la station ou celles qui auront été enregistrées auparavant).

Le Centre de prétraitement "CRIS" (Centre de rectification des images spatiales) à Toulouse est chargé de l'archivage des bandes brutes et de générer des images prétraitées à différents niveaux standard de précision.

Le Centre utilisateur sera l'intermédiaire entre les utilisateurs et, d'une part, le Centre de mission (pour programmer le satellite) et, d'autre part, le CRIS (qui traite les données).

Prétraitement géométrique des images SPOT

Les images reçues du satellite seront enregistrées sur des bandes haute densité (HDDT) à la station de réception.

La station de Toulouse pourra enregistrer environ 866 images par jour (dont 300 viendront de l'enregistreur de bord). Ces données doivent être prétraitées avant utilisation.

Le Centre de rectification des images spatiales sera le centre de prétraitement français pour SPOT.

Un accord a été signé entre l'IGN et le CNES pour développer ce centre qui : *a*) archive les données brutes et les paramètres auxiliaires; *b*) prétraite les images suivant trois niveaux de qualité croissante; et *c*) génère des bandes magnétiques ou des films pour les utilisateurs.

Prétraitement de niveau I

C'est un prétraitement essentiellement radiométrique : il est nécessaire de calibrer entre eux les 6 000 détecteurs enregistrant chaque ligne de balayage à l'aide de deux paramètres pour chaque détecteur.

Ces paramètres sont calculés à partir de lampes de calibration situées dans chaque instrument (chaque semaine par exemple) et les lampes sont comparées à la lumière du soleil (chaque mois).

D'autres effets radiométriques sont corrigés :

a) Le filé est corrigé à l'aide d'une déconvolution; sur SPOT le temps de balayage est égal au temps d'exposition ($3{,}10^{-3}$ secondes en multispectral SPOT contre 10^{-5} secondes sur LANDSAT);

b) La fonction de transfert de l'optique et de l'électronique est prise en compte pour améliorer la résolution au sol;

c) Jusqu'à une certaine limite, les pertes d'information peuvent être compensées par interpolation;

d) Des corrections géométriques sont appliquées au niveau I pour tenir compte de : la rotation de la Terre; la courbure de la Terre; les variations d'altitude du satellite; les variations de vitesse; l'angle de prise de vue

Les corrections d'attitude ne sont pas prises en compte.

On devrait obtenir les précisions suivantes (pour des images verticales) : localisation de l'image (mieux que 2 km); et variation locale de l'échelle (inférieure à 1 p. 100)

Pour les images multispectrales, le même pixel est enregistré en même temps sur les trois canaux, ce qui fait que la superposition multispectrale sera assurée à 0,3 pixel près et qu'aucune correction n'est nécessaire.

Les produits de niveau I seront soit des bandes compatibles ordinateurs (*compatible computer tape*-CCT) soit des films. Une scène couvrira 60 × 60 km pour une verticale et 60 × 80 km pour les vues les plus obliques Le découpage des scènes SPOT devrait être compatible avec le découpage LANDSAT.

Les produits photographiques du CRIS seront en noir et blanc, à l'échelle du 1/400 000 et au format standard de 241 mm. Le contraste sera amélioré et la précision géométrique du restituteur film devrait donner des produits de haute qualité.

Pour les utilisations cartographiques, les produits de niveau I seront utiles :

a) Pour choisir les meilleures images qui seront traitées aux niveaux II et III;

b) Pour faire de la photo-identification et de la photo-interprétation stéréoscopique;

c) Pour calculer des MNT ou pour filer des courbes. Ces applications demandent des produits dont la qualité photographique soit irréprochable.

Prétraitement de niveaux II et III

L'utilisation des paramètres internes de la géométrie du HRV est insuffisante pour la rectification de haute précision (les gyroscopes ne donnent que des mesures de vitesses et cela avec une précision presque suffisante de 10^{-5} par seconde).

Il est donc nécessaire d'utiliser des paramètres externes tels que des points d'appui. De plus, les effets du relief ne sont plus négligeables pour les vues obliques, et l'utilisation d'un MNT devient nécessaire pour corriger les images.

On peut alors distinguer deux niveaux de prétraitement :

a) Niveau II quand des points d'appui sont utilisés pour rectifier des vues verticales;

b) Niveau III quand des points d'appui des MNT sont utilisés pour rectifier des vues obliques ou verticales.

Ces deux niveaux seront produits sur le même matériel, il y aura trois étapes essentielles : 1) localisation des points d'appui; 2) calcul d'un modèle de déformation; 3) rectification proprement dite.

Localisation des points d'appui

Un point d'appui est un quintuplet (x, y, X, Y, Z) de deux coordonnées images et trois coordonnées terrain du même point au sol s.

La localisation peut se faire soit par corrélation numérique automatique soit par corrélation visuelle utilisant la vision stéréoscopique.

La corrélation numérique peut être utilisée entre deux images SPOT d'une même scène l'une d'elles est une référence dans laquelle les points d'appui sont déjà connus. Cette image connue est prétraitée localement autour des points d'appui (par petites fenêtres) et corrélée, autour d'une position estimée du point inconnu. Différents algorithmes de corrélation sont à l'étude, le problème essentiel étant l'élimination des points faux.

Les deux méthodes nécessitent une banque de données de points d'appui, soit sur films pour la méthode visuelle, soit sur disque magnétique pour la méthode numérique.

Le calcul du modèle de déformation

Les points d'appui localisés sont utilisés avec d'autres paramètres (gyroscope, ephémérides) pour déterminer la géométrie de l'image et un modèle de déformation.

L'idée du modèle de déformation est de décrire la géométrie de l'image à l'aide d'une grille bi ou tridimensionnelle permettant ensuite l'interpolation.

Pour chaque point (X_i, Y_j, Z_k) de la grille, on a calculé les coordonnées image $x\ (i,j,k)$ $y\ (i,j,k)$. Puis une simple règle d'interpolation donne la relation entre (X,Y,Z) et (x,y) pour chaque point de la scène.

Dans le niveau II, le modèle de déformation est en X et Y (le calcul suppose une altitude moyenne identique pour tous les points). Dans le niveau III, la grille est tridimensionnelle mais deux valeurs de Z sont suffisantes.

Le calcul du modèle de déformation utilise comme inconnue les paramètres photogrammétriques de la prise de vue.

Le nombre de points de calage nécessaire (cinq ou six ?) pourrait être diminué si la précision des données gyroscopiques est suffisante (en sera-t-il ainsi pour LANDSAT D ?)

L'utilisation du MNT pour le niveau III intervient après le calcul de la grille de déformation. La grille ne contient que peu de valeurs (x et y pour 10 × 10 × 2 valeurs, par exemple) et on peut interpoler en X et Y, en utilisant

des fonctions d'interpolation adéquates pour calculer le modèle de déformation en tous les points de MNT (qui aurait par exemple un maillage de 100 m) soit quatre paramètres $x(Zmin)$, $y(Zmin)$, $x(Zmax)$, $y(Zmax)$. Alors il est faux de calculer la déformation pour un point d'altitude Z.

$$x = \frac{(Z - Zmin)\ x\ (Zmax) + (Zmax - Z)\ x\ (Zmin)}{Zmax - Zmin} \quad (1)$$

$$y = \frac{(Z - Zmin)\ y\ (Zmax) + (Zmax - Z)\ y\ (Zmin)}{Zmax - Zmin} \quad (2)$$

La rectification

La dernière étape du prétraitement est la rectification, qui donne pour chaque point d'une grille régulière dans le système cartographique sa valeur radiométrique ou sa signature multispectrale.

Le CRIS offrira à l'utilisateur le choix entre deux types de rectification, soit photographique, au moyen d'un orthoprojecteur, soit numérique, grâce à un processeur spécifique.

L'orthoprojecteur transforme un film de niveau I en un film de niveau II ou III à l'échelle de 1/100 000. L'orthophotographie résultante est directement utilisable en cartographie. Ce type de produit est adapté au cas où aucun traitement numérique n'est désiré après la rectification géométrique.

La précision de ces produits sera de l'ordre de 1/2 pixel et dépendra de la précision des points d'appui et du MNT.

Applications cartographiques de SPOT

Le satellite SPOT sera bien adapté à la cartographie, de deux façons.

Pour les zones connues, pour lesquelles on dispose de cartes à grande échelle et où les MNT existent ou peuvent être obtenues facilement, l'utilisation principale de SPOT est la révision des cartes à moyenne échelle (1/100 000 ou 1/50 000).

Pour les régions où on ne dispose que de cartes à petite échelle, les possibilités stéréoscopiques de SPOT permettront le calcul de MNT et la restitution des courbes de niveau.

Utilisation de l'imagerie SPOT pour la planimétrie et la révision

SPOT aura divers avantages pour l'amélioration des cartes à moyennes échelles.

La résolution des images monospectrales (10 m) et la précision des prétraitements de niveau II et III sont compatibles avec les spécifications françaises des cartes topographiques standards à l'échelle de 1/100 000.

Les images de niveau III pourront être utilisées pour la révision des cartes au 1/50 000.

Pour cela, l'Institut géographique national pense utiliser les films de niveau III produits par l'orthoprojecteur du CRIS.

Ces films peuvent être reportés directement sur les feuilles au 1/100 000, pour localiser les changements, ajouter les nouveaux détails et supprimer les anciens.

La vision stéréoscopique sera une aide utile à l'identification de ces détails : on pourra l'obtenir grâce à l'orthophoto et à un agrandissement à la même échelle d'une image de niveau I obtenue d'un autre angle de prise de vue.

Actuellement, la révision des cartes topographiques est nécessaire mais très lente : entre 8 et 10 ans en France pour la carte de base au 1/25 000 d'où les autres cartes standards sont dérivées. SPOT permettra de réduire ce délai à deux ou trois ans pour les cartes classiques (couverture de l'ensemble du pays). Des orthophotocartes pourront être réalisées très rapidement.

Pour ces cartes et ces orthophotocartes, il est nécessaire de traiter certaines des images SPOT au niveau III (beaucoup seront des vues obliques, mais même pour les vues verticales, on aura souvent besoin d'un MNT). Pour cela l'IGN prépare déjà l'utilisation de SPOT : toutes les courbes de niveau des cartes au 1/25 000, nécessaires à la génération des MNT, sont en cours de numérisation et une banque de données de points d'appui sera constituée à partir de photographies aériennes avant le lancement de SPOT.

Utilisation de l'imagerie SPOT pour l'altimétrie et la topographie

Lorsqu'on ne dispose pas d'une cartographie précise, il sera possible de calculer les MNT pour tracer les courbes de niveau ou pour obtenir des images de niveau III avec une bonne planimétrie.

On peut décrire trois étapes : la programmation du satellite; la triangulation; le calcul du MNT.

Programmation du satellite

Du fait que chaque HRV peut viser d'un côté ou de l'autre de la trace du satellite, mais non en avant ou en arrière, les couples stéréoscopiques ne pourront pas être obtenus au même moment. Ainsi, pour avoir de bons couples stéréo, la programmation devra essayer d'arriver à un compromis entre les deux facteurs suivants : un intervalle de temps minimal entre les prises de vues; une distance (base) maximale entre les deux points de vue.

Ce compromis varie avec la latitude : à l'équateur pendant un cycle de 26 jours, on n'a que quatre possibilités d'obtenir un couple stéréo avec un jour d'intervalle et un rapport base/hauteur de 0,66.

A 45° on a aussi quatre possibilités d'obtenir des couples stéréo à un jour d'intervalle avec un rapport base/hauteur de 0,46, mais on peut aussi avoir trois vues à trois jours consécutifs (un triplet) avec un rapport base/hauteur de 0,92 entre la première image et la troisième.

A 60° le problème est plus complexe. Le rapport base/hauteur est assez faible (0,33) pour un intervalle d'une journée, mais pour deux jours il peut prendre la valeur 0,66 ou 1,0 (deux fois pendant le cycle).

Ainsi, la programmation du satellite est une tâche très importante si on veut de bons couples stéréo.

Cette programmation est rendue difficile pour une autre raison : d'un couple à un autre le long d'une trace du satellite, le recouvrement varie (de 100 p. 100 à 0 p. 100 en 1 000 km).

Cette complexité peut sembler être un inconvénient, mais l'utilisation d'angles de prise de vue et de rapports base/hauteur différents sur la même zone améliore la précision des mesures altimétriques.

Triangulation

Cette étape consiste à calculer les paramètres photogrammétriques de chaque image de plusieurs couples stéréo.

Les méthodes de triangulation aérienne pourront être utilisées pour localiser des points inconnus (points de contrôle) à partir de plusieurs couples d'une même zone et de quelques points d'appui, ces points étant dans la zone à cartographier, et connus, par exemple, grâce à la géodésie spatiale.

Mais, dans certains cas, SPOT donnera la possibilité de cartographier une zone sans y connaître aucun point d'appui. En utilisant simultanément les deux HRV, l'un visant la zone inconnue et l'autre une zone dans laquelle on connaît des points, il serait possible de repérer des points d'appui dans la zone inconnue (cela doit être confirmé grâce à des simulations).

La précision de ces nouveaux points d'appui dépendra aussi de la précision des mesures d'attitude, qui permettra d'interpoler ou d'extrapoler les paramètres géométriques calculés à partir des points connus.

Calcul du MNT

Quand on dispose de suffisamment de points d'appui grâce à la triangulation, il est possible de calculer, dans un premier temps, le modèle de déformation de chaque image du couple.

Deux méthodes sont alors possibles :

a) Un stéréo-restituteur analytique peut être utilisé avec des images de niveau I. Les points homologues sont alors "fusionnés" par l'opérateur qui suit les courbes de niveau ou les profils du MNT.

b) Un processeur peut être envisagé pour utiliser directement l'information sous forme numérique. Ce type de processeur est à l'étude dans plusieurs services de photogrammétrie aérienne. Ils pourront être utilisés pour l'imagerie SPOT. Beaucoup d'entre eux utilisent les droites épipolaires des photographies aériennes pour trouver les points homologues (ainsi, la corrélation numérique est mono-dimensionnelle).

Ces épipolaires n'existent pas dans le cas des images SPOT, mais on peut trouver localement des "quasi-épipolaires".

Dans les deux cas, la précision du MNT dépendra : 1) de la précision de la triangulation et des points d'appui; 2) du rapport base/hauteur du couple stéréo; et 3) des variations radiométriques entre les deux images, ce qui pourra diminuer la qualité de la corrélation (si, par exemple, les ombres sont différentes).

En tenant compte de ces problèmes, la précision attendue pourra varier entre 10 et 20 m, pour le mode monospectral du HRV.

Cette précision est compatible avec les cartes au 1/200 000 ou au 1/250 000, avec une équidistance des courbes de 40 ou 50 m.

Simulations

Des simulations d'images SPOT ont été réalisées, dans le but de vérifier quelques-unes des hypothèses concernant la qualité de l'image, de tester les méthodes de prétraitement et de préparer les algorithmes de traitement.

Ces simulations ne peuvent pas être des images SPOT "réelles", mais chacune d'entre elles peut visualiser un effet particulier et donner nombre d'informations utiles sur cet effet.

Par exemple, des simulations géométriques ont été générées à partir de photos aériennes pour visualiser l'effet stéréoscopique. Ces simulations ne sont pas complètement évaluées, mais elles montrent déjà l'aspect des images SPOT.

Conclusion

Le système SPOT sera un nouvel outil qui aidera les cartographes à dresser les cartes topographiques au 1/200 000 de nombreux pays qui en ont besoin. Un rapport des Nations Unies sur l'état de la cartographie en 1974[7] fait remarquer que de très grandes zones ne sont pas encore cartographiées avec précision.

El là où on possède déjà de bonnes cartes, SPOT permettra de réduire les délais de mise à jour de plusieurs années pour les échelles de 1/50 000 et de 1/100 000.

SPOT ne sera pas le seul satellite à usage cartographique. LANDSAT D, avec ses capteurs MSS et *thematic mapper* sera bien adapté à la cartographie et à l'interprétation thématique, Spacelab et sa caméra métrique et la navette spatiale et sa *large format camera* seront adaptés à des missions cartographiques spécifiques. Tous ces différents types de satellites sont des outils complémentaires qui pourront aider les cartographes du monde et, de ce fait, tous ceux qui ont besoin de bonnes cartes.

Références

1. Colvocoresses, A. P. Proposed parameters for an automated mapping satellite (Mapsat) system. Présenté au Symposium sur les nouvelles technologies cartographiques de la Société internationale de photogrammétrie, Ottawa, octobre 1978.
2. Le système probatoire d'observation de la Terre : caractéristiques principales. Centre national d'études spatiales, juin 1978.
3. Cazenave, M. Le programme SPOT. Présenté au Colloque sur l'observation de la Terre depuis l'espace et la gestion des ressources planétaires, Toulouse, mars 1978.
4. Rosso, R. Le satellite de télédétection SPOT : évaluation des qualités géométriques des images. Présenté au Symposium sur les nouvelles technologies cartographiques de la Société internationale de photogrammétrie, Ottawa, octobre 1978.
5. Thompson, L. L. Remote sensing using solid state array technology. *Photogrammetric engineering and remote sensing* 45 n° 1 (January 1979).
6. Major SPOT mission parameter selection; a simulation of stereo capabilities—presentation and discussion of planned data products. *Par* G. Weill *et autres*. Présenté au treizième Symposium on Remote Sensing of the Environment, Ann Arbor, Michigan, avril 1979.
7. *Cartographie mondiale*, vol. XIV (publication des Nations Unies, numéro de vente : F.76.I.13).

IMPORTANCIA DEL CONTROL FOTOGRAFICO EN LA CONFECCION DE LOS MAPAS FOTOGRAFICOS*

Documento presentado por Cuba

SUMMARY

Nowadays, as a result of scientific and technological advances in the field of geodesy and cartography, it is important to note that the methods employed in topographic mapping require meticulous work at all stages.

The paper discusses basic and essential aspects of photographic control in topographic mapping and sums up the results of long experience in this field.

RÉSUMÉ

A une époque où le développement de la science et de la technique s'étend au domaine de la géodésie et de la cartographie, il convient de souligner que les méthodes utilisées aux fins de la préparation des levés topographiques exigent un travail minutieux à toutes les étapes du processus.

Le document récapitule les aspects fondamentaux et essentiels du contrôle photographique lors de la préparation des levés et fait la synthèse des résultats d'une longue expérience utilisée à ces fins.

INTRODUCCIÓN

La base fundamental para la creación de los mapas topográficos con la precisión requerida, el mínimo de gastos, tanto de fuerzas como de medios disponibles, depende en grado sumo del proyecto técnico, los equipos y técnicas topográficas modernas que se utilicen.

Es por eso que dicho proyecto ha de tener en su contenido el análisis de la tarea, el cual se obtendrá como resultado de una amplia visión de los factores que intervendrán en la confección del mapa y el tiempo para la ejecución de los trabajos.

Basado en ello, el orden de confección del proyecto técnico reviste gran importanica en la ejecución de los trabajos, ya que el mismo, una vez elaborado con los diferentes procesos de trabajo, será el documento oficial que regirá todos los procesos.

En sentido general podemos plantear tres aspectos fundamentales al confeccionar los proyectos técnicos: 1) memoria descriptiva; 2) proyecto de los trabajos; 3) cálculo del volumen de fuerzas y medios; considerando que el contenido de estos aspectos corresponde a: generalidades de la memoria descriptiva; tecnología a utilizar; necesidad de ingenieros, técnicos y obreros; tipos y volúmenes de los trabajos; medidas de protección e higiene del trabajo; necesidad de materiales; equipos necesarios; medios de transporte desglosado; plazo de cumplimiento de los trabajos.

Factores que intervienen directamente dentro de los aspectos señalados anteriormente para la confección del proyecto técnico:

- — Recopilación y sistematización de materiales topogeodésicos de la zona;
- — Estudio del levantamiento aéreo;
- — Análisis de la base geodésica;
- — Tareas técnicas de campo para la determinación de los puntos;
- — Preparación plano-altimétrica para el método de levantamiento estereotopográfico;
- — Desarrollo de la clasificación;
- — Restitución de la planimetría y altimetría en los equipos estereofotogramétricos;
- — Preparación para la edición.

En el proyecto técnico de los trabajos topográficos se destacan los siguientes aspectos:

a) Reconocimiento en la zona de trabajo para decidir el método más apropiado en la determinación de los puntos de control, así como para obtener una visión más completa de la cantidad de torres necesarias en la zona;

b) Las exigencias y precisión con que se determinaron las estaciones geodésicas, las cuales servirán de base a los trabajos de control fotográfico en campo;

c) El control fotográfico como apoyo fundamental para la determinación de la posición planimétrica y altimétrica y posterior restitución;

d) La clasificación de campo en función del destino que tendrá el mapa a confeccionar;

e) Los cálculos técnicos necesarios para cumplir los trabajos de campo, que intervienen en el proyecto, con la finalidad de conocer las fuerzas y medios que se necesitan; cálculo del tiempo para cumplir los trabajos, para lo cual las normas de producción son de mucha utilidad práctica.

En la actualidad, los mapas topográficos se confeccionan por métodos aerofotogramétricos, donde la mecanización y automatización presentes en las diferentes etapas de los procesos para su confección aseguran, en gran medida, el ahorro de tiempo, medios y fuerzas, haciéndolos más económicos. Sin embargo, los trabajos de campo requieren un tiempo considerable en la ejecución de los proyectos y constituyen una etapa básica en la confección de los mapas.

Considerando la extensión y carácter del levantamiento, así como los materiales y equipos disponibles, se hará la elección del método de levantamiento, que puede ser método estereo-fotogramétrico o método combinado.

Precisión y exactitud de los mapas topográficos

Para garantizar la precisión de los mismos, debemos tener presente el error medio de la posición de los objetos y contornos del terreno que aparecen en el mapa con relación a los puntos más cercanos de la red planimétrica, el

* El texto original de esta monografía, preparado por Osmay Caraballo Puente, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, se publicó como documento E/CONF.71/L.50.

cual debe ser menor de 0,5 mm en zona llana y 0,75 mm en regiones montañosas. Por tal motivo, a la hora de la determinación de los puntos de control horizontal se hace necesario que los mismos sean obtenidos con un error máximo de ± 0,2 mm y el error medio de ± 0,1 mm, ya que en los restantes procesos de la confección del mapa hay que obtener un error permisible, para garantizar las exigencias anteriormente expuestas.

La equidistancia del relieve se establece en dependencia del grado de inclinación que presentan las pendientes; por tal motivo, el error medio de las cotas anotadas en el mapa, con relación a los puntos más cercanos de la red de levantamiento altimétrico, no deberá ser mayor que 1/3 de la equidistancia que se adopte.

Criterios técnicos para la distribución de los puntos del control fotográfico en las líneas de vuelo

El cálculo de la cantidad de pares estereoscópicos entre los puntos de control horizontal y la cantidad de puntos de control vertical se realiza al planificarse el proyecto técnico para la confección del mapa. Es por eso que la cantidad de puntos de control y la distribución de los mismos dependen del método empleado para la densificación fotogramétrica de la red planimétrica y de la escala del mapa a confeccionar.

Existen varios métodos de densificación fotogramétrica; los más usuales son el método fotogramétrico especial en los instrumentos universales y el método analítico, con auxilio de la computadora.

La cantidad de pares estereoscópicos entre los puntos de control horizontal se calcula sobre la base de las fórmulas propuestas por A. N. Lobanov, las cuales caracterizan la recopilación de errores en las redes fotogramétricas.

Análisis de las fórmulas para el control planimétrico

$$N = 2{,}22 \sqrt[3]{\left(\frac{M \quad ml}{m \quad mq}\right)^2} \qquad \text{(I)}$$

donde:

M = denominador de la escala del mapa a confeccionar
m = denominator de la escala de foto
ml = error medio cuadrático en la posición plana de los puntos
mq = error permissible en la determinación del paralaje transversal en los equipos
2,22 = coeficiente de transformación.

Para el método universal, consideramos los siguientes parámetros técnicos:

mq = 0,03 mm
ml = 0,44 mm
m = 13 000
M = 10 000

$$N = 2{,}22 \sqrt[3]{\left(\frac{10\,000 \times 0{,}44}{13\,000 \times 0{,}03}\right)^2}$$

sustituyendo en (1)

$$N = 2{,}22 \sqrt[3]{11{,}23^2}$$
$$N = 2{,}22 \times 5{,}02$$

N = 11 = cantidad de pares estereoscópicos entre los puntos de control horizontal

Análisis para el control vertical

$$N = 2{,}08 \sqrt[3]{\left(\frac{b \cdot m \quad z}{f \cdot m \; mq}\right)^2}$$

donde:

b = distancia entre los centros de fotos
mz = error medio cuadrático en las alturas de los puntos
f = distancia focal de la cámara utilizada

Para:

f = 100 mm
mz = 875 mm

$$N = 2{,}08 \sqrt[3]{\left(\frac{72 \times 875}{100 \times 13\,000 \times 0{,}03}\right)^2}$$

$$N = 2{,}08 \sqrt[3]{2{,}46}$$

sustituyendo en (II)

$$N = 2{,}08 \times 1{,}44 = 2{,}9$$

N = 2 cantidad de pares estereoscópicos entre los puntos de control vertical

De los resultados obtenidos en función de las fórmulas (I y II) realizaremos nuestra distribución, con el objetivo de establecer el amarre de las fotografías en el orden siguiente:

1) Los puntos de control horizontal se sitúan por filas perpendiculares al sentido de las tiras de vuelo cada 11 bases y el chequeo cada cinco o seis bases.

2) Los puntos de control vertical se sitúan también perpendiculares, al sentido de las tiras cada dos bases.

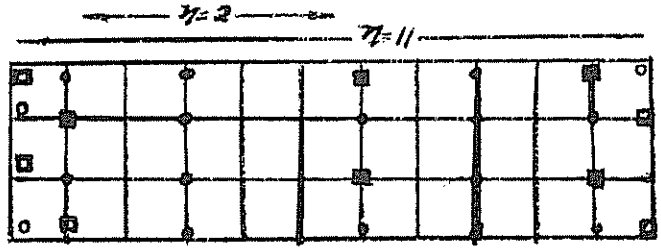


Figura 61. Cuba: esquema de distribución

Métodos utilizados en la determinación de las coordenadas de los puntos de control fotográfico horizontal y vertical en campo

Indicaciones sobre el reconocimiento y determinación de los puntos de control foto:

a) Los puntos de control se señalan en el terreno mediante estacas, en los casos que se requiera, con las dimensiones de 30 cm de altura y un diámetro de 5 cm; luego se pintan de color amarillo y se coloca la numeración, en un lugar próximo, que lo identifique claramente;

b) Se realizará el puyado del punto seleccionado en las fotografías, realizándose al dorso un croquis sencillo del área donde se escogió el punto;

c) En dependencia de la visibilidad y posición de la red geodésica se determinarán los métodos óptimos a utilizar en el control fotográfico.

Considerando que los puntos que sirven de base para la determinación de los puntos de control fotográfico son los de la red geodésica, es necesario, antes de comenzar los trabajos de control foto, realizar un análisis de la misma para determinar su grado de utilización en el proyecto.

Para el control horizontal, los métodos más notables son: el método poligonométrico, el método de intersecciones, el método de microtriangulación, y el método polar con el telurómetro.

Método poligonométrico

Este método lo podemos aplicar en los casos en que la densificación de la base geodésica sea pobre, haciéndose necesaria la determinación de varios puntos de control fotográfico.

Los lados de la poligonal se podrán medir con cinta mira horizontal de invar o con los telurómetros (DI-50, DI-10 o DI-3). Los ángulos se medirán con teodolitos de segundos.

Métodos de intersecciones

En la determinación de la posición de los puntos de control se puede emplear este método, cuando la densificación de la red geodésica resulta beneficiosa. Las intersecciones pueden ser: directa, inversa, y mixta o combinada.

Intersección directa

Los puntos de control deberán ser observados desde tres estaciones geodésicas como mínimo, para poder formar las combinaciones, buscando siempre semejanza con un triángulo equilátero.

Intersección inversa

Este método es de gran utilidad, ya que los puntos de control quedan con gran precisión. El mismo se aplica en zonas bien densificadas, necesitándose como mínimo cuatro estaciones geodésicas: tres para la determinación del punto y una de comprobación.

Para el control vertical

Los métodos que se emplean para realizar la nivelación de los puntos de control están en función de la zona del levantamiento, de los equipos de que se dispone y de la base geodésica.

Los métodos fundamentales de nivelación son la nivelación geométrica, la nivelación trigonométrica y la nivelación barométrica.

Como complemento para la nivelación geométrica se destaca la nivelación técnica, que por su simplicidad y exactitud es la más usada en zonas llanas y onduladas, en sus dos variantes, con doble puesta de instrumento o utilizando miras bilaterales.

En zonas montañosas con equidistancia mayor de 5 cm se empleará la nivelación trigonométrica, utilizano teodolitos autorreductores.

De la nivelación barométrica podemos señalar que, dada la inexactitud de la misma apenas tiene utilidad en estos trabajos, destinándosele para zonas sumamente montañosas.

Conclusión

A grandes rasgos, estos son los criterios técnicos fundamentales que exigen los trabajos de control foto, los cuales constituyen las base primordial en la confección de los mapas topográficos por el método estereofotogramétrico, los cuales servirán de base para su posterior procesamiento en gabinete durante la aerotriangulación y restitución de los originales de compilación de los mapas topográficos a la escala deseada.

SISTEMAS DE CARTOGRAFIA TOPOGRAFICA PARA PAISES NO DESARROLLADOS: LA EXPERIENCIA MEXICANA EN LA ULTIMA DECADA*

Documento presentado por México

SUMMARY

A national topographic mapping system is basically a system of information on the geometrical features of the earth's surface and is therefore a fundamental prerequisite and aid for the compilation of a national resource inventory. It is of vital importance for developing countries to know what resources they have, because the ability of nations to conserve, protect and use their resources to advantage will depend on the amount of information available concerning those resources.

However, a common problem confronting the developing countries is the lack of basic information on their territory, and since there can be no development without information, the result is a difficult, vicious circle. The paper

RÉSUMÉ

Un système national de cartographie topographique est essentiellement un système d'information sur les caractéristiques géométriques de la surface terrestre et, par conséquent, la condition préalable et un outil de travail fondamental pour pouvoir faire l'inventaire des ressources nationales. Il est vital pour les pays en développement de connaître les ressources dont ils disposent car, selon qu'ils sont bien ou mal informés, ils pourront ou non préserver, protéger et exploiter lesdites ressources à leur profit.

Néanmoins, une caractéristique commune à tous les pays en développement est le manque d'information de base sur leur territoire et, comme il ne saurait y avoir de développement sans information, ils se trouvent pris dans un grave cercle vicieux. L'objet du document est de montrer comment y échapper dans le domaine de l'information topographique; la thèse soutenue est qu'il faut le faire

* El texto original de esta monografía, preparado por Carlos Salman González, se publicó como documento E/CONF.71/L.51

discusses ways of breaking out of this vicious circle in the matter of topographic information. It is argued that efficient means of achieving this must be found promptly, without any detrimental sacrifice of independence or unfounded illusions. In support of this view the paper describes Mexico's experience over the past decade.

rapidement et efficacement, sans créer de dépendances dangereuses ou de vaines illusions. Cette thèse est étayée par une description de l'expérience mexicaine des 10 dernières années.

Introducción

Las condiciones tecnológicas y económicas de los países no desarrollados son especialmente difíciles. Comparativamente, cada vez reciben menos por las materias primas que exportan y pagan más por los bienes y servicios que importan, lo que incide negativamente en las posibilidades que estos países tienen para lograr índices satisfactorios en materia de alimentación, salud, educación y empleo.

Ante estas circunstancias, las funciones que la información, y, más, especialmente, la información del medio físico puede desempeñar, no es sólo importante, sino vital. De lo bien o mal informadas que las sociedades estén en relación a lo recursos naturales con que cuentan, dependerá el que puedan conservarlos, protegerlos y que éstos se apliquen en su beneficio y no en el de las metrópolis nunca satisfechas y siempre necesitadas de tales recursos, dados sus patrones de consumo.

A pesar de lo anterior, encontramos como característica común a los países no desarrollados el que carezcan de la información básica de su territorio y, dado que no es posible avanzar hacia el desarrollo sin información, nos encontramos aquí con uno de los primeros círculos viciosos del atraso: no hay desarrollo sin información y, hasta hace muy poco, sólo las metrópolis tecnológicas contaban con información adecuada del medio físico, tanto de su territorio como del de los países de donde obtienen materias primas.

Cómo romper este círculo vicioso en materia de información topográfica puntual de cualquier inventario de recursos es el tema de este trabajo. Su pretensión y tesis es que debe ser roto pronto y eficazmente sin caer en dependencias dañinas, ni ilusiones injustificables, confiando en la capacidad del hombre latinoamericano y aprovechando dos recursos de gran calidad y abundancia en nuestros países. Me refiero a la juventud y a la esperanza.

Necesidades de información topográfica

Del concepto de carta base al de sistema cartográfico

El conocimiento de la realidad física que se intenta lograr a través de la representación cartográfica no podrá ser completo si se circunscribe solamente a una escala que limita en cantidad y detalle la información a representar.

La solidez de un sistema cartográfico nacional depende de su correcta estructuración, para que sea capaz de responder a las necesidades de información en los diferentes niveles de decisión de los distintos usuarios del sistema.

Cuadro 1. Sistema nacional de cartografía topográfica de México

Nivel de información	*Escalas*	*Formato de hojas*	*Número de hojas que cubren la República*	*Aplicación*
Nacional (actualización cada dos años)	1:4 000 000	32° × 19°	1	Planeación nacional Base para cartas temáticas Evaluacion general de infraestructura del país Obras de infraestructura a nivel nacional
	1:2 000 000	16° × 19°	2	
	1:1 000 000	6° × 8°	8	
Regional (actualización cada seis años)	1:250 000	2° × 1°	126	Planeación regional Base para cartas temáticas Evaluación regional de infraestructura Coordinación Gobierno Federal-gobiernos estatales
Local (actualización dependiendo de la zona de seis a diez años)	1:50 000[a]	20′ × 15″	2 400	Anteproyecto de obras de infraestructura Base del inventario nacional de recursos Catastro rural-tenencia de la tierra Desarrollo urbano Consolidación de tierras Planes de desarrollo local
	1:20 000	10′ × 7′30″	8 000[b]	
	1:10 000	5″ × 3′45″	30 000[b]	

[a] Dadas las condiciones técnicas y metodológicas, la escala 1:50 000 es la óptima para servir de base al inventario de recursos y ser la espina dorsal del sistema.

[b] No se contempla por el momento cubrir toda la República con estas escalas, sino sólo las áreas de mayor potencialidad.

Es decir, deberá proporcionar información a nivel nacional, regional, local y aun a nivel predio o parcela.

La realidad que pretendemos estudiar es una sola; entonces, el sistema cartográfico debe tender a eliminar el concepto que vinculaba cada proyecto de ingeniería o de desarrollo rural o urbano a un proyecto cartográfico, pues este enfoque nos ha llevado, durante décadas, a la duplicación de estudios, la carencia de especificaciones congruentes, la falta de integración y actualidad de los mismos y, en suma, a graves desperdicios de recursos. Para superar esta situación, la información que el sistema produzca y haga disponible deberá ser satisfactoria para estos proyectos, tanto en profundidad como en oportunidad.

En el cuadro 1 se ilustra la estructura cartográfica (niveles y productos) del sistema mexicano de cartografía topográfica, a la cual se ha llegado después de considerables esfuerzos y aprendizaje en relación a las necesidades de información del país.

Hasta hace muy poco, sin embargo, las instituciones nacionales de cartografía de los países no desarrollados enfocaban sus esfuerzos a la construcción de cartas a escala básica de las regiones que el país requería con más urgencia, ya que, dada la escasez de recursos, no era posible (como aún no lo es en muchos países) plantear la implementación de sistemas cartográficos integrales, tanto en profundidad como en cubrimiento y actualidad, y esto, a pesar de que, como ha sido comprobado a nivel mundial, el desarrollo cartográfico precede al desarrollo económico y social de los pueblos.

Aunque la historia ha demostrado que existe una correlación directa entre el grado de desarrollo de un país y el volumen de mapas que produce y utiliza, no siempre es totalmente comprendido el hecho de que la implementación y mantenimiento de un sistema de cartografía topográfica es, al menos en los países de gran extensión territorial, un proceso que consume considerables cantidades de tiempo y recursos. A pesar del impulso recibido en los últimos años, es innegable que las carencias cartográficas a nivel mundial son muy fuertes y se requerirán grandes esfuerzos para subsanarlas. En el cuadro 2 se muestra la necesidad y disponibilidad de mapas según el volumen X de *World Cartography*[1].

Cuadro 2. Necesidad y disponibilidad de mapas

Escala	*Necesidad (porcentaje)*	*Disponibles (porcentaje)*
1:250 000	100	35
1:100 000	50	21
1: 50 000		10
1: 25 000		5
1: 5 000	5	1
1: 1 000		

Los datos mostrados, al ser promedios mundiales, no reflejan las condiciones de los países no desarrollados que son aún más graves, y en especial las del continente que nos ocupa: América. En el cuadro 3 mostramos los datos estadísticos para América y el mundo, según el levantamiento realizado por las Naciones Unidas en 1974.

[1] Publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: E.70.I.4.

Cuadro 3. Porcentajes de área cubierta en cada rango de escala (América y el mundo)

Región	*Rango I 1:1 250 a 1:31 680*	*Rango II 1:40.000 a 1:75 000*	*Rango III 1:100.000 a 1:126 720*	*Rango IV 1:140.000 a 1:253 440*
Africa	0.3	23.6	9.9	74.8
América del Norte	23.2	50.9	7.9	90.4
América del Sur	8.9	6.0	17.9	18.2
Europa	75.4	70.4	63.3	87.5
Asia	11.9	55.2	13.1	87.8
USSR		40.0	100.0	100.0
Oceanía	18.3	31.8	19.7	99.7
Total mundial	11.6	35.9	34.5	80.2

FUENTE: "The status of world topographic mapping", *World Cartography*, vol. XIV (publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: E.76.I.13).

El cuadro 3, desde nuestro punto de vista, adolece del defecto (para el análisis de lo que ocurre en Latinoamérica) de que divide al continente americano en dos regiones que no son homogéneas, pues en el rubro América del Norte agrupa a países como Estados Unidos de América y Canadá junto con México, Centroamérica y el Caribe, con lo cual se distorsiona la realidad, como puede verse en el cuadro 4.

Ante este panorama, es de la mayor importancia el que los recursos disponibles sean empleados en la implementación y sostenimiento de sistemas nacionales de cartografía y no sólo se utilicen en levantamientos aislados, sin congruencia en sus especificaciones ni previsión para su actualización, lo que finalmente se traduce en graves desperdicios de recursos.

Cuadro 4. Porcentajes de área cubierta en cada rango de escala (América)

Región	*Rango I 1:1 250 a 1:31 680*	*Rango II 1:40.000 a 1:75 000*	*Rango III 1:100.000 a 1:126 700*	*Rango IV 1:140 000 a 1:253 440*
México, Centroamérica y el Caribe	1.0	50.9	0.4	15.0
América de Sur	8.9	6.0	17.9	18.2
Latinoamérica[a], total	7.7	13.5	15.0	16.3
Estados Unidos y Canadá	26.0	51.0	8.5	100.0

[a] En los rangos II y IV inclusive Africa, cuyos países son mucho más jóvenes, tiene mejores índices que Latinoamérica, que definitivamente está en la situación más crítica.

Un sistema nacional de cartografía topográfica es básicamente un sistema de información sobre las características geométricas de la superficie terrestre. En otras palabras, es una estructura organizada de operaciones consecutivas conectadas de forma que puedan satisfacer los requerimientos que le son establecidos como objetivo.

En la figura 62 se ilustra y describe un esquema general de los sistemas de información.

En el esquema pueden distinguirse cuatro operaciones fundamentales, o sea:

a) Captación de datos a través de diversas fuentes (algunas de estas fuentes pueden ser operadas por el sistema o por los sistemas);

b) Procesamiento de los datos, que incluye su validación, transformación y correlación, para la producción e información; como parte de esta operación se contempla el funcionamiento de un archivo o banco de datos;

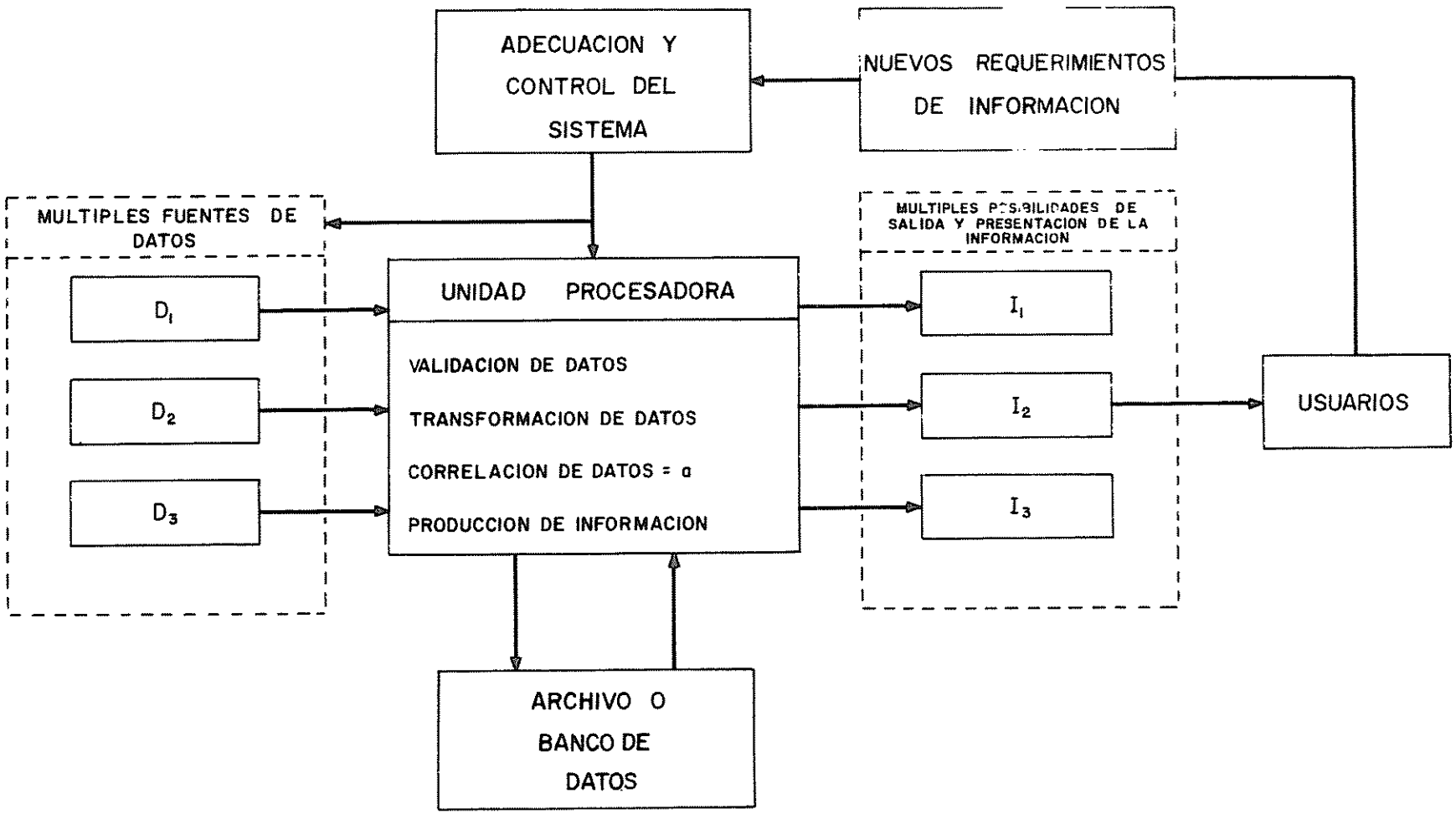


Figura 62. México: esquema general de un sistema de información

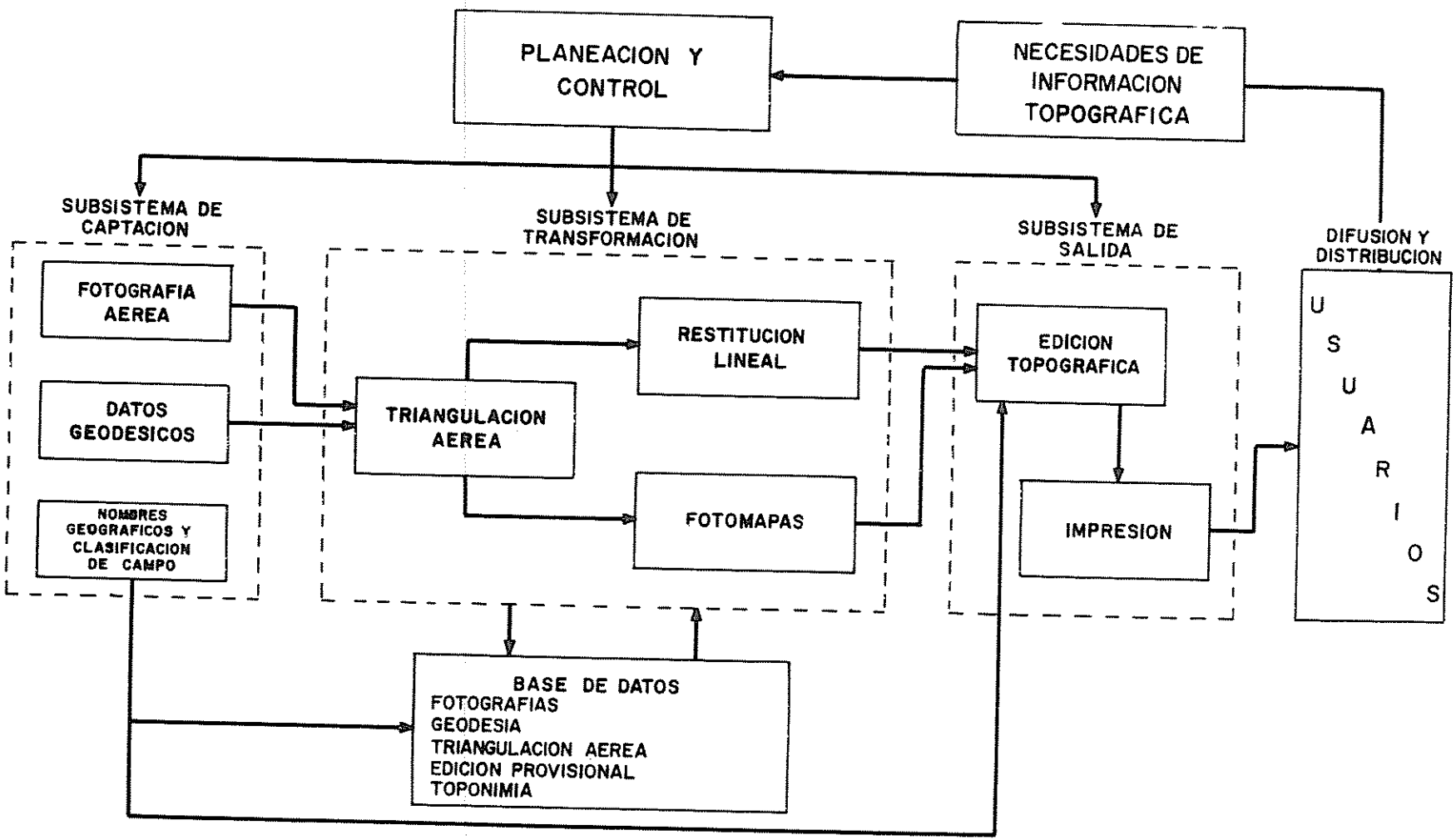


Figura 63. México: esquema operativo de un sistema de cartografía topográfica

c) Presentación de la información o solidez del sistema adecuadas a los requerimientos de los usuarios;

d) Operaciones de adecuación y control que incluyen: actualización de los datos, modernización del sistema, adecuación a nuevas solicitudes.

En la figura 63 se aplica el esquema anterior a un sistema de información topográfica.

Alternativas tecnológicas: algunas consideraciones

Al enfrentar el reto que implica la construcción de una cartografía topográfica nacional, los países no desarrollados se encuentran muchas veces con el hecho de que no existen recetas, modelos a seguir, ni soluciones simples. Por una parte, la eficiencia exigida es alta; es decir, el máximo descubrimiento cartográfico en el menor tiempo y con mínimo costo. Por otra parte, las necesidades de reafirmación en las propias capacidades, así como la liga que la cartografía topográfica tiene con el inventario de los recursos estratégicos de las naciones, nos debe llevar a ser muy cuidadosos en relación a utilizar la aparentemente fácil posibilidad de contratar los levantamientos con compañías de países desarrollados, aun en los casos en que éstos son ofrecidos en paquete de supuesta ayuda técnica.

El argumento utilizado en muchas ocasiones de que los levantamientos urgen y por tanto no debe de importar dónde y quién los haga, ha demostrado su falsedad histórica.

Los levantamientos sólo urgen en la medida que puedan ser utilizados por una sociedad para la defensa, conservación y utilización racional de sus recursos. El problema entonces no puede plantearse en términos de tener levantamientos cartográficos, sino de usar levantamientos cartográficos por el país directamente interesado y al decir país nos referimos a sectores representativos de su población y no sólo a minorías tecnocráticas, muchas veces aliadas a intereses transnacionales.

Dado lo anterior, el problema que enfrentamos en los países no desarrollados no debe concebirse en términos de contar de inmediato con levantamientos para explotar recursos, sino más bien construir simultáneamente la cartografía y la cultura cartográfica requerida para conservar, defender y utilizar racionalmente los recursos en beneficio de toda la población.

Planteado así el problema, debemos entender que la tarea no es sólo producir cartas, sino también preparar hombres para producir y usar cartas.

Otro aspecto importante a considerar es el relativo al nivel tecnológico adecuado para los países no desarrollados.

La respuesta no es simple, ni puede ser general. Por una parte, la eficiencia no debe limitarse en aras de posiciones conservadoras que nieguen el desarrollo, pero además debe verse muy cuidadosamente la posibilidad de trasplantar metodologías y/o equipos de gran sofisticación y complejidad, que pueden ser muy efectivos en países de alto desarrollo tecnológico, pero que al operarse en las condiciones de países no desarrollados pueden dar graves problemas en su conservación y reparación. Además de que las circunstancias en estos países pueden ser radicalmente diferentes.

Por otra parte, la tecnología no es ángel ni demonio, sino únicamente una herramienta que dará resultados en la dirección que el hombre quiera darle y efectividad en base a la capacidad del hombre que la maneje.

Un instrumento de primera en manos de un operador de segunda da resultados de segunda; mas un instrumento aunque fuese de segunda en manos de un operador de primera puede dar resultados de primera. Lo más importante es el hombre.

Dadas las anteriores consideraciones, los técnicos latinoamericanos debemos ser muy cuidadosos en la selección del equipo, pues, dados los altos costos de la tecnología moderna, no sería justo dejarnos llevar por la corriente tecnológica comercial que pone en el mercado lo que puede hacerse y no lo que realmente se necesita en países como los nuestros, con condiciones muy diferentes a las de los países donde el equipo se produce.

La experiencia mexicana

Orígenes y filosofía

Desde 1961 existía en México una creciente inquietud, entre un grupo de profesionistas de diferentes especialidades, acerca de la urgente necesidad de contar con un inventario integral y eficiente de los recursos del país. Los objetivos, alcances y caminos para realizarlo fueron delineados, analizados y depurados en los siete años siguientes a este período. Varias proposiciones fueron hechas a diferentes secretarías de estado hasta que, finalmente, en octubre de 1968, el Gobierno mexicano decidió la creación de un organismo cartográfico nacional, dependiente de la entonces Secretaría de la Presidencia, que estaría dedicado a realizar y mantener actualizado el inventario de los recursos del país.

Para lograr lo anterior fue necesario demostrar que las alternativas para conocer nuestros recursos eran radicalmente opuestas, pues, como ocurre con la mayor parte de los países subdesarrollados, dos caminos se nos presentaban. El primero, engañosamente fácil, es el de los levantamientos cartográficos para la explotación de los recursos que cualquier país subdesarrollado podría conseguir casi gratis de países poderosos interesados en tales recursos. Estos levantamientos lógicamente no cubren el país, sino sólo la región donde existan los recursos buscados, no se hace previsión para su actualización y, en general, las especificaciones no tienen relación con las necesidades cartográficas del país. El segundo camino, arduo y difícil, es el de los levantamientos cartográficos para el desarrollo, que, como la historia ha mostrado, tienen que ser hechos por cada país como un medio de conocer y defender sus propios recursos para utilizarlos racionalmente en beneficio de sus habitantes.

La elaboración de la cartografía nacional para el desarrollo es un proceso que no debe ser eliminado, substituido o simulado, pues sólo realizándolo en y por el país interesado con gente identificada con las necesidades sociales y económicas del mismo, será posible resolver los problemas de actualización y mantenerse a la par con las crecientes necesidades de estudios. Sólo si el país produce sus propios mapas podrá formar un número suficiente de fotogrametristas y cartógrafos con la suficiente conciencia social para entender que el proceso no termina en las prensas de impresión, sino que se continúa en la difusión, distribución y utilización del desarrollo por los habitantes del país.

En nuestro caso, la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL)[2] fue creada teniendo en mente que el proceso cartográfico en un país como México consumiría grandes cantidades de recursos, tiempo y esfuerzos, y que el objetivo no es sólo producir sino lograr que los estudios se utilicen adecuadamente y coadyuven a la construcción de una sólida cultura cartográfica y al desarrollo del país.

Organización del área de cartografía topográfica

Las etapas iniciales en la organización del área de cartografía topográfica fueron:

a) Selección de la escala para la carta topográfica básica y establecimiento de prioridades regionales;

b) Establecimiento de especificaciones;

c) Selección de metodologías y equipo.

Cada una de estas etapas es descrita a continuación:

Selección de la escala para la carta topográfica básica y establecimiento de prioridades regionales

En la época que se formó CETENAL existían en el país los siguientes levantamientos:

Carta aeronáutica: 1:1.000.000;

Carta topográfica: 1:500.000, compilada por la Secretaría de la Defensa Nacional, con circulación limitada;

Carta topográfica: 1:250.000 (sólo cubre la región norte del país a partir del paralelo 24°), realizada en cooperación entre el Servicio Geodésico Interamericano, el Servicio Cartográfico del Ejército (Estados Unidos) y la Secretaría de la Defensa Nacional;

Levantamientos regionales en escalas desde 1:25.000 hasta 1:100.000 realizados por diferentes ministerios, con distintas especificaciones de acuerdo al propósito del producto.

Para enfrentar estas carencias y con objeto de que los productos y en general todos los trabajos de la institución pudieran resolver las necesidades más urgentes de información para el desarrollo del país, se estableció un comité consultivo con representantes de todos los ministerios del Gobierno, con la misión de servir como asesor en las decisiones más trascendentes de CETENAL. En base a los requerimientos y necesidades del país, el Comité decidió que la mejor escala para la carta básica era 1:50.000, por sus ventajas en relación a la cantidad de información métrica y semántica que contiene, habiendo tomado también en cuenta para esta decisión la dimensión del país, el tipo de terreno (principalmente montañoso) y el tiempo esperado para el cubrimiento total.

Otro aspecto que tuvo que ser decidido con el auxilio del Comité fueron las prioridades para las diferentes regiones del país. El problema fue resuelto proporcionando a los representantes de cada ministerio un mapa del país a escala pequeña, solicitándoles marcar en él la región de interés para sus respectivos ministerios. Posteriormente, sobreponiendo todos los mapas, se decidió comenzar por la parte donde el mayor número de solicitudes coincidían, siendo ésta la región central del país.

Establecimiento de especificaciones

Una vez tomada la deción en relación a la escala, la siguiente etapa fue establecer las especificaciones de la carta topográfica 1:50.000 en tal forma que su producción fuese ágil y además satisficiera las necesidades de los usuarios potenciales, y aquí es importante destacar lo difícil que es decidir las especificaciones para un producto o sistema cuando los usuarios, al menos potencialmente, son todos los habitantes del país y cuando las aplicaciones pueden ser tantas y tan diferentes.

Fueron establecidas especificaciones con relación a la calidad y precisión de la información del mapa; sin embargo, se tuvo en mente que éstas no eran inamovibles porque, como es fácil entender, tan pronto como los primeros mapas estuvieran disponibles, los usuarios plantearían requerimientos y sugerencias para adecuar las especificaciones del producto.

Algunas de las especificaciones más importantes de la carta son:

a) La información altimétrica está representada por curvas de nivel con intervalos de 10 m en terrenos de pendientes moderadas y 20 m en las áreas montañosas;

b) Curvas maestras acotadas se indican con calibre mayor a cada 50 y 100 m respectivamente;

c) La precisión de la información altimétrica será tal que no más del 10% de los puntos verificados puedan tener errores mayores que ½ intervalo de las curvas de nivel, y el error medio cuadrático de las discrepancias será menor que ⅓ de la equidistancia entre curvas.

Los detalles que difieren en nuestras cartas topográficas de las versiones más tradicionales son: la calidad de representación altimétrica que se obtiene gracias al grabado directo de las curvas de nivel y la característica de incluir entre los detalles planimétricos algunos límites de parcelas con el objetivo de dar una idea acerca del uso de la tierra.

Selección de metodologías y equipo

Con objeto de dar una idea acerca de las condiciones de CETENAL cuando el equipo y métodos de trabajo debían seleccionarse, baste mencionar que sólo cuatro de los 10 fundadores tanían experiencia en fotogrametría.

Algunas de las decisiones principales que tuvieron que tomarse en el primer y decisivo año de CETENAL en relación a metodologías y equipo fueron, entre otras:

a) Los operadores de aparatos fotogramétricos y otra clase de personal técnico que se requiriese debían ser entrenados en el país y no se llamaría a expertos extranjeros.

b) Se dividiría al país en 79 zonas de trabajo (fig. 64) y tanto los vuelos fotogramétricos como el control terrestre se planearían de acuerdo a esta zonificación.

c) CETENAL obtendría todas las fotografías aéreas requeridas para sus estudios, por lo que se obtuvieron siete aviones y siete cámaras. De éstas, cuatro fueron RC-8 gran angular y tres RC-10 super gran angular. En lo que respecta a los aviones, su techo era de 25.000 a 30.000 pies. En 1978 se adquirió un Lear Jet con techo de 45.000 pies.

d) La escala de fotografía escogida fue en inicio 1:50.000 gran angular para terreno montañoso; después (cuando se dominó la triangulación aérea analítica en

[2] Ahora Dirección General de Estudios del Terrritorio Nacional (DETENAL).



Figura 64. México: Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL)—Divisiones de zonas

CETENAL y fue posible usar fotografía Super Gran Angular), escalas de 1:70 000 y 1:90 000 fueron usadas en áreas planas.

e) Se aplicarían métodos de triangulación aérea para obtener el apoyo complementario al terrestre. En la primera etapa se usaría el método de aeropolígono combinado con el ajuste polinómico de bloques. Los instrumentos escogidos para este propósito fueron cuatro Autógrafos A-7 y cuatro PUG-3 para la transferencia de puntos.

f) Se proveería de apoyo horizontal en el perímetro de cada bloque y líneas de control vertical transversales a la dirección de las líneas de vuelo con una separación de siete a ocho modelos, tal y como lo requiere el ajuste polinómico de bloques.

g) La restitución de los originales de la carta topográfica se efectuaría en instrumentos fotogramétricos de segundo orden. Se seleccionaron los Stereosimplex II-C de Galileo Santoni y se obtuvieron 20 de ellos.

Selección y entrenamiento de personal

Como ya fue mencionado, uno de los más difíciles problemas del arranque fue la carencia de personal entrenado en los aspectos fotogramétricos y de fotointerpretación, por lo que fue necesario establecer un programa completo de entrenamiento. Con objeto de aumentar las posibilidades de éxito en esta etapa, un gran cuidado fue puesto en la selección de candidatos.

En el área de fotogrametría, los siguientes requisitos tienen que ser satisfechos por cualquier aspirante al curso de preparación:

a) Escolaridad: al menos, escuela preparatoria terminada, de preferencia en las áreas de ingeniería;

b) Presentar satisfactoriamente un examen oftalmológico con énfasis en la calidad de la visión estereoscópica;

c) Presentar con éxito un examen psicotécnico.

Después de que un número suficiente de aspirantes para un grupo (alrededor de ocho a diez gentes) han completado exitosamente la batería de exámenes, CETENAL les ofrece una beca por tres meses con el objetivo de seguir un curso en fotogrametría básica y operación de instrumentos.

El curso se forma de dos grupos básicos de conocimientos, que son teoría y ejercicios:

Teoría

Tipos de proyecciones geométricas;

Fotografía aérea;

Haz de rayos perspectivos;

Proyectos de vuelo fotográfico; cámaras, traslapes, número de fotografías, número de fajas;

El modelo fotogramétrico;

Procedimientos de orientación relativa y absoluta;

Principios de instrumentos fotogramétricos;

Sesiones complementarias: objetivos y perspectiva de DETENAL, triangulación aérea y relaciones humanas.

Ejercicios

Preparación de fotografías para triangulación aérea;

Lectura de cotas fotogramétricas en diferentes instrumentos: A-7, Santoni II-C;

Ejercicios de restitución: curvas de nivel y detalles planimétricos;

Ejercicios de orientación relativa empírica;

Ejercicios de orientación absoluta;

Ejercicios de restitución de cartas topográficas.

Al final del período de beca alrededor del 40% de los aspirantes serán eliminados por diversas razones. Con objeto de dar una idea acerca del grado de rigurosidad de nuestro proceso de selección, se muestran en la figura 65 las estadísticas de los procesos sobre un período de cinco años.

Como puede verse en el diagrama, sólo el 8% de los solicitantes son finalmente aceptados como operadores en la Sección de Restitución. De los operadores de restitución, aquellos con mejor precisión de lectura se seleccionan para la Sección de Triangulación Aérea. Todo el personal (inclusive el ejecutivo) que trabaja actualmente en los aspectos fotogramétricos en DETENAL ha pasado por el proceso de selección y entrenamiento descrito.

Desarrollos metodológicos en fotogrametría

Triangulación aérea

Nuestra Sección de Triangulación Aérea ha experimentado tres etapas metodológicas de desarrollo:

1) Aeropolígono, de 1969 a 1971;
2) Modelos independientes, de 1972 a 1973;
3) Triangulación analítica, desde 1973.

En las tres etapas el ajuste de observaciones fue realizado aplicando el método de ajuste polinómico de fajas.

Se decidió comenzar con el método de aeropolígono porque ayuda a la formación del criterio correcto en los operadores pues, como sabemos, con este método los residuales en la conexión instrumental de los modelos provee un control inmediato de la calidad de la orientación relativa del modelo, y este hecho forma conciencia en el operador acerca del grado de rigor y cuidados requeridos para la ejecución de la triangulación aérea. En 1972 cambiamos a triangulación por modelos independientes, debido a las ventajas de este método con relación al aeropolígono, o sea: precisión, versatilidad y comodidad. A mediados de 1972, DETENAL adquirió un estereocomparador porque se consideró conveniente usar fotografía de menor escala (1:70 000 e incluso 1:90 000) en las áreas planas del país y, dadas las limitaciones de nuestros aviones en cuanto a techo, era indispensable el uso de cámara super gran angular, y este tipo de fotografía no era manejable en los A-7 (al menos analógicamente). A inicios de 1973, los procedimientos de triangulación aérea analítica fueron puestos a punto y pudo iniciarse esta importante etapa.

Esperábamos tener una producción bastante mayor con el STK-1 en relación al A-7; sin embargo, ésta fue sólo 20 a 25% mayor (aproximadamente diez modelos por turno). Considerando las razones para este pobre incremento, llegamos a la conclusión de que el sistema de mantener un solo operador durante cada turno no es satisfactorio, pues su efectividad en modelos por hora descenderá a medida que pasa el tiempo, debido a lo rutinario y fatigante de la actividad (unicamente medición de coordenadas). Este hecho es claramente entendible desde el punto de vista fisiológico y psicológico, por lo que se buscó una solución que además de incrementar la produc-

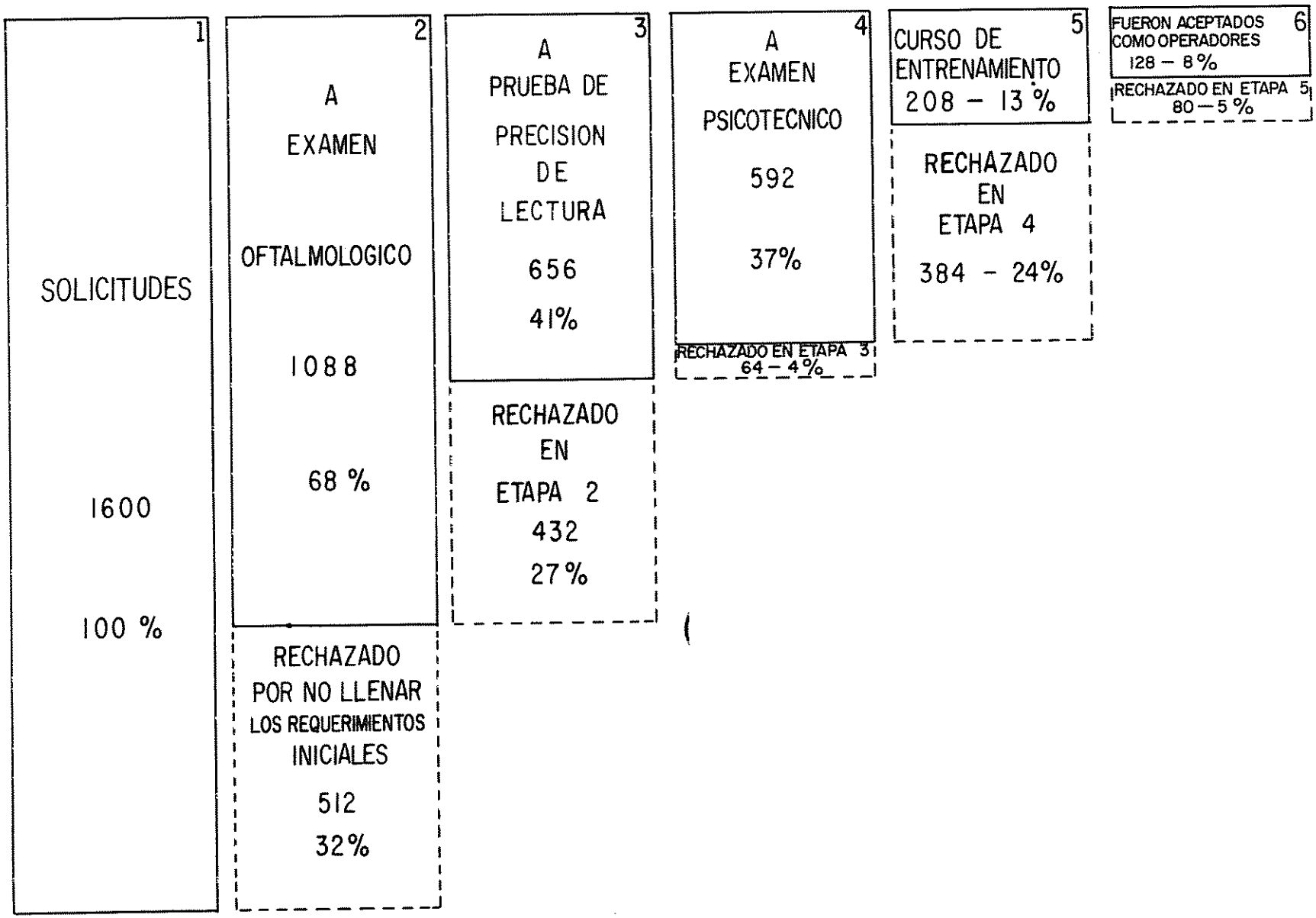


Figura 65. México: estadísticas del proceso de selección y entrenamiento

ción nos permitiera enriquecer el puesto del operador, involucrándolo en todo el proceso de triangulación aérea, desde la preparación hasta el manejo de datos.

La solución que se ensayó, y que ha dado los mejores resultados, fue establecer un modo de operación de tal modo que un operador sólo permanece ½ turno en el estereocomparador (3,5 horas), después de lo cual es reemplazado por otro que ha estado trabajando en una actividad diferente, por ejemplo, preparando las fotografías, transfiriendo puntos o revisando y preparando datos para la etapa de cómputo

Con esta forma de operación, la producción se ha aumentado considerablemente, como se muestra en la figura 66, en la que se reportan los resultados con distintas formas de operación. Por otra parte, se ha logrado que el operador participe en todo el proceso, con lo que se consigue un buen criterio acerca de la influencia de cada etapa en los resultados finales de la triangulación aérea.

Aunque en el método de producción descrito hemos logrado resolver todos nuestros requerimientos de triangulación aérea (aproximadamente 8.000 modelos por año), decidimos desarrollar la metodología y programación de la triangulación aérea analítica con instrumentos analógicos para estar en posibilidad de enfrentar ya sea un incremento en la producción o la producción normal en caso de falla del estereocomparador. Para realizar lo anterior se implementó en un Autógrafo A-7 el registro automático de "by" y se procesó a manera de prueba un bloque de 350 modelos. La producción promedio que se logró fue de 16 modelos por turno, lo que es aproximadamente el doble de lo obtenido con el modo analógico de operación.

Por las razones anteriores, recomendamos a las agencias cartográficas que desean efectuar triangulación aérea analítica tratar primero esta posibilidad, usando instrumentos analógicos. Resultados sorprendentemente buenos pueden alcanzarse, aun sin contar con estereocomparador.

Desarrollo de las técnicas de restitución de cartas topográficas

Grabado directo de las curvas de nivel

Al iniciarse el proceso de restitución de la carta topográfica, el área de fotogrametría enfrentaba los siguientes hechos: por una parte, la falta de experiencia de los operadores y, por la otra, la urgencia de la información. Como es conocido, un problema de la producción de cartas topográficas es que el período transcurrido entre la toma de fotografías y la impresión final del mapa es demasiado largo (de tres a cuatro años). Una de las razones es que la edición manual de la información altimétrica de una carta en terreno montañoso puede tomar hasta seis meses. Por otra parte, durante la edición de las curvas se efectúa un suavizamiento de las mismas, que en nuestro concepto decrece la calidad de la representación cartográfica. Por todas las razones anteriores, fue considerado indispensable tratar de implementar el método de grabado directo de las curvas de nivel en el instrumento. Los principales problemas que se tuvieron que resolver fueron:

a) *Resistencia de los operadores al cambio.* Aunque no puede decirse que la resistencia al cambio fuese muy fuerte, dado que la mayor parte de los operadores son gente joven con buena disposición hacia las innovaciones, sí fue necesario demostrar las ventajas del método y la importancia de esta etapa en el resultado final del proceso. La solución adoptada fue establecer un grupo experimental con dos operadores, de forma que pudieran evaluarse ventajas y desventajas y convencer a los demás operadores de la conveniencia del cambio. Los hehos que decidieron la adopción del grabado directo fueron la calidad y limpieza superiores que se logran, además de que se eliminan algunas de las partes más problemáticas de la restitución a lápiz o a tinta (afilado de minas, entintado, borrado, etc.).

b) *Obtención de agujas calibradas para el grabado.* Para resolver este problema tratamos de usar algunas agujas disponibles en el mercado, hechas de acero; sin embargo, éstas no fueron satisfactorias ni en calidad ni costo. Dado que este problema podía poner en riesgo la aplicación del grabado directo, fue decidido que nuestra área produciría sus propias agujas de grabado a partir del material de zafiro existente en el mercado mexicano. Un proceso de producción que es rápido, económico y preciso fue implementado en la Oficina de Restitución para la producción de agujas de grabado en diferentes calibres, de acuerdo a nuestras necesidades. La calidad obtenida superó a la de las disponibles en el mercado.

c) *Corrección de errores en la restitución.* Los errores más comunes en el grabado directo de curvas de nivel son: curvas de nivel que se unen, errores de continuidad en curvas y errores durante la restitución. Aunque la posibilidad de corregir estos errores se consideró difícil, en realidad no lo es, pues se dispone de la emulsión correctora Stabilene y, además, con el grabado directo, la limpieza del original altimétrico es muy superior a la que se tiene con lápiz o tinta.

En general, podemos decir que el grabado directo de curvas de nivel incrementó considerablemente la calidad de representación del relieve y nos disminuyó en un promedio de cuatro meses el tiempo de producción por hoja. Sin embargo, la más importante ventaja de este método fue que nos permitió producir una edición provisional de nuestro mapa con buena calidad y con un lapso muy breve después de contar con vuelo y apoyo.

Edición provisional de la carta topográfica 1:50.000

Dada la urgencia de contar con la carta topográfica y como el tiempo normal de producción de una carta topográfica, desde la toma de la fotografía hasta la impresión, es de alrededor de 3,5 años, fue considerado necesario realizar una edición provisional de la carta tan pronto como se hubiera finalizado la restitución de la misma, tal y como se muestra en la figura 67.

La importancia de contar con esta edición provisional queda clara si consideramos que de 1.600 cartas restituidas sólo 1.200 están impresas.

La edición provisional se realiza sumando en un positivo los originales, altimétrico, planimétrico y el canevá geográfico y retícula UTM.

En el original planimétrico se incluyen los nombres geográficos de algunos detalles relevantes, tomados de las fuentes más confiables.

Indices de producción

Una visión general de las producciones totales anuales en los diferentes aspectos se incluye en la figura 68.

Cabe destacar que aproximadamente el 70% del terreno es montañoso, por lo que la densidad de información altimétrica es bastante alta. Durante los primeros tres años los operadores trabajaron bajo el sistema de destajo, de

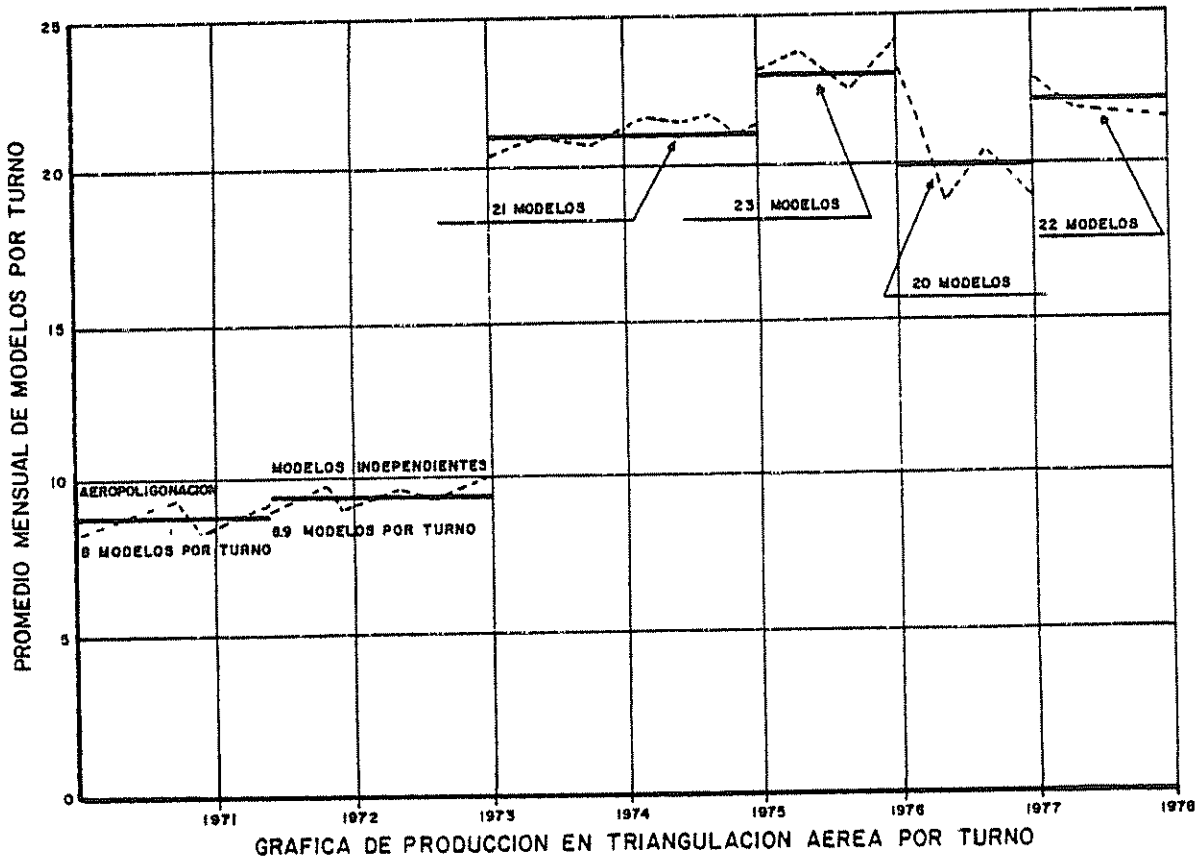


Figura 66. México: triangulación aérea por turno

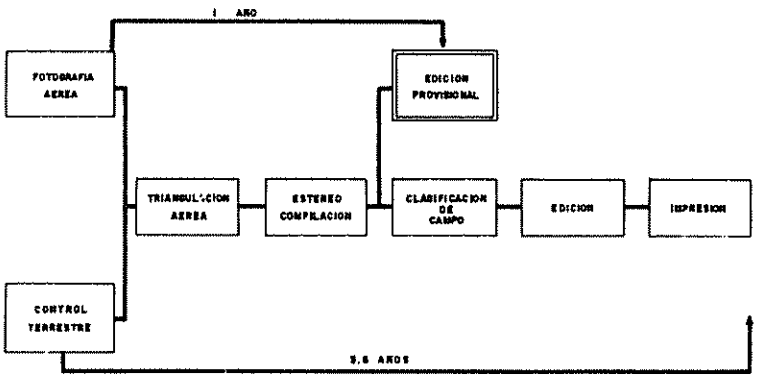


Figura 67. México: diagrama del procedimiento de mapas topográficos 1:50.000

PRODUCCION ANUAL										
ACTIVIDAD		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
CARTA TOPOGRAFICA 1:50 000	TRIANGULACION AEREA (CARTAS)	150	180	180	150	190	200	170	180	140
	ESTEREO COMPILACION (CARTAS)	90	136	240	194	183	176	187	173	134 **
	CLASIFICACION DE CAMPO (CARTAS)	400			113	215	150	158	131	20 **
	EDICIÓN (CARTAS)		60	163	155	255	148	169	146	41 **
MAPAS URBANOS 1:5000 (CARTAS)					7	38	20	4	LA SERIE 1:5000 FUE SUSPENDIDA	
FOTOMAPAS y 1:20000 1:10 000					48			9	16	35
MAPAS URBANOS 1:10 000 (CARTAS)								33	38	29
MAPAS TOPOGRAFICOS 1:250 000 (CARTAS)								2	10	11

* La medida de la carta es ($\Delta\phi = 15'$) x ($\Delta\lambda = 20'$)

** LA CAPACIDAD DE INSTALADA DE ESTA AREA TUVO QUE SER DEDICADA A UN PROYECTO ESPECIAL

Figura 68. México: producciones totales anuales

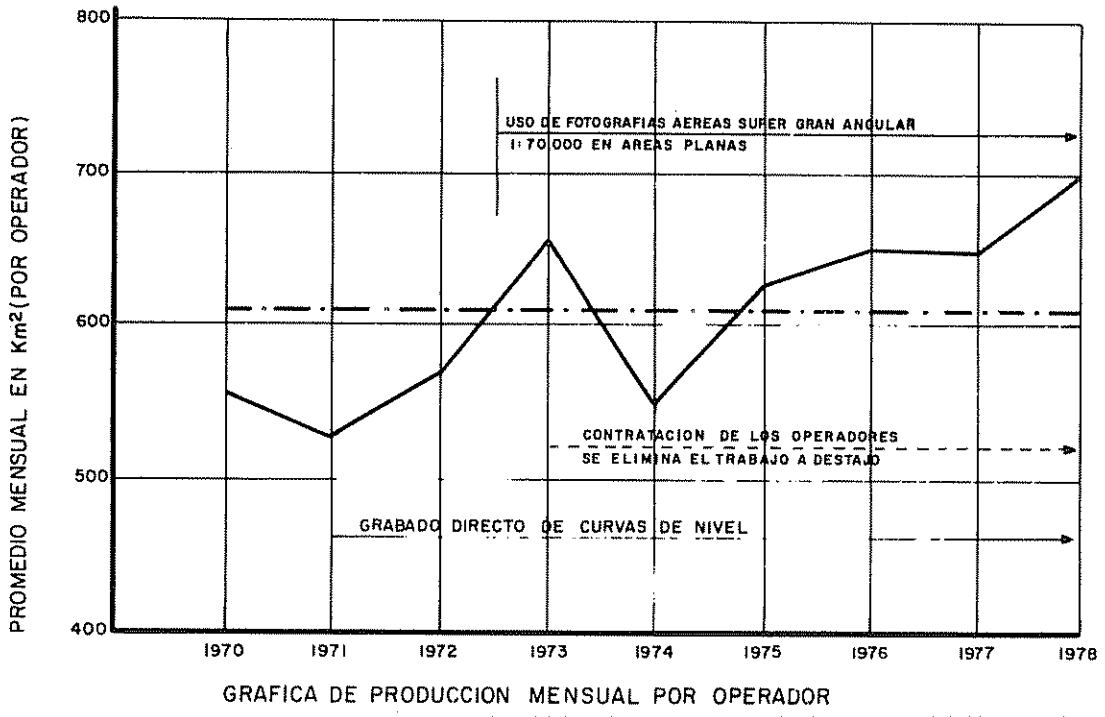


Figura 69. México: gráfica de producción mensual por operador

modo que el salario estaba en relación directa con su producción individual.

Desde 1973 el sistema cambió, y los operadores fueron contratados como empleados de DETENAL con un salario fijo, siendo posible de este modo incorporarlos a los sistemas de seguridad existentes para empleados del Gobierno federal. Los índices de producción se muestran en la figura 69.

Evolución de la precisión de la información altimétrica

La gráfica incluida en la figura 70 nos muestra la evolución de la precisión altimétrica de la carta topográfica. Como puede verse, desde 1976 disminuimos la cantidad por bloque de control vertical al incrementar la separación entre bandas de nivelación, de siete a ocho modelos hasta nueve a diez modelos. Esto nos ha permitido agilizar y economizar en la producción de la carta topográfica, dado que el control vertical es una de las actividades más tardadas y costosas.

Cartografía para áreas urbanas

La explosión urbana es un fenómeno mundial y no muchos países pueden considerarse satisfechos de sus perspectivas en este campo; sin embargo, en México, el problema es especialmente difícil debido al acelerado crecimiento demográfico y a problemas estructurales que aceleran el fenómeno de inmigración de la población rural a las áreas urbanas. DETENAL, dadas sus funciones de institución cartográfica nacional, tiene entre sus más importantes objetivos el proveer a las autoridades urbanas en sus distintos niveles con la información suficiente para que puedan planificar y controlar el proceso de desarrollo urbano.

Por lo anterior, en 1973 se inició la producción de información específica para áreas urbanas con la serie de cartas topográficas a escala 1:5.000 para poblaciones con más de 40.000 habitantes. Para producir estas cartas se requerían vuelos especiales y control terrestre, lo que implicaba tiempo y recursos adicionales, redundando lo anterior en que la velocidad de producción de la información no era la requerida por la magnitud del problema pues, después de dos años sólo 58 hojas (diez ciudades) se habían realizado. Por otra parte, se cobró conciencia que no sólo las ciudades de más de 40.000 habitantes debían ser levantadas, sino que el margen debería ampliarse hasta abarcar las de 15.000 o más habitantes, con lo que el número de ciudades por estudiar se elevó a 250.

De la experiencia de esos dos años aprendimos que con la serie 1:5.000 no seríamos capaces de resolver el problema con la prontitud requerida, por lo que tuvimos que enfrentar el hecho de suspender esa serie y buscar otro enfoque más dinámico.

En la búsqueda de la solución se consideraron más cuidadosamente los siguientes aspectos:

a) Reunir información sobre los objetivos de los usuarios de las cartas; o sea, tratar de conocer qué necesidades de información intenta resolver el producto;

b) Considerar las limitantes en tiempo y recursos;

c) Conocer mejor el proceso de planeación urbana y vincular a él la producción cartográfica;

d) No exagerar los requerimientos (especificaciones).

Después de varios meses de investigar el problema, fue decidido comenzar una nueva serie de cartas urbanas a escala 1:10.000, usando en todos los casos control fotogramétrico derivado del obtenido para la producción de las cartas topográficas 1:50.000, dada su alta calidad relativa.

La nueva serie a escala 1:10.000 se produce ya sea como mapas a línea o fotomapas y una de sus principales aplicaciones es la de servir de base para la elaboración de las cartas de uso actual del suelo y de aptitud de suelo para desarrollo urbano.

Con el cambio de escala ha sido posible producir en los últimos tres años un total de 100 cartas topográficas urbanas a escala 1:10.000 (65 ciudades) y el sistema puede ser más acelerado en el futuro.

Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones son el punto de vista del autor en relación a algunos aspectos importantes para el establecimiento de sistemas de cartografía topográfica a nivel nacional.

En cualquier país no desarrollado, la cartografía topográfica, base del inventario nacional de recursos, tiene que ser realizada por el propio país y debe ser entendido que ésta es una labor difícil, cara y que consume tiempo. Por otra parte, un mapa es un documento estático que intenta representar la realidad que es cambiante; por lo tanto, si los levantamientos cartográficos no se actualizan, con el tiempo su utilidad disminuirá.

La información del medio físico de un país sólo urge en la medida que pueda ser utilizada por el pueblo de ese país para la defensa, conservación y utilización racional de sus recursos. Lo importante, entonces, no es sólo producir la información, sino usarla adecuadamente, por lo que debe ponerse énfasis en la construcción simultánea de la cartografía y la cultura cartográfica del pueblo. A este efecto, la información deberá ser difundida al público en forma libre y distribuida de modo suficiente. No debemos olvidar que su principal función es social.

El enfoque de efectuar levantamientos aislados sin especificaciones congruentes y sin marco de referencia debe ser cambiado por la estructuración de un sistema nacional de cartografía topográfica, en donde estén definidas las escalas que deberán producirse en base a las necesidades de cada país, así como los períodos de actualización requeridos para cada escala.

El nivel tecnológico que debe usar cada país es el que le permita la mayor eficiencia, conservando un grado adecuado de independencia. En todo caso, la selección es su responsabilidad y deberá ser hecha por el propio país, tomando en cuenta sus condiciones particulares. Es conveniente poner énfasis en el desarrollo de metodologías que aprovechen los recursos humanos con que contamos y que no sean tan dependientes y caras. El instrumental disponible, sobre todo en aspectos fotogramétricos, puede y debería trabajarse en forma intensiva (las 24 horas si fuera necesario).

La cooperación internacional entre países con condiciones semejantes debe intensificarse, pues el intercambio de experiencias es más útil y sencillo en estos casos. A este efecto, Latinoamérica debe poner más atención en lo que nos une que en lo que nos separa. En mi concepto, no hemos aprovechado debidamente ni la ventaja de hablar el mismo idioma, ni nuestra vecindad geográfica. Quizá la solución a nuestros problemas no está tan lejos, ni es tan difícil como nuestros críticos índices demuestran.

En todo caso, sólo nosotros, independientes y soberanos, podemos unidos resolver nuestros problemas.

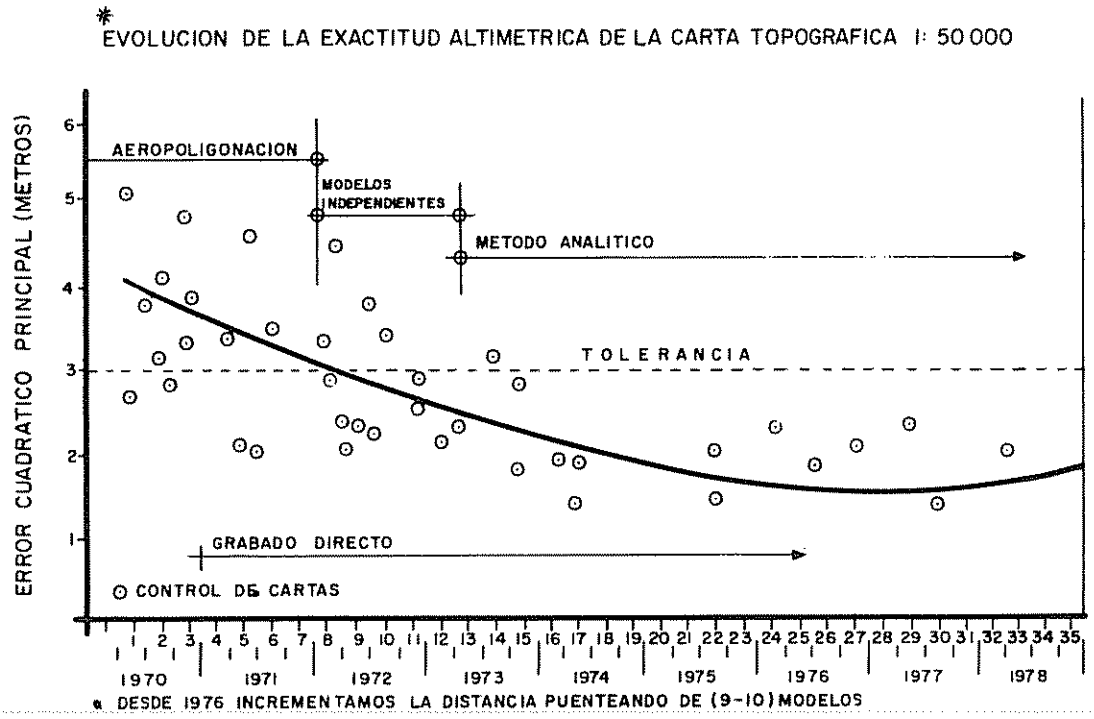


Figura 70. México: evolución de la exactitud altimétrica de la carta topográfica 1:50 000

THE POTENTIAL OF SPACE IMAGERY FOR SOLVING CARTOGRAPHIC PROBLEMS*

Paper presented by the Federal Republic of Germany

RÉSUMÉ

C'est avec le programme LANDSAT des Etats-Unis d'Amérique qu'on a commencé à utiliser la télédétection dans le monde entier. Toutefois, on considère en général que les images LANDSAT ont une résolution spatiale trop faible pour pouvoir être utilisées en topographie et très souvent en cartographie thématique. Tandis qu'on met au point des systèmes automatiques de prise de vues par satellite à plus haute résolution, la photographie spatiale offre dès maintenant et pour les quelques années à venir des possibilités plus intéressantes en tant que système d'acquisition d'images.

C'est pour cette raison que la République fédérale d'Allemagne a passé des accords avec l'Agence spatiale européenne en vue d'équiper le premier satellite Spacelab, qui sera lancé en 1982, d'une caméra photogrammétrique (RMK 30/23), afin de tester les possibilités qu'offrent pour la cartographie les images obtenues à l'aide de techniques photogrammétriques.

Des études sont actuellement en cours en vue d'élargir l'emploi des caméras photogrammétriques en cartographie en les adaptant aux conditions de vol libre des satellites qui seront desservis par la navette spatiale.

RESUMEN

El programa LANDSAT de los Estados Unidos de América ha permitido comenzar a aplicar la teleobservación en todo el mundo. Sin embargo, se estima en general que la resolución espacial de las imágenes del LANDSAT es demasiado imprecisa para las aplicaciones a la cartografía y para muchas aplicaciones a la temática. En tanto se desarrollan sistemas para obtener imágenes automáticas de satélites con mayor grado de resolución, la fotografía espacial permite disponer en la actualidad y en un futuro cercano de un mejor sistema de obtención de imágenes.

Por esa razón, la República Federal de Alemania ha concertado acuerdos con el Organismo Espacial Europeo para instalar una cámara fotogramétrica (RMK 30/23) en la primera misión del laboratorio espacial Spacelab, que se lanzará en 1982, para poner a prueba las posibilidades cartográficas de esas imágenes por medio de técnicas fotogramétricas.

Actualmente se están realizando estudios para ampliar las posibilidades cartográficas de las cámaras fotogramétricas mediante su proyectada instalación en satélites en vuelo libre atendidos por transbordador espacial.

Past space imagery missions

Since the first manned earth-orbiting space missions, space photography has been utilized in the United States of America as well as in the Union of Soviet Socialist Republics. Cameras utilized in those missions were mostly non-photogrammetric, resulting in image scales generally smaller than 1:1,000,000. The images generally served interpretation purposes. The National Aeronautics and Space Administration (NASA) made its images of missions Gemini 4 to 7 (1965), Gemini 10 to 12 (1966), Apollo 7 and Apollo 9 (1968 and 1969) available for international use.

The images were able to demonstrate what later automatic image-acquisition systems with scanners, such as LANDSAT 1, 2 and 3, were able to achieve from 1972 on. The LANDSAT programme has made the countries of the world aware of the potential of space imagery for thematic mapping of geological features, of vegetation, of hydrological information and of land use. It was soon realized, however, that the ground resolution of LANDSAT 1 and 2, of about 79 m (and of LANDSAT 3, of about 30 m) is much too coarse for reliable mapping that meets the standards of a topographic map.

Both the United States and the USSR have demonstrated that, with improved camera systems in the missions Skylab (1973) and Sojuz (since 1976), a ground resolution of about 10 to 15 m can be reached. The improved cameras were photogrammetrically calibrated and possessed image motion compensation. The drawback of those space-photography missions was that the missions were of relatively short duration, covering only isolated parts of the globe. Furthermore, the formats of the images were not usable in standard photogrammetric plotting equipment. Therefore, the capabilities of space photography could not be fully demonstrated to the mapping community throughout the world.

Future resource satellite missions

Various attempts are being made internationally to reach higher ground resolution with future automatic earth resources satellites.

The success of the LANDSAT programme lay in its capacity to provide world-wide coverage every 18 days if not inhibited by cloud cover or by transmission and reception conditions.

Several countries or country groups, among them Canada, Brazil, Zaire and the European Space Agency, have entered agreements with NASA to receive LANDSAT data using their own receiving stations.

Most countries use these images in analog form for photographic interpretation of geographical, geological, hydrological, biological or agricultural, regional phenomena.

Much better interpretation results were achieved in multispectral classification of terrain features utilizing the four spectral channels of LANDSAT data in digital form. While digital treatment of LANDSAT data was demonstrated to be superior in every respect to analog interpretation, it was realized at the same time that digital processing of LANDSAT data is very time-consuming and very costly. For that reason all received LANDSAT images cannot be digitally processed, at the moment, to give optimal interpretation results.

The detectability of an object is limited to about 2.5 times the ground resolution. Therefore LANDSAT 1 and

* The original text of this paper, prepared by Gottfried Konecny, Institute for Photogrammetry, University of Hanover, appeared as document E/CONF.71/L.54

2 images are able to resolve objects with sufficient contrast with certainty only if they are at least 200 m in length.

Since many thematic and especially topographic requirements call for the detection of objects only a few metres in length, future earth resources satellites are trying to achieve better ground resolution: in the United States, LANDSAT D is being designed for a ground resolution of 30 m, and France has decided on 30 m for its SPOT satellite. Plans for the United States STEREOSAT satellite call for a ground resolution of 15 m; the European Space Agency LASS and COMSS satellites call for 30 m and Japan also expects higher resolutions than those achieved by LANDSAT 1 and 2.

One of the factors limiting the achievement of the desired resolution for topographic mapping is the data transmission rate. In a LANDSAT image, 3,200 image elements are digitized every 50 m along the scanning (yielding an equivalent ground resolution of 79 m). With eight-bit grey-level information for each of the four spectral channels, and with one scan every 79 m with a velocity of 7.7 km/sec, 97 scans must be made per second. To transmit them, a data rate of 10 M bit/sec (10,000 bit/sec) is required.

For LANDSAT D a data rate of 85 M bit/sec will be necessary. The present technological limit is 200 M bit/sec, disregarding cost considerations. To reach the potential of current photography achievable with photogrammetric cameras, however, a data rate of 900 M bit/sec will be required. It does not appear feasible to reach that rate economically during the next decade.

Space photography therefore surpasses the capabilities of automatic sensors in providing data to solve cartographic problems at medium and small scales.

Planned and suggested space photography missions

Surveys of mapping progress in the world published in volume 14 of *World Cartography*[1] indicate that current mapping methods utilizing aerial photography are too slow. Their progress is a function not only of the area to be mapped but also of the number of photographs to be utilized for mapping. Systematic photographic coverage from space leads to utilization of far fewer photographs and far fewer control requirements, and should therefore lead to a faster progress in mapping.

The objectives of space photography are the following:

(*a*) Sufficient resolution to detect all objects of interest;

(*b*) A specified positional accuracy commensurate with mapping standards;

(*c*) A specified elevation accuracy commensurate with mapping standards.

These objectives vary for different mapping scales and different types of terrain. None the less, based on them, a suitable space-mapping system utilizing photographic cameras can be designed. The Institute of Photogrammetry at the University of Hanover in collaboration with the Space Agency of the Federal Republic of Germany (DFVLR) is engaged in the study of a suitable space photographic system in the Atlas programme. The technical realization of the project is being studied by the ERNO Company.

[1] United Nations publication, Sales No. E.76.I.13.

The Atlas programme is composed of three phases:

(*a*) Utilization in space of a standard mapping camera to acquire photographic imagery from a low orbit out of a pressurized manned cabin;

(*b*) Use of an improved camera (optics image motion compensation) from a pressurized unmanned container;

(*c*) Use of the container in a free-flying retrievable unmanned satellite.

Although phases (*b*) and (*c*) are at the proposal stage, phase (*a*) will be realized experimentally during the first European Spacelab Mission, now scheduled to be carried into orbit by the NASA Space Shuttle Program in April 1982.

Spacelab One metric camera experiment

The Government of the Federal Republic of Germany has placed at the disposal of the European Space Agency (ESA) a Carl Zeiss, Oberkochen, RMK 30/23 photogrammetric mapping camera which has been modified to meet space requirements. Although its use is funded by the Government of the Federal Republic, DFVLR is responsible for procurement and engineering carried out by Zeiss, ERNO, MBB and Kaiser Trethe to operate the camera electronically by ground commands and to accommodate it in the Spacelab module. ESA is responsible for setting up experiments in interested countries and has issued a call for experiment proposals.

The response has been overwhelming. Over 100 institutions on all continents have expressed an interest in experimenting with the imagery.

Based on these proposals a schedule for areas to be photographed has been drawn up, subject to cloud-cover conditions permitting photography.

All together three film magazines with a total of 1,650 photographs can be exposed. In order to select the most suitable film types, a co-operative test has been carried out utilizing high-altitude photography involving aircraft of IGN (France) and DFVLR. The French agencies CNES and IGN, the agencies DFVLR and IFAG of the Federal Republic of Germany, and the Universities of Milan and Hanover were involved in the evaluation. The tests were to be carried out in the autumn of 1979. They have already indicated that a photographic resolution of about 20 m (corresponding to a ground resolution of 8 m) can be reached from Spacelab 1 utilizing black and white film. Infra-red false-colour films yield a slightly lower, but still acceptable, resolution, but the colour films available cannot be recommended.

The photographs will be taken with 80 per cent or 60 per cent overlap. The proposals have indicated that the images will be subject to a wide range of investigations and methods, ranging from topographic to thematic mapping in various disciplines such as geography, geology, forestry, land-use planning, agriculture, hydrology, coastal engineering and oceanography. The methods to be used include all known mapping techniques: aerial triangulation; analog mapping; the use of analog plotters; rectification; orthophotomapping; standard photo-interpretation.

The experiments should give a clear indication, over a wide area of the world, whether the next steps of the Atlas programme should be pursued and how energetically.

Summary

There is a documented need for mapping on a worldwide basis for resource and social development. Present mapping techniques have been able to provide the necessary maps only in developed or densely populated regions. A large part of the world still lacks such maps, even at small scales. Although mapping techniques have been improved, they are still not capable of providing the necessary maps in coming decades.

Satellite imagery from photogrammetric cameras offers a promising alternative, if resolution and geometric accuracy requirements can be met.

Even where maps already exist, there is constant need to revise them. Satellite imagery may considerably increase the speed of bringing them up to date.

A mapping camera was placed in orbit on Spacelab 1 in order to demonstrate the possible advantages of mapping from space photography. If that experiment is successful, further development of a free-flying, serviceable satellite carrying a mapping camera is foreseen for the mid-1980s. The camera should contain a magazine carrying film for several thousands of photographs, able to cover almost the total land area of the world in a few months' time under control of weather satellite information. Careful estimates indicate that such operations would be more economical and less time-consuming than mapping by aerial photography.

References

Konecny, G., *and* M. Schroeder. Einsatz einer Reihenmeßkammer im Weltraumlaboratorium Spacelab. *Allgemeine Vermessungsnachrichten* 10, 1977.

Konecny, G. *and* M. Schroeder. Einsatz von photographischen Meßkammern in Weltraum. *Allgemeine Vermessungsnachrichten* 7, 1979.

Doyle, F. J. A large format camera for shuttle. *Photogrammetric engineering* 1, 1979.

Kautzleben, H. *and others*. First results of the experiment Raduga for photographic remote sensing. Proceedings of the International Conference on Earth Observation from Space and Management of Planetary Resources, Toulouse, 6-11 March 1978 (ESA SP-134).

Schroeder, M. *and* G. Konecny. Use of a metric camera in Spacelab. Proceedings of the International Conference on Earth Observation from Space and Management of Planetary Resources, Toulouse, 6-11 March 1978 (ESA SP-134).

THE TOPOGRAPHIC MAPPING OF SURINAME*

Paper presented by Suriname

Background of the new map series

1:50,000

The systematic mapping of the whole territory of Suriname was begun only after the Second World War and was initiated in order to make possible a systematic inventory of natural resources. The foundation for the mapping was formed by 26 Astropoints spread throughout the country.

Owing to gravity anomalies the mapping did not appear sufficiently accurate to be used in development planning. At the end of the 1960s it was decided that a new primary network, which would form the framework of a re-mapping of the country, should be measured.

The impossibility of employing methods of terrestrial measurement forced us to choose an airborne method—the Aerodist method. It was also decided to terminate the use of the unusual scale of 1:40,000 and introduce a new scale of 1:50,000. That new scale offered the possibility of bringing the sheets in line with those of neighbouring countries.

Preparations

First of all a primary trilateration network consisting of 52 points was designed. The distance between the points was about 80 km. Then an extension of the levelling network was made from the coast to the parallel at 4° latitude. In order to standardize the various levels used in the coastal area, the determination of mean sea level was also incorporated into the project.

The extension of the levelling network resulted in 3,000 km of new levelling lines. The virgin and uninhabited southern part of the country (between 2° and 4° latitude) was not included in that net. The trilateration was done by applying the method of line-crossing, and also included measurements on the Hiran stations in and around Suriname. The primary points were computed on Hayford's ellipsoid, and a modified UTM projection was used to obtain plane co-ordinates.

The modification of the UTM projection was of two kinds:

(*a*) The position of Suriname in zone 21 of the UTM projection with its central meridian at 57° longitude would lead to asymmetrical distortion of the area. (The geographical position of Suriname is between 54° and 58° longitude). Therefore, 55°41′ longitude was chosen as the central meridian of the modified UTM projection.

(*b*) In order to keep the adjustment on measured distance below 1 cm/100 m when applied to the map, a scale factor of 0.99990 was chosen for the central meridian, instead of 0.99960.

During the trilateration, a programme of densifying the network was executed in the northern part of the country, using the so-called Helidist method. In that method of point determination, a helicopter hovered above the field-point and its position was determined from three or four surrounding primary points by resection (distance measurements). In that way, an additional 300 secondary points, which would serve as ground control in the photogrammetric mapping of the areas, were determined.

In the next phase, a further densification was carried out in the primary network in the coastal area, in order to arrive at a density of points that could form a framework for small-scale projects in and around Paramaribo, the capital of Suriname. In that project, a further densification was undertaken in which the computation of co-ordinates was done by photogrammetric methods (Independent Model Triangulation and block adjustment). The results of the point-determination programme form the basis for subsequent cadastral measurements.

* The original text of this paper appeared as document E/CONF.71/L.83

In the south-western part of the country, a densification of the primary network was executed, the short-term goal of which was to pave the way for photography of that area in the scale 1:30,000. There was a great need for maps of that part of the country, since planning was under way for a big hydroelectric project.

Densification of the primary network

The densification of the primary network and the extension of the level network were restricted to the northern part of the country. During the first mapping, the south-east corner of the country had been a problem, owing to shuttle service from the coast and the high degree of cloudiness in that area. This resulted in black spaces on the map. Some parts of the map were compiled of data based exclusively on expedition reports. In October 1977 the Government ordered a re-mapping of the area. To do so, the primary network covering the area had to be densified and, in order to have elevation information, the level network had to be extended to the south. An airstrip situated in the centre of the project area was used as a base, shortening the shuttle distances considerably.

The Doppler Satellite Positioning System was suggested for the determination of control points for the photogrammetric mapping, while the SAGA III programme was applied in the adjustment. Doppler co-ordinates were calculated for 17 new points. Six points from the primary network and three Hiran stations were also included in the measurements and calculations.

The field operations lasted for approximately six weeks and the co-ordinates were calculated on an average of 20 satellite-passes per point. Eight points from the primary network—of which the elevations were known—were used in calculating the datum shifts. The average shifts were:

$$x = 286.83\text{m}$$
$$y = -113.42\text{m}$$
$$z = 357.23\text{m}.$$

The Doppler network was connected to the primary network through an over-determined similarity transformation, showing misclosures of 1 to 1.5m. At present a simultaneous adjustment of all the phases of densification is being considered.

Such large discrepancies in the consecutive densifications were found, when they were connected to higher-order networks, that a review of the network structure and the adjustment procedure is desirable. Approximately 1,500 km of levelling lines have been measured for the level network.

MAPPING

Photography

After densification, aerial photography was begun. The relatively flat area north of the 4th parallel was photographed first, along with the south-western region, which was scheduled for detailed photographing anyway in connection with development planning. The photographs were made in the scale 1:30,000, but the rest of the country, photographed at a later date, was shot in the scale 1:55,000 owing to the mountainous terrain.

Photogrammetry

Aerotriangulation was carried out partially in Suriname and partially in the Netherlands, and the block adjustments were done entirely in the Netherlands.

Plotting was executed with Wild A-7s and A-8s in the scale 1:25,000. It will be possible to compile sheets in the scales 1:20,000 and 1:10,000 in the future by enlarging those sheets. The size of the mother map is 80 × 100 cm. The drafting was done in pencil on film, showing contour intervals of 10 m. Contour profiles with a factor of 25 were also drawn in for use on the maps in the scale 1:50,000.

Photographic reduction

The sheets plotted in the scale 1:25,000 were reduced to the scale 1:50,000 on stable polyester film, using a Klimsch Ultra KT. The dimensions of the 1:50,000 reductions are 40 × 50 cm inside the margins.

Production

In the drafting room, engravings were made of the 1:50,000 sheets on transparent red stabilene, using the scribe method. Only the contour lines with factors of 250 m were indicated in thicker lines. A copy of the engraving was made on film and will serve as the working copy when further data such as toponyms, symbols, etc., are added.

A total of about 300 sheets in the scale 1:50,000, covering an area of about 170,000 km^2, will be produced.

Terminal fieldwork

The field checks on the sheets will refer extensively to the already existing maps in the scales 1:40,000 and 1:100,000, which have been revised over the years in accordance with new data obtained from expedition reports and measurements. Field crews will be sent to conduct control checks in certain cases.

RATIONALIZATION OF MAP PRODUCTION AND MAP REVISION WITH MODERN AUTOMATED AND DIGITIZED PHOTOGRAMMETRIC INSTRUMENTS AND TECHNOLOGIES*

Paper presented by the German Democratic Republic

RÉSUMÉ

L'industrie de construction d'appareils occupe une position clé dans la rationalisation de la géodésie. Les nouvelles méthodes toujours plus perfectionnées et le déve-

RESUMEN

La industria productora de aparatos ocupa una posición clave en la racionalización futura en el campo de la geodesia. En particular la fotogrametría puede contribuir todavía esencialmente con procedimentos y aparatos nuevos y desarrollados continuamente a la automatización y la aceleración de la confección de mapas. Ante todo pueden

* The original text of this paper, prepared by Klaus Szangolies, Jena, appeared as document E/CONF.71/L.89.

loppement de nouveaux appareils de photogrammétrie contribuent considérablement à l'automation de la confection de cartes.

Les domaines de la technique numérique (avec cheminement aérien, restitution graphique, banques de données), de la technique orthophotographique (avec corrélation d'images, commande numérique, systèmes *on-line* et *off-line* et de la prise de vue et interprétation de clichés cosmiques sont surtout susceptibles de perfectionnement.

Il est certain que l'utilisation de clichés pris à partir de satellites et les méthodes de restitution modernes (stéréorestitution, technique numérique, technique orthophotographique) seront dans un proche avenir d'une importance positive et décisive pour la confection et la mise à jour de cartes aux petites et moyennes échelles.

Le développement de nouveaux appareils et équipements pour la technique numérique, la technique orthophotographique et la prise de vues et restitution de clichés doit aller de pair avec la mise au point de nouvelles méthodes et technologies.

La coordination du potentiel de matériel permettra d'aider les pays en cours de développement dans l'élimination du retard intervenu dans la cartographie et dans la solution des problèmes extrêmement importants dans les pays hautement industrialisés.

efectuarse desarrollos en los sectores de la técnica digital (con aerotriangulación, cartografía, bancos de informaciones) y de la técnica ortofotográfica (con correlación de la imagen, digitalización, sistemas en línea y fuera de línea).

En el futuro cercano, el empleo de fotogramas métricos tomados desde satélites, en combinación con modernos métodos de restitución (estereocartografía, técnica digital, ortofototecnia), ejercerá influencia decisiva y positiva sobre la confección y el complemento de mapas en escalas medianas y pequeñas.

Paralelamente con el desarrollo de nuevos aparatos y equipos para la técnica digital, la ortofototecnia y, bajo el empleo de satélites, la toma y la restitución de fotogramas ha de realizarse el desarrollo de procedimientos y de tecnologías.

La acción concertada de todas las fuerzas hará posible ayudar a los países en desarrollo en la eliminación de retrasos en la cartografía y resolver las tareas también extraordinarias en los países altamente industrializados.

Introduction

The demand for maps and cartographic data is steadily growing throughout the world. The need for quality, accuracy, information and up-to-dateness of maps increases more and more. It can already be foreseen that, with conventional surveying and photogrammetric instruments and techniques, the need cannot be fulfilled.

It is apparent from the latest statistical data compiled by the United Nations (10)* (table 1) that some areas of the earth's surface have been mapped to a large extent—for instance, Europe, with 60 to 80 per cent mapped at scales between 1:1,250 and 1:253,440—while the cartographic coverage of other regions is insufficient—for instance, Africa and South America, with 0.3 to 18 per cent mapped.

Table 1. Status of mapping of the earth's surface, 1974 (10)
(Percentage)

Region	Mapped area			
	1:1 250-1:31 680	*1:40 000-1:75 000*	*1:100 000-1:126 720*	*1:140 000-1:253 440*
Africa	0.3	24	10	75
North America	23	51	8	90
South America	9	6	18	18
Europe	75	70	63	88
Asia	12	55	13	88
USSR		40	100	100
Oceania	18	32	20	100
World	12	36	35	80

Assuming a time schedule of 10 years and employing conventional techniques (e.g., manual/visual stereoplotting), some 10,000 plotting instruments and operators would be required to make up arrears in mapping. Implementation of plans on this basis is not possible because of the lack of skilled operators and the high investment involved.

Therefore, for solving the world-wide tasks of cartography, novel equipment and techniques have to be employed. One method with nearly unlimited possibilities is the taking of photographs from satellites and the use of those pictures for map production and map revision. First experiences gained with the MKF-6 multispectral camera (3) (4) (15) developed at Jena suggest that photographs taken with a space-borne MKF-6 (for parameters, see table 2) can be used for cartographic work at scales of 1:50,000 or greater.

Increased application of aerial triangulation with higher accuracies of co-ordinate measurement and point transfer and more universal computer programs must and can be realized, with the aim of further reducing the expensive establishment of control points by ground surveying methods.

Computer technology is increasingly integrated in the process of stereoplotting. Especially in the production of large-scale town plans and cadastral maps, the compilation of digital data on the stereoplotter, their computerized processing and the subsequent numerically controlled mapping have led to a more favourable organization of work and to economic advantages. The result is a printable original which does not call for additional and expensive cartographic revision.

The introduction of orthophotography into map production and map revision has already made large strides. The economic advantages and time savings of the technique are unquestioned.

Orthophotography still has untapped potential with regard to automation by image correlation, work organization in on-line or off-line systems, stereo-orthophotography and colour orthophotography.

In all those domains and many other fields not mentioned here, there are possibilities for instrument makers

* Numbers in parentheses are keyed to the reference list

Table 2. MKF-6 Multispectral Camera (3) (4) (15)

Calibrated focal length	125 mm
Image size	55 × 81 mm
Film width	70 mm, unperforated
Film length per cassette	110-220 m, depending on film thickness
Number of photographs per film	> 1,000, or 2,000, depending on film length
Overlap ratio	20-80 per cent
Data records (exposed on margin strip)	Consecutive frame number (channel 1), time of the day (channel 1), shutter speed grey wedge
Reseau	9 cross marks
f-numbers	4 . . 16
Shutter speed	1/20 . . 1/200 s
Camera cycle	4 m
Wavelength	480/540/600/660/720 nm with 40 mm bandwidth; 840 nm with 100 mm bandwidth
Resolution in the visible wavelength region	≧ 160 l/mm
Image motion compensation	By swinging the camera
Diameter of exit porthole	42 cm
Total weight of camera with operating units	175 kg
Parallelism of optical axes	10″
Photoscale at 250 km flying height	1 : 2,000,000
Area covered at 250 km flying height	110 × 162 km

and work organizers to develop and advance systems and methods which will rationalize and accelerate map production.

Aerial photography

Internationally standardized cameras with the format 23 × 23 cm (9 × 9″) and calibrated focal lengths of 9 cm (superwide angle), 15 cm (wide angle) or 30 cm (normal angle) are accepted as standard aerial photographic equipment (14). In Europe, Japan and other regions where preference is given more and more to large map scales (1:2,500, 1:1,000, 1:500) in cartographic work, normal-angle cameras are increasingly used.

Generally, aerial cameras have in recent years advanced with regard to their optical and geometrical performance and their degree of automation.

For the future planning of mapping work and map revisions at scales from 1:50,000 to 1:250,000, space photography from satellites will have to be considered. It can be assumed that within the coming years such photography, with the required photographic and geometric quality, will generally be possible. The use of photographs taken from satellites offers further possibilities of increasing the economy of mapping.

Aerial triangulation

In aerial triangulation important strides made towards an increase of performance were primarily due to two factors:

(*a*) An improvement in program technology, achieved by eliminating all determinable systematic errors and by using block adjustment;

(*b*) The development of point transfer instruments of higher accuracy.

With regard to the latter development, the Laser-Transmark B is especially notable. With a mean co-ordinate error for point transfer of ±2 µm or less, its accuracy is as great as that of the aerial photographs and the mono- and stereo-comparators (2). With point transfer devices used in the past, employing mechanical or thermal marking, the accuracies achieved were considerably lower.

Further and nearly unlimited development possibilities consist in aerial triangulation with photographs taken from satellites. With that technique it will be possible to provide large areas with uniform and homogeneous control networks. Both the required instruments and programs are available. The programs may need appropriate modification.

In connection with aerial triangulation from photographs taken at flying heights of up to 10 km, jointly calculated and adjusted blocks of control points can be determined. They combine better accuracy and homogeneity over large areas with greater economy. For the integrated aerial triangulation of an area of 100,000 km², 25 models of photographs taken from satellites and 1,400 models of pictures taken with aerial cameras from aircraft would be necessary.

Stereoplotting

To rationalize stereoplotting, great efforts are being made by instrument makers with regard to:

(*a*) Increases in stereoplotter accuracy;

(*b*) The extension of the range of calibrated focal lengths (superwide angle to normal angle);

(*c*) An extension of the range of magnification from photo scale to map scale;

(*d*) Improvement in operating conditions by motor drives, concentrated grouping of controls etc.;

(*e*) Further accessories for mapping, engraving, recording;

(*f*) production of mapping systems with interfaced electronic data processing equipment.

Those efforts were evident at the instrument exhibition of the XIIIth International Congress for Photogrammetry held at Helsinki in 1976 (7). The developments can be subdivided into four groups.

Optical/mechanical stereoplotting instruments

Large and expensive precision stereoplotting machines are used primarily for aerial triangulation with independent models, for large-scale mapping (town plans and cadastral maps, 1:500 to 1:2,500) and for numerical compilation of models. The latest design from Jena is the Stereometrograph G (8). To give an example of the efficiency of the instrument in practical use: users in Canada made more than 20 model measurements in one shift of aerial triangulation with independent models.

A typical representative of stereomapping stereoplotters, a special version of the Topocart C, was coupled with an electrically controlled digital drawing table. With that equipment, tried out in the United States, large-scale mapping is considerably accelerated. However, conventional co-ordinatographs with direct mechanical or electrical connection will continue to be important for a very long time, especially because of their lower purchase price and higher accuracy.

For mapping at medium and small scales, for mapping work in forestry, agriculture, water supply, geology, and for the training of operators etc., topographic stereoplotters such as the Topoflex are used. These instruments are distinguished by simple operation and low cost.

Computer-assisted stereoplotting systems

Further rationalization possibilities for stereoplotting consist in the linking of optical/mechanical stereoplotters mentioned above with minicomputers, alpha-numerical or graphical display units and data recorders. With those devices certain operations can be automated—e.g., the orientation of models and the drawing of straight lines, of rectangular buildings and similar objects. Other operations, such as absolute orientation, can be eliminated, and the methods used for checking whether the compilation is complete are simplified.

The combination of stereoplotters and small computers and peripheral units is just beginning. In order to arrive at optimum solutions, what is necessary in the field is the close co-operation of makers of photogrammetric equipment with producers of data processing systems and, above all, with instrument users.

Analytical compilation instruments

For more than 10 years research institutes and instrument makers have been engaged in the task of replacing the highly sophisticated and ultra-precise optical/mechanical units of the stereoplotters with computers. Economical solutions for general practical application were presented for the first time at the XIIIth International Congress for Photogrammetry. The number and variety of types exhibited there were quite impressive.

The current prices of analytical plotters are between two and five times those for analog stereoplotters of the optical/mechanical type. At present, the efficiency of the analytical plotters is not much higher than that of the analog stereoplotters. Real advantages can be seen only in aerotriangulation, compilation from amateur camera photos and other special applications. How soon the price of analytical compilation instruments approaches that of conventional precision plotters will depend on the price development for computers and control equipment. It may, however, be assumed at the moment that that time will not arrive within the next 10 years.

Digital mapping with off-line systems

The development of digital mapping systems has reached a relatively high level, especially for large map scales and planimetric mapping—i.e., the production of town plans and cadastral maps.

Numerous towns and countries have established comprehensive topological data banks. The necessary equipment and software are available, on the whole. But, because of the large organizational outlay and the high costs initially involved in the introduction of digital technology, users are still reluctant to employ the technique. If good organization is provided and the necessary equipment is wisely selected, digital map production may contribute a great deal to the rationalization of surveying and mapping.

Production of orthophoto maps

Orthophoto maps—i.e., orthophotos with imprinted contour lines, grids and other relevant data—can be produced much more quickly and more economically than line maps. According to practical experience, the savings in time and costs are 10 to 90 per cent, depending on the field of application, the equipment and the organization of work flow. Various possibilities for the further rationalization of orthophoto mapping exist at present.

On-line orthophotography with manual/visual profiling

A comprehensive international comparison test for orthophoto equipment, made by the Canadian National Research Council (1), revealed that orthophoto instruments with orthogonal optical projection, such as Topocart-Orthophot, ensure optimum image quality and optimum accuracy (12). Therefore, further rationalization and increases in efficiency will proceed from instruments of that type. Most orthophoto equipment used at present operates on the on-line principle. This means that after an operating time of from one to four hours, one orthophoto is obtained per model, in most cases directly at the map scale.

Off-line orthophotography

For the production of large quantities of orthophotos, the off-line technique offers the following possibilities for extending application and for rationalization:

(*a*) Thanks to the digital storing of profile data, manual/visual profiling can be dispensed with in the case of repeated production of orthophotos of the same terrain.

(*b*) Where terrain surfaces are critical, better image quality and higher projection speed can be achieved by the digital storing of profiles, mathematical conversion of the data by computer, and orthophoto production by using cross-slope correctors (12).

(*c*) Profile data required for orthophoto production can be taken from data banks or derived from existing maps by digitization of the relief.

(*d*) Owing to the digital control of orthophoto equipment such as Orthophot C with a digital control unit (12), orthophotos can be produced from the whole aerial photographs instead of from the model area only.

(*e*) Using the digital control unit in conjunction with Orthophot C, stereo orthophotos can be produced—i.e., the required orthophotos and stereomates.

Orthophoto production with automatic image correlation

Of the numerous efforts made to achieve maximum automation of photogrammetric plotting, only the profile scanning of stereo models with electronic image correlators has so far led to practicable solutions. A highly economical instrument with automatic image correlation for the production of orthophoto maps is the Topomat, designed at Jena (9) (12). In it, the profile scanning of the stereo model, the exposure of the orthophoto and the graphical representation of the relief by dropped lines or the numerical recording of the profiles are fully auto-

matic. In comparison with the manual/visual differential rectification, the most remarkable difference is that the automatic system is capable of speeding up operation by a factor of 2 to 2.5.

The Topomat is universally applicable (stereo plotting, manual/visual orthophoto production, automatic orthophoto production, digital recording) and satisfies to a remarkable degree the demands of economy.

Map revision

As the number of maps increases, the need for revising them also increases. Furthermore, economic growth in all countries is accompanied by growing demands for better-quality, up-to-date cartographic material. The present situation with regard to map correction and revision and the possibilities for rationalization of the work can be analyzed as follows:

(*a*) Map revision by field comparison and subsequent ground surveys is possible only in exceptional cases and with small objects, because of the high cost.

(*b*) The magnification or rectification of aerial photographs to the map scale and the graphic transfer of changes on to the map originals are possible only for relatively flat terrain, in which case the method is extremely economical.

(*c*) Stereoplotting is economical only for revisions on a large scale. For such operations, simple but specialized stereoplotters are required. They must permit an abridged way of orienting the aerial photographs. The stereo model and the map original should be arranged in such a way that they can be quickly and easily compared. To satisfy those conditions, the Topoflex was developed.

Several large institutions solved the problem of map up-dating by dispensing with the continual revision of existing maps in regions with building sites and very rapid industrial growth and instead making new maps at regular intervals of about five years.

Differential rectification is the preferred orthophoto technique with regard to time and cost. Compared with stereoplotting, it can be used for map revision in regions with numerous or comprehensive changes in nature. From orthophotos, corrections can be transferred to topographic maps quickly, economically and accurately. The revision of orthophoto maps is done in the same way. In the case of orthophoto maps, new production using stored profile data costs less in terms of time and money than stereoplotting. For towns with rapid economic growth, yearly production of new orthophoto maps using stored profile data is planned.

Map revision on the basis of data banks is a further rationalization of map up-dating, made possible by the ecological data banks projected for use by towns and countries. If all changes in the terrain are fed into the data banks, it will be possible to map the latest state with automatic co-ordinatographs at any time and to produce orthophoto maps from every new aerial photograph with digital control.

Map revision with photographs taken from satellites is anticipated. In the near future, such photographs, taken at regular intervals, will be magnified, rectified or differentially rectified to produce maps quickly, comprehensively and economically on the scale of 1:50,000 or perhaps even larger.

References

1 Blachut, T J *and* M C van Wik Results of the international orthophoto experiment. 1972-1976. Paper presented at the Thirteenth Congress of the International Society of Photogrammetry, Helsinki, 11-23 July 1976. NRC Publication 15362

2 Herda, K. On the effiency of the Transmark laser point transfer instrument Paper presented at the Thirteenth Congress of the International Society of Photogrammetry, Helsinki, 11-23 July 1976.

3 Joachim, R Some information from the common space-experiment of the Soviet Union and the German Democratic Republic with Soyuz 22 Twenty-fourth Rassegna Internazionale Elecltronica. Nucleare ed Aerospaziale, Rome. 1977

4 Kautzleben, H , V Kroitzsch *and* H Wirth. Remote sensing of earth by means of multispectral photography *Vermessungstechnik* 3:78-81. 1977

5 Lovern, A S. An outline of orthophotography. *Jena Review* 22, No 2:70-75, 101, 102, 1977.

6 Marckwardt. W The production of stero orthophotos with the Topocart-Orthophot C instrument system from Jena *Jena Review* 22, No 2:64-69, 1977.

7 Schöler, H Future trends in photogrammetric instrumentation. *Photogrammetric engineering* 43, 1977

8 Staroszik, H. Advanced stereometrograph model G with novel fast motion. *Jena Review* 22. No 2:76-78, 1977

9 Szangolies, K *and* W Kunze Topomat: a new fully automatic photogrammetric restitution system. Paper presented at the Thirteenth Congress of the International Society of Photogrammetry, Helsinki. 11-23 July, 1976 *Jena Review* 22. No 2:55-63, 1977.

10. *World Cartography*. vol XIV (United Nations publications, Sales No E 76 I 13)

11 Equipment for mapping and map revision. VEB Carl Zeiss Jena, publication No 14-084-2, 1976

12. Equipment for differential rectification and automatic plotting. VEB Carl Zeiss Jenta, publication No. 14-085-2, 1976.

13 Weibrecht. O. VEB Carl Zeiss Jena's contribution to automated map production by orthophotography. Paper presented at the Second International Cartographic Congress, Moscow, 1976

14. Würz. G. New developments in equipment for aerial photography by VEB Carl Zeiss Jena from 1972 to 1976 *Jena Review* 22, No 2:79-83, 1977

15 Zickler. A. Soyuz 22 spacecraft and MKF-6 multispectral camera *Jean Review* 22, No. 6:263-266. 1977

AGENDA ITEM 7

Review of the latest techniques and recent developments related to (c) *Cadastral surveying and urban mapping*

CADASTRAL SURVEY AND ITS CARTOGRAPHIC PORTRAYAL IN THE UNITED STATES OF AMERICA*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

Le Bureau du Land Management (Bureau de l'administration foncière) est chargé de l'abornement général pour les terres domaniales et le plateau continental des Etats-Unis d'Amérique. L'établissement de levés cadastraux rectangulaires des terres domaniales des Etats-Unis a été autorisé par une ordonnance du Congrès continental en date du 20 mai 1785. Les arguments en faveur et à l'encontre d'un plan national systématique de levés cadastraux ont été âprement débattus, mais le temps a démontré la sagesse de ceux qui avaient préconisé l'adoption du nouveau système de levés. Le fait qu'on n'a jamais sérieusement envisagé de le remplacer par aucun autre plan de levés démontre sa supériorité et son succès. Dans le cadre de ce système de levés rectangulaires les limites de toutes les *townships* (communes) et *sections* sont mesurées au sol et les positions ainsi déterminées sont repérées de manière permanente afin qu'on puisse s'y référer par la suite.

L'unité de base du système d'abornement général ainsi appelée arbitrairement *township* consiste en un carré de six miles (9,66 km) de côté. Chaque *township* contient 36 *sections* de un mile carré (259 ha), qui peuvent être à leur tour subdivisées en d'autres unités rectangulaires. Les limites des *townships* sont définies par référence à un système de coordonnées cadastrales composé de *principal meridians* (méridiens principaux) et de *base lines* (lignes de base).

Les documents de base du système d'abornement général sont: la carte administrative, les fiches de levés, les registres parcellaires, les registres de séries et le registre des mutations immobilières.

RESUMEN

La Oficina de Ordenamiento de la Tierra está encargada de las tierras públicas y del deslinde de la plataforma continental exterior de los Estados Unidos de América. El levantamiento catastral rectangular de las tierras públicas de los Estados Unidos fue autorizado por una Ordenanza del Congreso Continental el 20 de mayo de 1785. Los argumentos a favor y en contra de un plan sistemático nacional de deslinde de tierras fueron calurosamente debatidos, pero el tiempo ha demostrado la prudencia y sabiduría de los que patrocinaban el nuevo sistema de levantamientos. Su superioridad y éxito están demostrados por el hecho de que no se ha considerado seriamente ningún otro plan de levantamientos para reemplazarlo. En virtud del sistema de levantamiento rectangular se determinan sobre el terreno los límites de municipios y secciones y las posiciones establecidas se marcan permanentemente para referencia futura.

La unidad primaria del sistema de levantamiento de tierras públicas es el municipio, un cuadrado de seis millas de lado. Cada municipio contiene 36 secciones de una milla cuadrada que pueden subdividirse a su vez en unidades rectangulares. Los límites de municipio se establecen por referencia a un sistema de coordenadas del levantamiento de la tierra denominado meridianos principales y líneas básicas.

Los registros básicos de levantamiento de tierras públicas son: la plancheta de levantamiento, las notas de levantamiento, los libros de lotes, los registros de series y los registros de patentes.

The Bureau of Land Management is responsible for the continuance of the greatest and most extensive (land) cadastral surveying operation in history—the Public Land [1] Outer Continental Shelf surveys of the United States of America. Those surveys and the records they create are the legal basis of title and ownership to the fundamental resources of the United States—the land estate.

The rectangular cadastral survey of the public lands of the United States was authorized by an Ordinance of the Continental Congress on 20 May 1785. That survey scheme, as perfected in succeeding years, was not an adaptation of an earlier system used in the colonies, Europe or elsewhere. From the earliest colonial days, however, a trend had developed towards regularity in the layout of cities and commons. That trend was also shown in the legislative enactments of certain colonies and the survey instructions for the settlement lands of large proprietors.

Unfortunately, those enactments were ignored in practice except in New England, where "plantations", or townships, tended with time to become more regular and uniform in size. Their indefinite beginnings did, no doubt, influence the proponents of a systematic national survey system when the means of settling the Northwest Territories (the present-day states north of the Ohio River) came before the newly established Congress. Probably more in the minds of many delegates, however, were the bursting court dockets resulting from litigation over boundaries and land disputes, owing to the unsatisfactory survey systems then in use.

The arguments for and against a national systematic plan of land surveys were hotly debated, and many com-

* The original text of this paper, prepared by B. W. Hostrop, Bureau of Land Management, appeared as document E/CONF.71/L.7

munications bearing on this matter were exchanged between leaders of the new country. Some of the colonies believed that the existing system of "pitches", whereby a man selected his own land in any shape, would be adequate. That was the random method and pattern of settlement universally practised at that time.

Originally, and for many years, it was contemplated that public lands would be sold as the main source of revenue for the country, and the disposals would be in large parcels which would require little survey. George Washington indicated that he opposed detailed land surveys, in the belief that people would be interested only in large land areas, when he wrote:

> "The lands are of so versatile a nature that to the end of time, they will not, by those who are acquainted therewith, be purchased either in township or by square miles."

Time has shown the wisdom of those who advocated the new survey system. Its superiority and success have been indirectly demonstrated by the fact that no other survey plan has been seriously suggested to supersede it.

When the Founding Fathers approved the Ordinance of 20 May 1785, as directed by Thomas Jefferson, they were venturing into untried and unknown territory. Until that time, there had been no effort to establish a nationally co-ordinated cadastral survey in any country. The Ordinance also established another "first"—a national policy of "survey before settlement", a policy that had generally died out with the Romans. In keeping with that policy, the first step in the land settlement programme was to extend the rectangular public land surveys to the public domain before general settlement.

The surveyor's field notes of his survey became the first written land records. From the field notes the survey plat is prepared, and that graphic portrayal of the field and office work becomes the foundation land record by which public lands are identified and described and their areas given. No action or record on any piece of surveyed public land can be made without reference to the plat of survey (43 USC 17).

Thus, the settlers moving west generally found that the Government surveyor had been there before them and had neatly blocked out the agricultural land into squares, with the boundaries marked on the ground. The system of marking the corners and describing each tract was so simple that no one had much trouble locating or describing his particular land. One settler need not worry that his claim conflicted with another, since his boundaries were shown on the official plat and were common boundaries with his neighbours. He knew the exact amount of land he had purchased or settled, since it was clearly shown by the survey plat.

If the early settler had received a grant, it was equally important to him to know he was receiving the same amount as his fellows. He was not concerned that someone else might have a prior claim to his selection, since the Government, in authorizing him to settle, had certified, by using other land records, that the land was open. When patent—the final federal land record—was issued, he was assured that the title, which was based on a mathematical and systematic survey plan, was incontestable as to location.

Under the rectangular survey system, all section lines are measured on the ground. Monuments of the most durable material available are established every half mile on the surveyed lines and are marked to show their location in the township.

The primary unit of the public land survey system is the township. A township is a square, six miles on each side, or a total area of 36 square miles. Townships are laid out like the squares on a checkerboard, with the boundary lines running north-south and east-west. The township boundaries tie into the system of land survey co-ordinates called principal meridians and base lines (see fig. 71).

When using a public land survey plat, each township may be identified by locating it in terms of its principal meridian and base line. This is done by counting the number of townships north or south from the base line and then counting the number of townships east or west from the principal meridian (called ranges). By combining the results of both counts, the location (co-ordinates) of any township can be determined.

In order to avoid writing out a lengthy description of a township's location, a shorthand method of describing their location has been devised. For example, in figure 71, the shaded township is located two townships south of the base line and three townships, or ranges, west of the principal meridian. In short form the location of the shaded township would be written "T 2S, R 3W". In formal land descriptions, it is also necessary to include the name (or abbreviation) of the principal meridian.

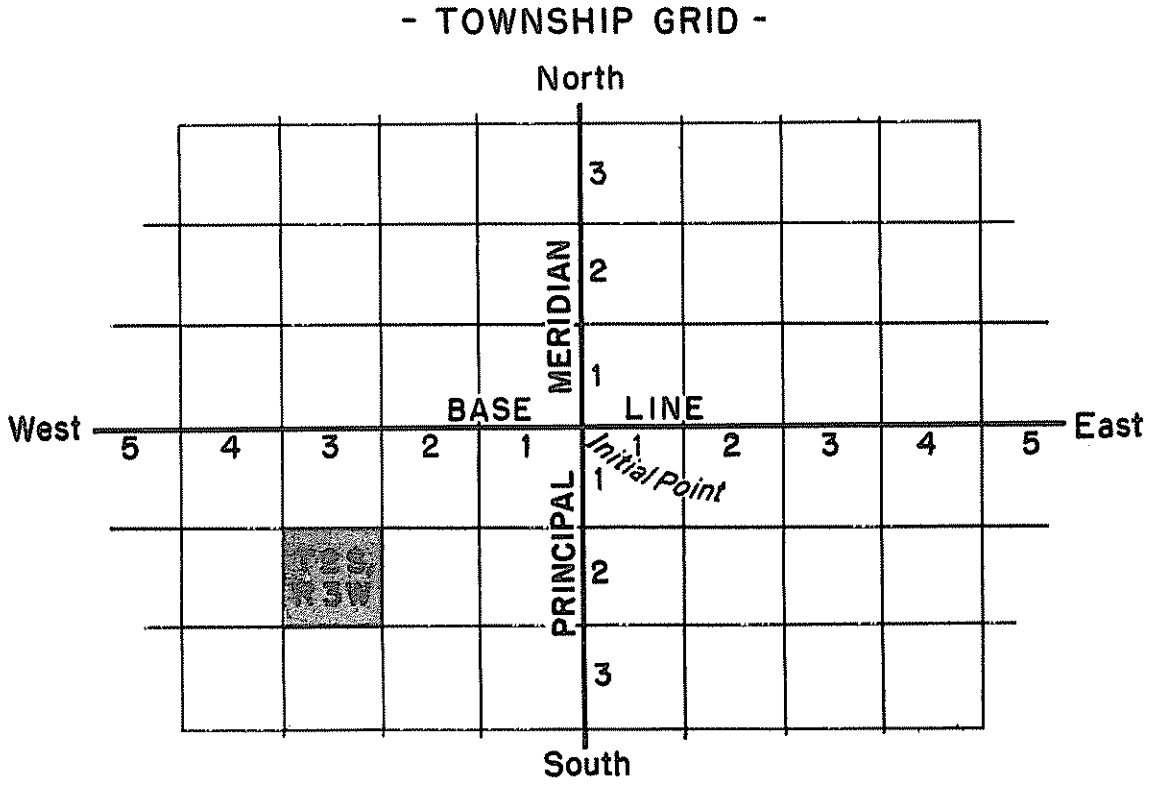
The principal subdivision of each township is an area one mile square called a section, of which there are 36, laid out in checkerboard fashion. Beginning in the north-east corner of the township, each section is numbered from 1 through 36. As part of the regular public land surveys, the boundaries of section lines are laid out on the ground with permanent markers. In order to identify a section of land (containing one square mile, or 640 acres), it is then necessary to give the principal meridian, township, range and section number.

Because it is often necessary to describe an area of less than 640 acres, a system has been devised for further subdivisions of each section. This is done by a process known as quartering. Lines marking subdivisions may exist only on a map, or they too may be actually laid out on the ground. Quarters of the section or simple combinations of quarters are described by compass direction. The first quartering would of course contain 160 acres. Each quarter-section can be further subdivided into quarter-quarters, thereby making it possible to describe the location of an area 40 acres in size. These can further be subdivided into 10 acres and can be described by legal subdivision (aliquot parts).

Though the system of public land surveys involves a symmetrical pattern of straight lines, it is not possible to lay out regular geometric squares for large areas on the curved surface of the earth that will also appear perfect squares on the flat surface of a map. Therefore, it is necessary to make adjustments to compensate for the earth's curvature. This means that not all of the land subdivisions have exactly the same area. Variations are kept to a minimum by establishing occasional standard or correction lines or auxiliary meridians.

Under this system of land surveys and descriptions, it is possible to accurately locate any quarter division (known as an aliquot part) of a section of land. The non-

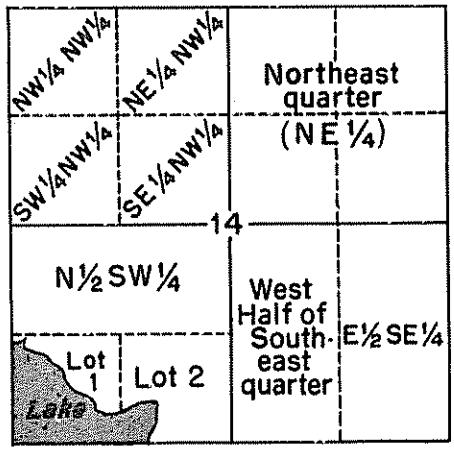
GENERALIZED DIAGRAM OF THE RECTANGULAR SYSTEM OF SURVEYS



TOWNSHIP 2 SOUTH, RANGE 3 WEST

6	5	4	3	2	1
7	8	9	10	11	12
18	17	16	15	Section 14	13
19	20	21	22	23	24
30	29	28	27	26	25
31	32	33	34	35	36

SECTION 14



Attachment A

Figure 71. United States of America: generalized diagram of the rectangular system of surveys

regular parcels caused by the curvature of the earth, boundaries against large rivers and surveyed lines of higher priority are called lots and are given numbers.

For the keeping of land survey records, the survey plat is unexcelled. The standard township of 6 miles square is represented by a diagram 1 foot square on which are shown the 36 sections at a scale of 2 inches to the mile. The plats are of a uniform size, relatively easy to handle, and the system of description is so simple that it can be mastered in a short time.

There are on file with the Bureau of Land Management in Washington, D. C. about 140,000 public survey plats and 7,500 large bound volumes of field notes. Those figures do not include the public land surveys in the States of Illinois, Indiana, Iowa, Kansas, Missouri and Ohio, which have been transferred to the National Archives.

All those land survey records are accessible to the public. Any plot of land on those plats can be described by less than a line of type, and the description can refer to only one plot of the millions of possible arrangements or locations. The pinpoint location of every tract, so described, can also be found on a large map in a few moments, whether it be in Florida or Oregon.

The basic public land survey records are the survey plat and survey notes, which represent the field survey; the tract books and serial registers, in which the land status and transactions are recorded; and the patent record, which is the legal evidence of the transfer of title. Under a records improvement project initiated by the Bureau in the 1960s, the tract books and serial registers in the states where large areas of public land still remain are being replaced by new land status records called a master title plat and historical index.

Over the years, through decades of constant use, the land survey records have, in many cases, become dog-eared and nearly illegible. The innumerable entries made throughout the years, reflecting increasing interest in public lands, have caused the records to become difficult and burdensome for the public to unravel. Therefore, a renovation of the land survey records is now under way.

On the pages of those Cadastral Survey and Land Office records will be found the origin and legal basis upon which rests the title to 6.5 million original, individual land ownerships constituting over 1 billion acres of the original public domain that are now in private ownership. This is the part of the public domain the national Government has sold, granted, made available to veterans or transferred to private ownership under the Homestead Act and other public land laws during the past 190 years. It is unlikely that any collection of land survey records elsewhere in the world can equal the number, area and present value of the real estate transactions based on those documents.

The 13 colonies and the States of Hawaii, Kentucky, Maine, Vermont, West Virginia. Tennessee and Texas were never part of the public domain, and their public lands and records have remained with them. Acquired lands in those states do contain certain features of lands that are best referred to as Federal Interest Lands.

The public domain, including Alaska, has, at its greatest extent, aggregated 2.8 million square miles, or approximately a third of the continent. Of that vast area about 700 million acres remain in federal ownership.

There seems little doubt that had the nation adopted the random survey methods of the seventeenth and eighteenth centuries, development and settlement of the public lands would have been materially impaired. The random surveys are typified by irregular and unequal sized tracts; descriptions are long and difficult to understand; coordination of surveys for land ownership, utilization and mapping are difficult; and on a nation-wide basis such a system would have entailed prohibitive cost. The problems inherent in such surveys have been clearly demonstrated by the experience of several eastern states that are, even today, using the same fundamental basis for land surveys as that used by the early colonists.

Much of the public land may never be surveyed, since it is withdrawn for National Park and National Forest use. Official protractions of those "unsurveyed areas" suffice to serve as a system for MTPs, lease action records etc. The unsurveyed public land under the administrative management of the Bureau of Land Management will be surveyed as the need arises. The resurvey and maintenance of the existing rectangular survey network is a job of increasing magnitude, brought on by deterioration and destruction of the old survey monuments by natural and man-made forces.

As new and increasing demands are made upon the nation's land and resources, new surveys and resurveys will be necessary prior to development. As in the past, the public land surveys and the land survey records which they create will contribute to the future development of the nation's land and resource base.

LAND REGISTRATON PROJECTS IN THE CARIBBEAN REGION*

Paper presented by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

RÉSUMÉ

La terre est un bien fondamental, et nulle part plus que dans les petits pays des Caraïbes. Un inventaire exact apporte à sa suite d'importants avantages sociaux et économiques. Un certain nombre de projets ont été élaborés pour établir des systèmes cadastraux modernes. Ces pro-

RESUMEN

Las tierras son un activo fundamental y en ninguna parte lo son más que en los países más pequeños del Caribe. Un inventario exacto trae aparejados importantes beneficios sociales y económicos. Se han establecido una cantidad de proyectos para realizar sistemas modernos de registro de tierras. Han sido patrocinados por el programa de ayuda del Gobierno del Reino Unido en la región de América.

* The original text of this paper, prepared by P. W. Wesley, Directorate of Overseas Surveys, appeared as document E/CONF.71/L.9

jets ont été exécutés sous les auspices du programme d'assistance du Gouvernement britannique à la région américaine.

Le document donne l'historique de plusieurs projets ainsi que les lignes générales des notions de base sur lesquelles le système cadastral est fondé, en rapportant ces notions à divers systèmes cadastraux traditionnels.

Ensuite, le document identifie les apports essentiels aux projets d'établissement de cadastres, indique comment on a réussi à préserver et agencer les résultats obtenus et fournit en outre des détails sur la méthodologie élaborée pour les projets.

Une brève annexe contient un résumé des résultats

En el documento se dan antecedentes de diversos proyectos y se bosquejan los conceptos básicos en que se basa el registro de tierras y se los relaciona con diversos sistemas catastrales tradicionales.

En párrafos subsiguientes se identifican aportaciones esenciales a los proyectos de registro de tierras y el mantenimiento y gestión exitosos de los resultados además de suministrarse detalles de la metodología desarrollada para los proyectos.

Se resumen los resultados en un breve anexo.

Introduction

Land is a fundamental asset in many of the smaller Caribbean countries and an accurate inventory of it brings in its train important social and economic benefits. With this in mind, several projects to establish modern systems of land registration have been sponsored by the United Kingdom Government's Aid Programme in the Americas Region. Those systems have replaced the traditional tenure and conveyancing practices in all the countries where operations have been carried out. Additionally, in most of those countries, they have provided an efficient machinery for recording newly created interests in parcels granted or sold from the Crown Estate (State Lands). An essential element of the land registration projects has been the systematic approach, so that during the life of the actual project, every parcel is considered and ultimately registered.

The first exercise, in the Turks and Caicos Islands in the late 1960s, served as a two-year pilot project. It was followed, with some refinement of technique, by a project operated on several islands and groups in the Caribbean throughout the 1970s. Successfully completed to date have been the British Virgin Islands, the Cayman Islands and Anguilla, and nearing completion is Antigua, while a similar project is under way in Montserrat. Further, a pilot project has been successfully completed in Belize to evolve techniques suitable for that country, and the stage has been reached where an extensive area has been registered, enabling operations to continue to effect land registration throughout the country. Our experience has shown that considerable lead time, together with much care and thought, is required in the early stages, to ensure that in planning legislation and methods, sufficient attention is paid to local circumstances. Though the pattern is similar for all countries, it is not possible to derive a universally applicable solution.

Philosophy of Land Registration and Concepts of the Projects

The system of land registration introduced provides for the centralized recording in a government registry of all rights and interests in land for every parcel, the title for which receives a Government Guarantee. Essentially the record is in two parts:

(*a*) The written record of the register page that is unique to the particular parcel; this is cross referenced to

(*b*) the Registry Index Map, which portrays the parcel at a suitable scale and shows its relation to abutting parcels, rights of way etc.

The survey and registration process transfers the main emphasis in recording land ownership from documentary evidence and from people who have interests in the land to the pieces (or parcels) of land themselves. A change of ownership is thus effected by altering the proprietor's name on the entry in the register that specifically refers to the land in question. This methodology results in relatively low cost and an efficient administrative procedure. In all countries the register is public and may be examined for a small search fee. The land is a better basis of record, as it cannot be lost, stolen or destroyed, and, provided the owner takes the simple precaution of maintaining the boundary features and seeing that no one uses the land without authority, the unit of record is unchanged. The objective of the various projects is to provide records and index maps for a land registry, detailing proprietorship and other interests (e.g., leases, mortgages), which are guaranteed by the State.

The central philosophy of the various land registration projects described in this paper has been founded on a concept that evolved in the United Kingdom—that of "general boundaries". In using that concept in countries of the Commonwealth Caribbean there was a conscious attempt to move away from one of the principal features of the Torrens type of survey found in several of the larger Commonwealth countries, such as Australia and New Zealand. The difference is essentially one of accuracy of the survey associated with the title, since in the general boundary method, much less precise survey methods have been adopted as normal because of the existence of a good control network and mapping and also because of the systematic nature of the approach.

The general boundary system, as it has become known, places much more emphasis on the parcel of land itself and provides for a much less precise survey based on the comprehensive mapping of all parcels. In most other systems used elsewhere, great emphasis is placed on the accuracy of boundary surveys and the emplacement of monuments, and typically parcels are surveyed on a sporadic and random time-scale (most frequently when a transaction occurs). Quite often the importance placed on the advantages of the latter system being able to replace lost boundaries or monuments precisely is much exaggerated.

The concept of general boundaries may be employed most usefully where property boundaries are coincident with physical features—e.g., walls, fences, hedges—but

it remains valid where boundaries are evidenced only by survey monuments. There is no doubt that its use has enabled land inventories for those territories to be completed quickly and on a quite modest aid budget, without burdening future generations with high survey and legal costs for subsequent land transactions. In summary, then, much faster and less precise survey techniques have evolved for assembling the base map of all parcels, which serve as one of the two vital elements for land registration. The projects have also assembled the second element required for successful land registration—i.e., the written record for each parcel.

Clearly, what had gone before in property surveys is relevant to this review, and the Caribbean countries had several practices in common, mainly arising from their long association with the United Kingdom. A system of registration of deeds has become part of their common heritage, whereby the documentary aspect of land ownership is publicly recorded (registered), with a copy held by the proprietor as a negotiable security. In almost all countries a survey plan was not required by law, and local practice in that regard varied considerably. Additionally, several countries had allowed their legal/survey system (often called the cadastral system) to develop side by side with a system introduced at the end of the last century, of title by registration. Such legislation had several fundamental defects. A third important influence on the situation was the establishment of various machineries to enable Governments to make grants/sales to dispose of Crown Land (State Land or National Estates). The survey methods for all the above were designed prior to the development of national control frameworks and the current philosophy of larger-scale national mapping. As a result, surveys in support of that legislation were typically almost infinitely variable in scale, orientation and accuracy, and with developing economies it had been apparent that such systems were proving wasteful of surveying resources; were unequal to the development task, since documentary records often no longer reflected the state on the ground; and were therefore in desperate need of overhaul and regeneration. A further influence on the situation generally was that in several countries, where projects have been successfully concluded, rising land values had created a demand, for the very first time, for individual title and, more commonly, for its more precise definition as opposed to ill-defined customary use or occupation of land. That in turn gave rise to an additional urgency for and adjudication process. For example, in the Cayman Islands local advisers were appointed to guide the adjudication officer on matters of traditional practice.

Essential Elements for Land Registration

The land registration projects should not be seen as objectives in themselves, since the undoubted social and economic benefits afforded by land registration can only be realized if systems are efficiently maintained. To that end, land registration projects described in this paper were seen essentially as a part of a much wider, ongoing bilateral aid programme in the surveying and mapping sphere. Several essential inputs to a successful land registration project may be identified, which, if they were not already present (as indeed they were not in most cases), have come about as a result of the United Kingdom Government's Aid Programme to the Caribbean Region. Either before or coincident with adjudication and land registration, the following elements are essential:

(*a*) A reliable and dense ground survey control network. Experience has shown that, particularly where parcellation is small and complex, a suitable density should provide control every half kilometre or less.

(*b*) Provision of suitable mapping or map substitutes (e.g., rectified mosaics or enlargements in flat terrain) from the most recent aerial photographic cover, which—again depending on typical parcellation—might range in scale from 1:1,250 to 1:2,500 and from 1:5,000 to 1:10,000. The criterion here is that mapping to support the Land Register must portray each parcel of land clearly and unambiguously.

(*c*) The preparation for drafting of legislation, typically establishing procedures for the adjudication of rights and interests in land, where required, for the establishment of registration and for a Land Registry and for the conduct and regulation of surveying to support the subsequent use and operation of the Land Register.

(*d*) However small, an efficient National Survey Department is required, which, from experience gained in what admittedly are generally quite small countries, typically has responsibility for land management and in some cases physical planning as well. The Survey Department plays an integral part in the operation of the Land Register, once established.

(*e*) An efficient Land Registry which has to provide for the secure storage and management of the Land Registers and supporting index maps. The Land Registry must therefore be secure but readily available to the people it serves.

Operations within a Typical Land Registration Project

The operational concept for the projects described was that of a nucleus of United Kingdom personnel qualified and where possible experienced in the various skills associated with such tasks to work with local personnel who were attached or recruited to the project team, such that they contributed materially during project operations and would ensure that a reasonable reservoir of expertise was available to the country for the continued management and operation of land registration, after the departure of the project team, on completion of its immediate task.

The operations used are briefly outlined and were usually a blend, being both co-existent and/or consecutive.

Preliminary and publicity phase

(*a*) Investigation and analysis of existing laws, custom, control, mapping and political will. At that time financial provision had to be made in the Aid Programme and within the local government for counterparts (if necessary).

(*b*) Preparation of legislation, which typically required the enactment of three laws. Those covered adjudication, land registration and land surveying. This proved to be a lengthy process of one to two years' duration, necessitating careful planning.

(*c*) At the same time, but continuing well after enactment of legislation, was the vital phase of education and publicity by any medium available. Such publicity had to be tailored to local circumstances, and in the various proj-

ects was the key to co-operation by land-owners and understanding by lawyers, bankers etc.

(*d*) Planning had to commence to provide the permanent structure within the local government for establishing a survey capacity and a Land Registry. Most often neither really existed. Assistance from the United Kingdom was arranged to provide, where required, office accommodation, staff, training and equipment for both the Survey Department and a Land Registry.

(*e*) There is, finally, an important technical aspect which provides for the development of a suitable, dense control network and mapping. The more complex the parcellation pattern was believed to be, the denser the network that was required. Similarly, when mapping the area to be covered, early decisions had to be taken concerning such items as air photography, ground control and mapping. It was fortunate that there had been an ongoing mapping effort under the Aid Programme with such projects in mind, and considerable mapping had already been done. The scales used varied from 1:1,000 in dense urban areas to the more usual 1:2,500 and from 1:5,000 to 1:10,000 in rural Belize, where parcels are somewhat larger.

Demarcation, surveying and drafting, and recording phase

After requisite statutory notice had been served and the project team assembled, organization of pilot areas commenced, with demarcation teams moving systematically through the claims submitted for parcels by landowners, identifying all parcel boundaries on the ground. This phase required considerable tact and was rewarded by the settlement of many outstanding frictions and potential disputes. Where boundaries, after suitable checks, could not be identified on the base mapping (i.e., where property boundaries and physical features were not coincident), then by simple survey techniques, within a strong control framework, all boundaries of parcels not already mapped were surveyed. From that stage came the basis of the Registry Map and the other written half of the registration record. During the recording process an adjudication record for each parcel was prepared, on which were entered details of ownership and other interests and by which means they were established. Recording took place most frequently in a local office and involved the submission of valued documents, but through the link of the parcel of land itself, those could at any stage be related to field operations. Familiarity of the surveyor with a section and its claimants proved to be of major significance, and the concept of one person dealing with all aspects in one section was observed wherever possible.

Survey techniques were kept as simple as possible at all times, with the objective of achieving better than the plottable accuracy at whatever scale was designated for a particular area. Compass traversing, always within a control framework, was the technique most frequently employed, but technique was chosen to suit circumstances. Accuracy checks were made regularly to ensure local consistency of surveyed and mapped data.

On the drafting side, the field investigation was normally based on a segment of relevant topographic mapping and from that a data sheet was prepared by the survey crew. The project's cartographic section, from the field documents, produced data index sheets and final index sheets as sequential products, all on standard surrounds using national sheet lines. It is at that stage that unique parcel numbers are assigned and areas are calculated.

Adjudication, display, finalization and first registration

There was provision in the legislation for an adjudication process which was conducted by a senior member of the project team from the United Kingdom. He exercised quasi-magisterial functions at two levels in settling disagreements between rival claimants, in connection with both boundaries and title. The first level involved disputes noted by the survey personnel during demarcation which could not be resolved. At dispute hearings, evidence was taken and a decision made known to the parties to the dispute. The second level in which adjudication was involved concerned petitions which were made after completion of the particular geographical section. Completion was followed by a statutory display period of records generated by the project for that section, and petitions could then be made to the Adjudication Officer to have the records amended. After completion of all petition hearings, the section is declared finalized and all records are sent to the newly created Land Registry.

At that stage the project records from the demarcation and adjudication phase are transcribed into register pages (one per parcel), and registration formally takes place with the support of the Index Map. Dealing in registered parcels may then commence; typical transactions are sales, mutations and mortgages.

The fourth and final phase provides for appeals to a higher judicial court for cases unresolved by the adjudication procedures and, finally, the continuing maintenance and operation of the Register. Where decisions are determined by the courts, in the very small percentage of cases that project staff cannot resolve and in the few cases where new and vital information comes to light, the Registers can be rectified by a statutory procedure.

With respect to continued operation of the Land Registry, the public, for modest registry fees, can conduct transactions in land, simply and efficiently. The Survey Department keeps Index Maps up to date, while developmental aspects of land can be monitored and controlled by channelling mutation applications through the Planning Authority. All successive transactions are recorded on the relevant parcel folio in the Registry, which must be secure. To ensure security, copies of all registry documents are prepared by microfilming on a cyclic arrangement, as a basis for reconstruction in the event of a catastrophe. Whenever a mutation is sought, the new identity of the parcel/parcels created is surveyed, thus facilitating amendment to both the Index Map and the parcel folio. In that way the Land Registry reflects the legal situation with regard to the ground.

Annex

LAND REGISTRATION PROJECTS IN THE CARIBBEAN REGION

1 *Turks and Caicos Islands*

The project was completed in 1971 and served to evaluate techniques. There was considerable confusion over land ownership. Some 5,000 parcels are registered in the 193-square-mile island group. There is already considerable experience in the operation of the Land Registry.

2 *British Virgin Islands*

Land registration of 5,000 parcels in the 60-square-mile island group was completed in 1975, and the Land Registry has served the community since then. It was one of the first territories to be assisted by a regional project team.

3 *Cayman Islands*

Operations were completed in the 100-square-mile island group in 1977, and approximately 11,300 parcels went onto the Register. The project was more difficult than most because rapidly rising land values had created an interest in individual title. The Registry has been operational for the whole territory for two years.

4 *Anguilla*

The Land Registry has been fully operational since 1977, with 3,600 parcels on the 35-square-mile island. In many cases, individual titles were demarcated for the first time.

5 *Antigua*

Land registration should be completed by early 1980, when an estimated 20,000 parcels will be registered in the 170-square-mile, three-island State. A lengthy history of land ownership, recorded by several concurrent systems, created much complexity, which the project has removed by providing a single system. The Registry is already operational for much of the country.

6 *Belize*

An extensive pilot scheme was launched in 1976 to evolve suitable methods. In two years it completed field operations for some 7,000 parcels located in the sugar-producing northern Corozal District. Those parcels are currently being registered in the new Land Registry, and the way is clear for operations to complete registration throughout Belize (approximately 9,000 square miles). The stimulus for the introduction of land registration came from the Government's need to give titles for Grants from the Crown Estate and the inability of the existing system to do that even on a lengthy time-scale.

7 *Montserrat*

The project will begin fieldwork after all planning and preparatory operations have been completed. The Land Registry should be fully functional, covering the 40 square miles of Montserrat, early in 1980.

PRODUCTION OF PLANNING DOCUMENTS FOR URBAN AREAS*

Paper presented by the Federal Republic of Germany

RÉSUMÉ

Dans les pays qui ne disposent pas d'une série normalisée de cartes, il importe de pouvoir établir rapidement et à peu de frais des documents de planification afin de faire face aux problèmes du développement urbain. L'expérience acquise dans les pays industrialisés montre qu'il est nécessaire de dresser, pour les zones urbaines, une série de cartes utilisables à la fois à des fins administratives, économiques et de planification et de choisir pour la réalisation le procédé technique le plus approprié. Ces cartes doivent être conçues comme des cartes de base au 1/5 000, dont on pourra dériver des cartes à échelle plus grande ou plus petite (au 1/10 000 ou au 1/2 500) par photographie et copie pour la plupart des utilisations.

Le type de projection, le découpage par feuilles, le contenu des cartes et la légende doivent être conçus de façon à obtenir une série de cartes essentiellement adaptées aux besoins de la planification. Il faut bien sûr utiliser un support translucide, de dimensions stables, afin de pouvoir utiliser les procédés de reproduction les plus simples. Puisque, sauf exception, le procédé le plus économique, si on veut indiquer non seulement les coordonnées mais aussi la topographie, est le levé photogrammétrique, c'est ce procédé qu'on retiendra. Il permet de réduire au minimum les levés géodésiques terrestres, qui sont onéreux et prennent beaucoup de temps, et de plus les photographies aériennes peuvent fournir, outre les renseignements planimétriques et topographiques, les informations les plus diverses. Enfin, une série de cartes ainsi établie doit être périodiquement révisée, sous peine de devenir périmée et par conséquent inutile. C'est la seule façon d'amortir convenablement les frais de réalisation relativement élevés d'une telle série de cartes.

RESUMEN

En los países que no disponen de una serie de mapas uniformes, la creación rápida y económica de documentos de planificación es una tarea especial necesaria para hacer frente al desarrollo urbano. Las experiencias adquiridas en los países industriales muestran que es necesario producir para esas zonas urbanas una serie de mapas que sirvan para fines administrativos, económicos y de planificación, y escoger el procedimiento técnico más adecuado para su ejecución. Los mapas deben concebirse como mapas básicos en escala 1:5.000, de los que puedan derivarse mapas para las finalidades más diferentes en escalas menores y mayores (1:10.000 ó 1:2.500) mediante procedimientos fotográficos y de copia.

La proyección, el sistema de marcar los límites de la hoja, el contenido del mapa y las leyendas deben adaptarse de manera tal que la serie de mapas baste primariamente para los fines de la planificación. Es obvio utilizar una base de trazado transparente dimensionalmente estable que permita el procedimiento de reproducción más sencillo. Puesto que el levantamiento fotogramétrico, salvo excepciones, es siempre el procedimiento más económico en los casos en que, además de la determinación de coordenadas, también debe obtenerse la topografía, la producción de mapas se basa en este procedimiento. Así, pueden minimizarse los levantamientos geodésicos terrestres básicos de elevado costo y que requieren mucho tiempo y, además de la planimetría y topografía de mapas, puede obtenerse la información adicional más diversa a partir de fotografías aéreas. Esa serie de mapas también debe revisarse si no se quiere que quede anticuada y, por consiguiente, inútil. Despué de todo, sólo de ese modo puede evitarse que los costos relativamente elevados de la preparación inicial de la serie de mapas pierdan su valor en breve lapso.

* The original text of this paper, prepared by Karl-Heinz Bastian, Head of the Survey Office of the Rhineland Palatinate and representative of the Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, appeared as document E/CONF.71/L.21.

Preliminary remarks

One of the great problems in the world is urbanization. More and more people move from rural to urban areas and agglomerations. The exodus is connected with rapid development of urban areas.

This applies, above all, to suburban areas. Frequently, towns extend without planning in all directions. Not only the outskirts of the agglomerations but also the core zones present a comprehensive problem in terms of town planning, owing to insufficient streets and dwellings unfit for human habitation.

To tackle this problem, it will be necessary to evolve conceptions for town planning and to undertake planning measures. However, measures require an inventory of the region to be developed or renewed. On the basis of the inventory, an analysis of conditions has to be made, by means of which then the planning can be developed. In short, suitable planning documents are necessary.

Production of planning documents

Experts acknowledge the necessity of suitable maps as a basis for planning measures. Nevertheless, such documents are often lacking. Either there are no maps at all available for the area concerned, or the existing maps are outdated or not usable with regard to scale and content. Therefore, it is nearly always necessary in the field of planning to produce new maps as quickly and cheaply as possible, to revise outdated maps, or to transform and supersede available map series.

In the following paragraphs, some fundamental considerations for producing and revising planning maps are discussed.

Conception of a map series

General

The production of a map series is very time-consuming and very expensive. Therefore, it is necessary to utilize the available financial means with regard to technique and personnel as economically as possible.

Since a map series may cover, for economic reasons, several fields of application besides planning, it must be conceived with a variety of possible uses in mind. The concept should cover problems of scale, the sheet line system, projection, map content, the kind of representation and the methodology of revision.

For urban planning, a distinction has to be made between planning for large areas (development planning) and planning of local details (local planning). At the same time, the use of the maps for different cadastres—property, convict etc.—and as the official register for types and quantities of refuse, water and air pollutants should be considered. In addition, the maps should be useful in urban research and development.

Moreover, new maps for urban areas should be conceived in such a way that they can be used as a base for thematic maps of different types as well as for the derivation of additional small-scale maps like general maps, or town maps.

Scale

A map series serving the above-mentioned purposes has to be produced as a basic map in the scale 1:5,000. The scale naturally depends on the map content. If property conditions have to be represented in terms of cadastre, the scale of 1:1,000 or 1:2,000 is necessary, depending on the structure of the property. If locally visible structure suffices and the topography is stressed, the scale of 1:5,000 or 1:10,000 is advisable.

When choosing the scale, the integration of any existing map series has also to be considered.

Projection

To maps such as those described above, only a plane orthogonal projection can be applied—for example, the Gauss-Krüger projection. The simple removal or insertion of data is achieved for all possible applications. In addition, the maps would be suitable for automation.

Sheet line system

The maps should be laid out as *Rahmenkarte* (showing details up to the margin limited by co-ordinate lines) with a rectangular sheet line system limited by grid lines. With a *Rahmenkarte* it is possible to join the single sheets simply, without fringe. The basic map should not be larger than 60 × 60 cm with a map face (sheet line system) of 40 × 40 cm, including margins (legend and marginal lettering).

Map content

The purpose of the map as a planning tool determines content and type of representation. The map has to cover all essential data relevant to planning—e.g., legal position of property (according to the cadastre), terrain (contours), and inventory of buildings. Care must be taken that too many details do not affect readability.

For differentiated use of planning maps, overlay foils are helpful. On the basic map proper, only the most essential data are shown—e.g., planimetry—while topography and thematic representations—e.g., pipeline systems—are prepared as overlays (figs. 72, 73).

Legend

The transformation of cadastral features into point, line or areal symbols, signatures, and lettering is influenced by the scale and content of the map. In addition, the clarity and unambiguity are important in the choice of the type of representation. In order to increase readability, colours or—with monochrome representation—screens can be applied (figs. 74, 75).

When choosing a certain type of representation, existing cartographic procedures, such as drawing or scribing, techniques of applying and mounting, and available possibilities for reproduction should be taken into consideration (fig. 76).

Reproduction procedures

Simple reproduction procedures, such as diazocopy and screen printing, should be considered for obtaining unambiguous and clear maps quickly. Simple but expressive symbols should be used. The kind of representation should suit automatic data processing. It should also be conceived in such a way that, by simple photomechanical transformations, a new map series in a smaller or larger scale can be created—for the reduction of a basic map at

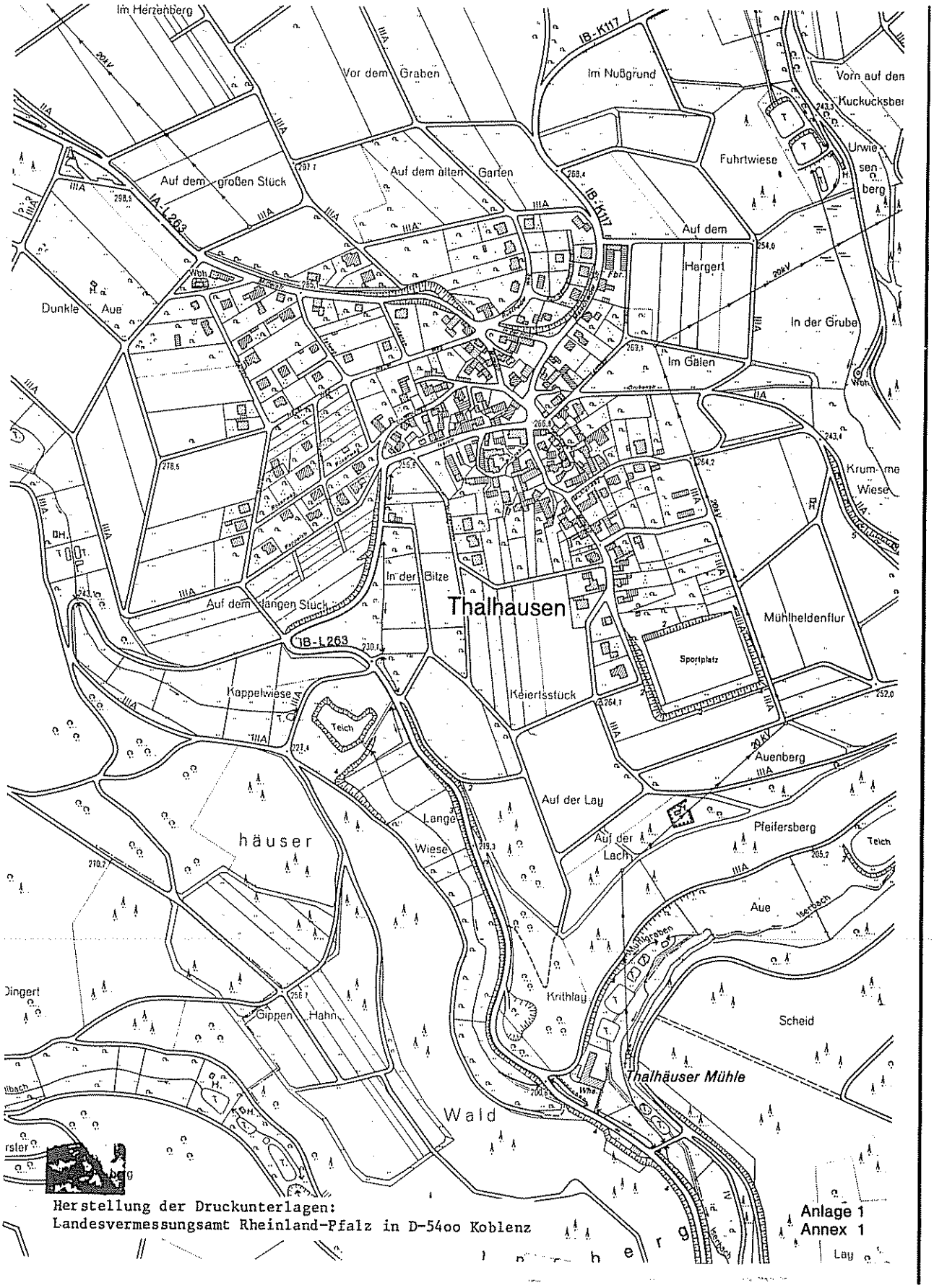


Figure 72. Federal Republic of Germany: extract from the Deutsche Grundkarte 1:5,000 — representation of planimetry

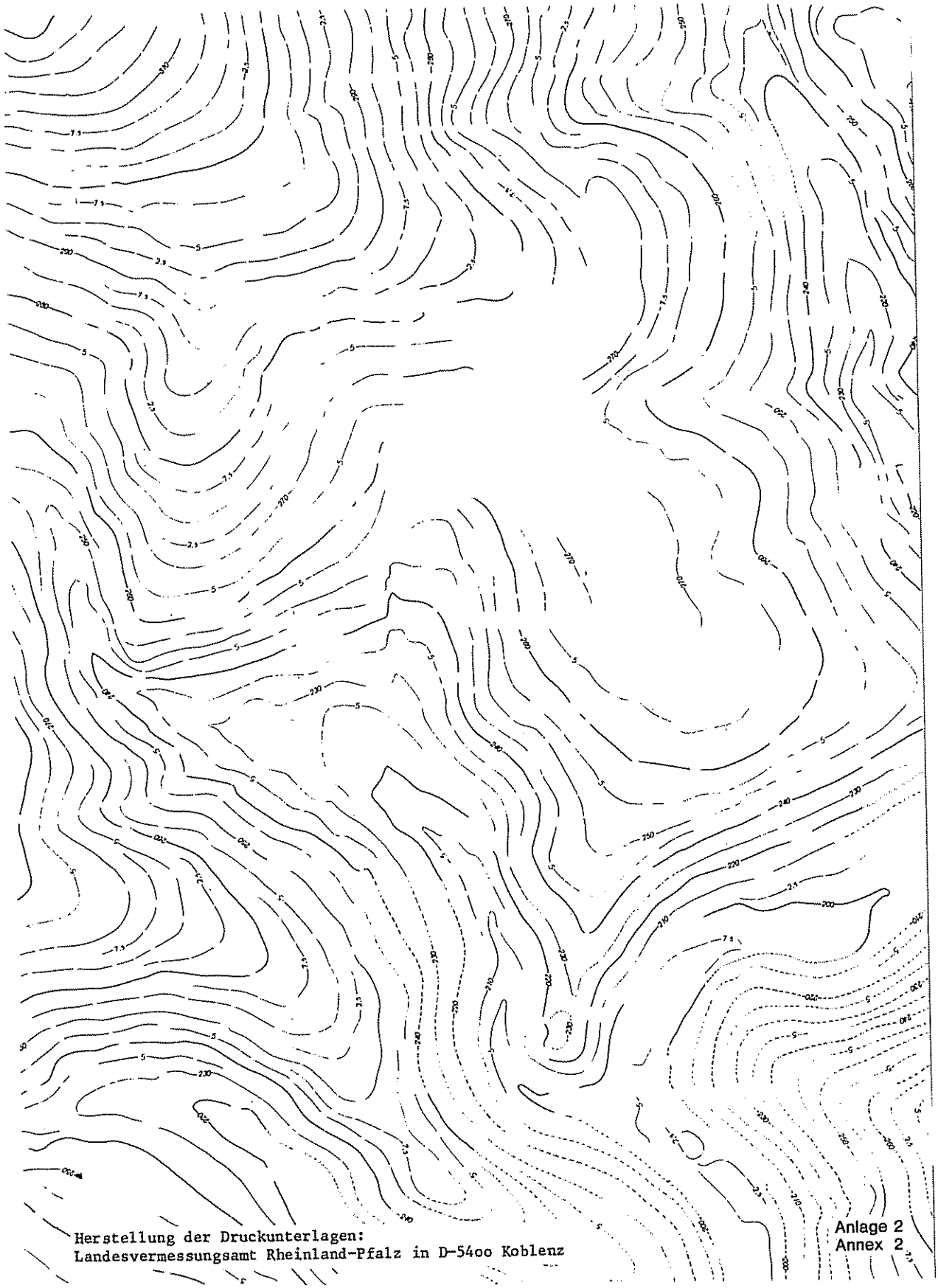
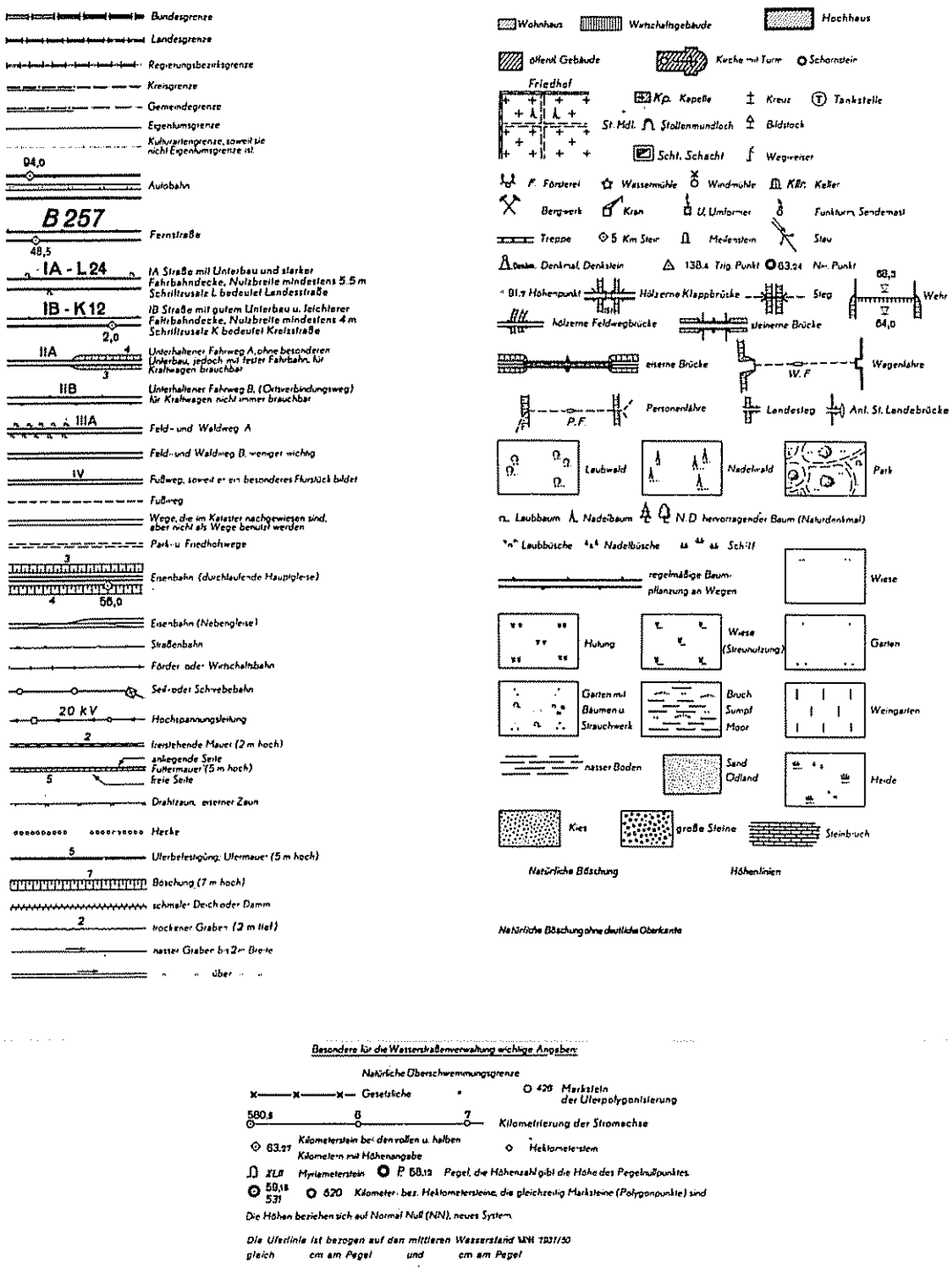


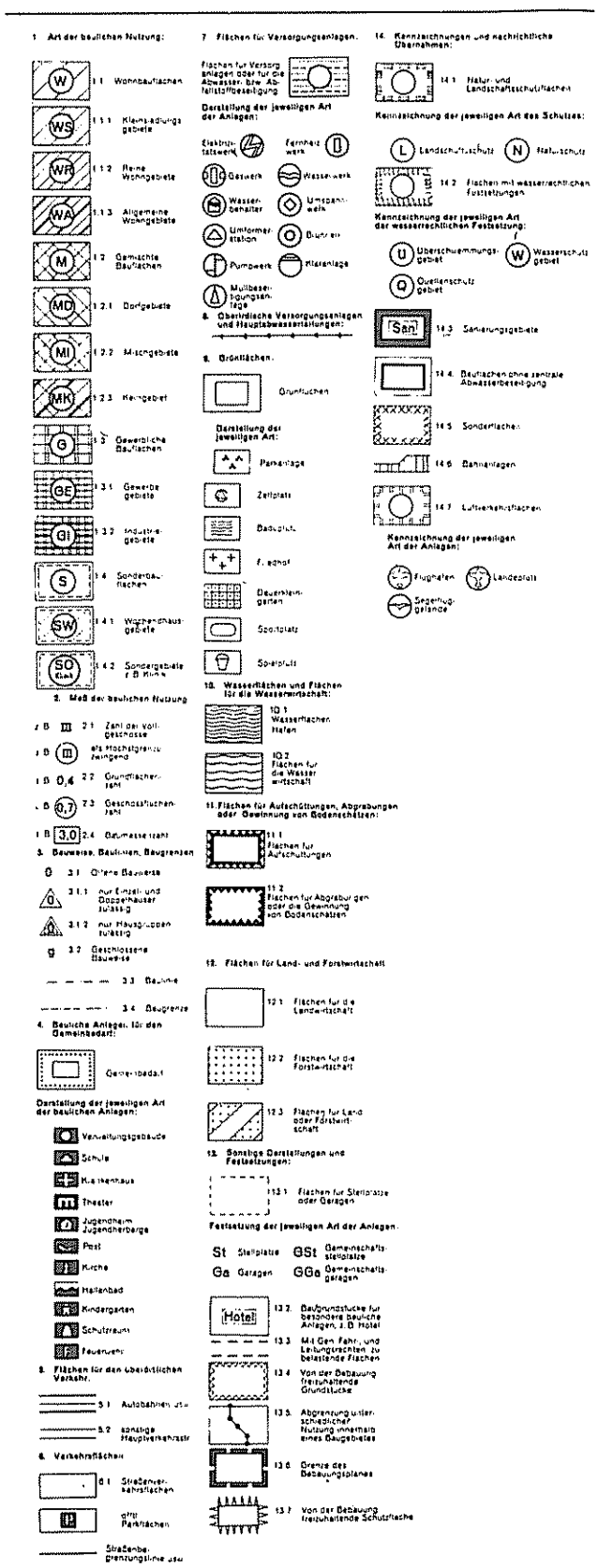
Figure 73. Federal Republic of Germany: extract from the Deutsche Grundkarte 1:5,000 —representation of terrain



Herstellung der Druckunterlagen:
Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz in D-5400 Koblenz

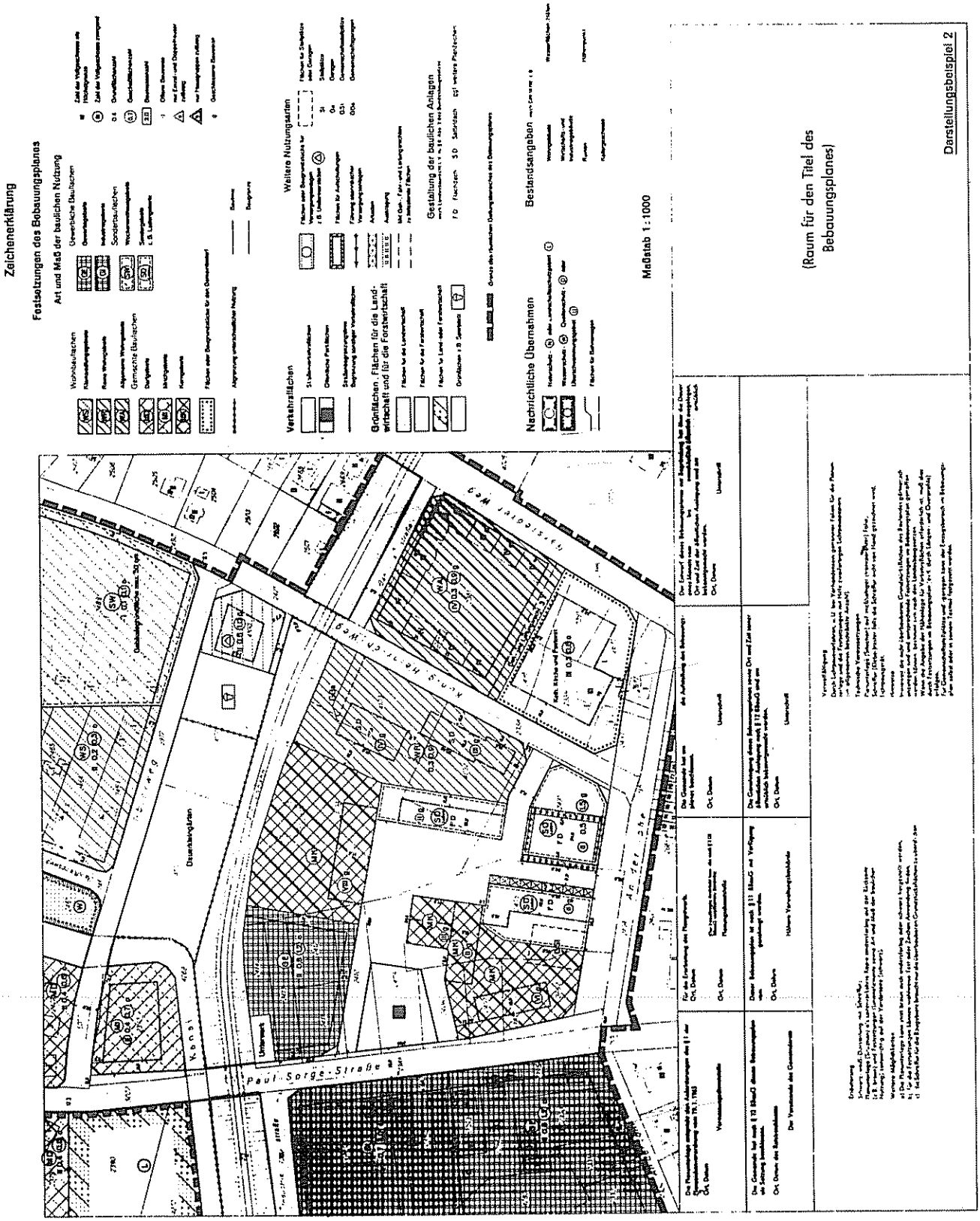
Anlage 3
Annex 3

Figure 74. Federal Republic of Germany: extract from the legend for the Deutsche Grundkarte 1:5,000



Anlage 4
Annex 4

Figure 75. Federal Republic of Germany: selected symbols from the list of 19 January 1965



Unterlage entnommen aus:

Darstellungsbeispiele für Bebauungspläne,

herausgegeben vom Deutschen Städtetag, D - 5000 Köln-Marienberg

Figure 76 Federal Republic of Germany: example for the representation of stipulations on the development plan

1:5,000 scale to one at 1:10,000, or its enlargement to 1:2,500 (figs. 77, 78).

A last but essential item to be considered when choosing the kind of representation concerns the uniformity of the legend symbols. It is definitely necessary to decide on a legend to be applied to the total series and to establish a style sheet.

Need for revision

Revision is a major item to consider when conceiving the map series. Whereas for certain thematic maps, revisions can completely or partly be dispensed with, the updating of planimetry, for example, is absolutely essential with regard to planning measures for urban developments. The expenditure required for updating has already to be considered when planning a map series. Sheet number and map content should be restricted to the necessary size and type of representation chosen with regard to an efficient revision.

The different revision procedures will be dealt with below.

Systematics of production

Basic features

The production of a map series can be divided into four sections:

1. The preparation or densification of the geodetic fundamentals (horizontal- and vertical-control survey net);
2. Topograhic survey and evaluation;
3. Cartographic compilation;
4. Reproduction and printing.

Geodetic fundamentals

In the preparation of modern map series, a horizontal- and vertical-control survey net is necessary. It can be assumed that that fundamental net of higher order is available in the industrialized countries. Where fundamental networks are missing and cannot be produced rapidly, substitute local systems should be prepared in such a way that they can be incorporated into the national net of higher order as soon as a systematic national survey has been performed (fig. 79).

Topographic survey and evaluation

Modes of procedure

For a topographic survey, terrestrial and photogrammetrical methods can be used. Which one of the two procedures is preferred or whether both procedures should be applied in combination depends, among other things, on the size of the area, the topography, vegetation etc. The choice of the technical procedure should be based on a careful economic analysis that considers the available equipment as well as the skills of the personnel.

A photogrammetric survey is generally the most economical procedure if the topography has to be captured and the co-ordinates determined. The combined procedures should be chosen only if a uniform survey with regard to total conditions would be more difficult and uneconomical. The description of terrestrial survey procedures is dispensed with here, since those conventional methods are sufficiently known and too expensive for the preparation of a basic map in the scale 1:5,000.

Photogrammetric procedures

Apart from the topographic survey, photogrammetric procedures make it possible simultaneously to densify the net by means of aerial triangulation without considerable additional expenditure.

Before the aerial flight can be performed, certain work has to be completed. First, the flight area has to be outlined. Then, by means of small-scale maps or corresponding aerial photographs, the photo flight has to be planned, determining the image scale, flying altitude above ground, survey camera, and kind of flight as well as further photogrammetric data (forward and lateral overlap) (figs. 80, 81). The corresponding evaluation method has to be taken into consideration when planning the photo flight, and the single sheets of the total map series as well as the flight direction have to be indicated on the flight plan (fig. 82).

An additional index has to be made showing the planned basic map sheets as well as the photogrammetric stereo models. The plan also serves as a plan for the signalization, showing all known horizontal and vertical control survey points to be signalized on the terrain (fig. 83). Later the survey control points and the so-called model tie points are signalized on the ground. The latter are definitely determined and then inserted on the signalization plan.

Apart from the aforementioned types of point, further points, like boundary marks, topographic features and so on can specially be marked for later measuring. If available survey control points do not suffice as horizontal and vertical control points, additional points have to be determined by terrestrial survey as, for example, traverses or triangulation of lower order in accordance with photogrammetric models. When selecting the points on the terrain, good visibility from the air is essential. Furthermore, the contrast between signal and environment is of special importance for clear interpretation during the evaluation.

Depending on the type of point, signalization is made by different marking signs. The best marking materials are calcine gypsum, marking disks and strips made of plastic, and white marking colour.

Signalization work should be performed, if possible, shortly before the flight, so that the markings are not changed or destroyed by last-minute changes in weather conditions. The photo flight should be made immediately after the signalization; otherwise, the signalization must be maintained by expensive control work.

The photo flight should preferably be performed in times of poor vegetation, for good ground visibility.

The most favourable time of day is when the sun reaches its highest position, and shadows are smallest, thus permitting later a clear evaluation of stereo pairs.

The photogrammetric evaluation is performed on stereoplotters directly at the scale of the maps to be produced. The wild B 8 and A 8 and the Zeiss Planicart are representative plotters. The direct results of plotting are the preliminary maps (machine drawings), which can be used either directly or, after small cartographic alterations—for example, the addition of lettering, as acceptable planning documents.



Herstellung der Druckunterlagen
Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz in D-5400 Koblenz

Anlage 6
Annex 6

Figure 77. Federal Republic of Germany: extract from the reduction of the Deutsche Grundkarte 1:5,000 to the scale of 1:10,000

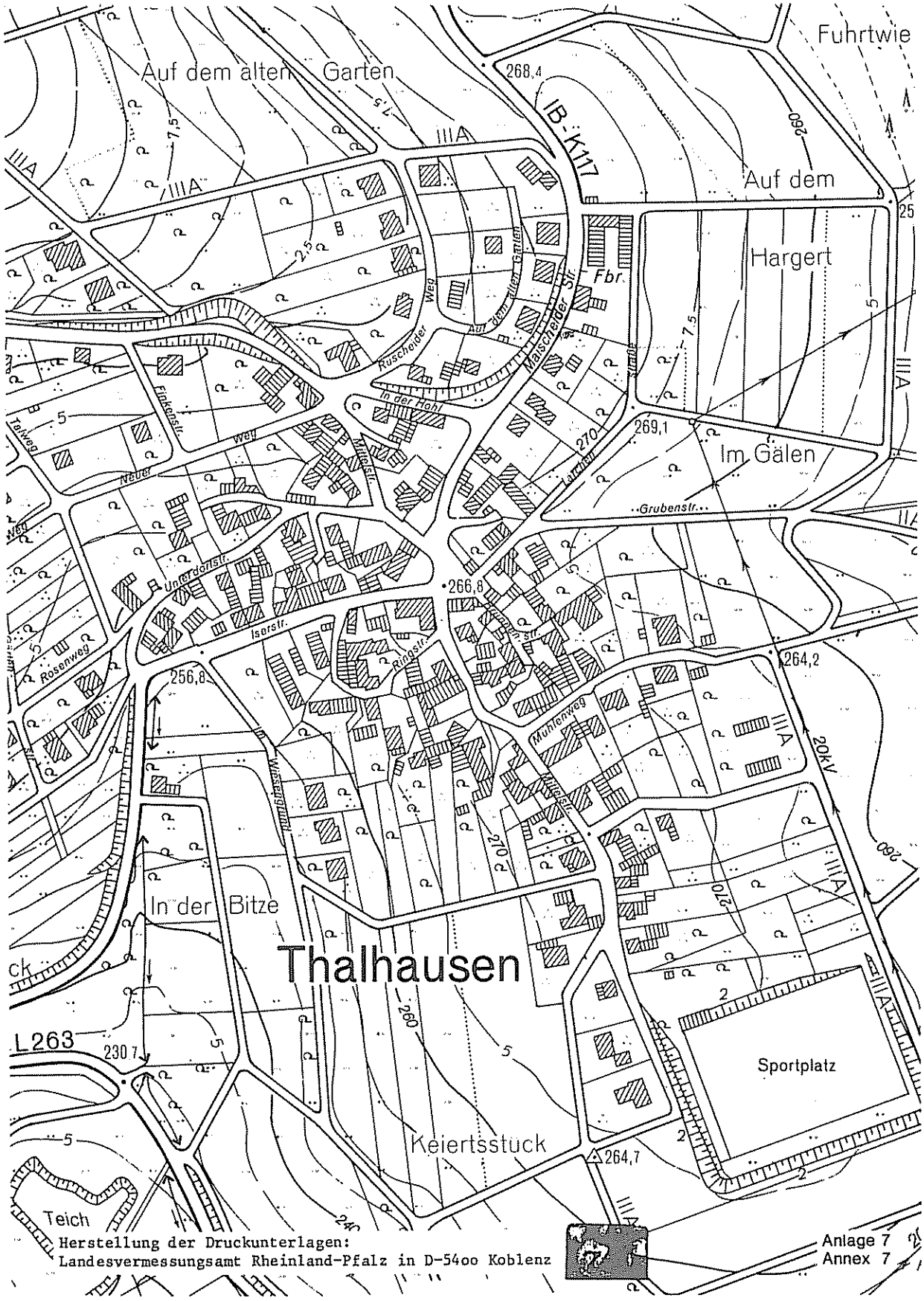


Figure 78. Federal Republic of Germany: extract from an enlargement of the Deutsche Grundkarte 1:5,000 to the scale of 1:2,500

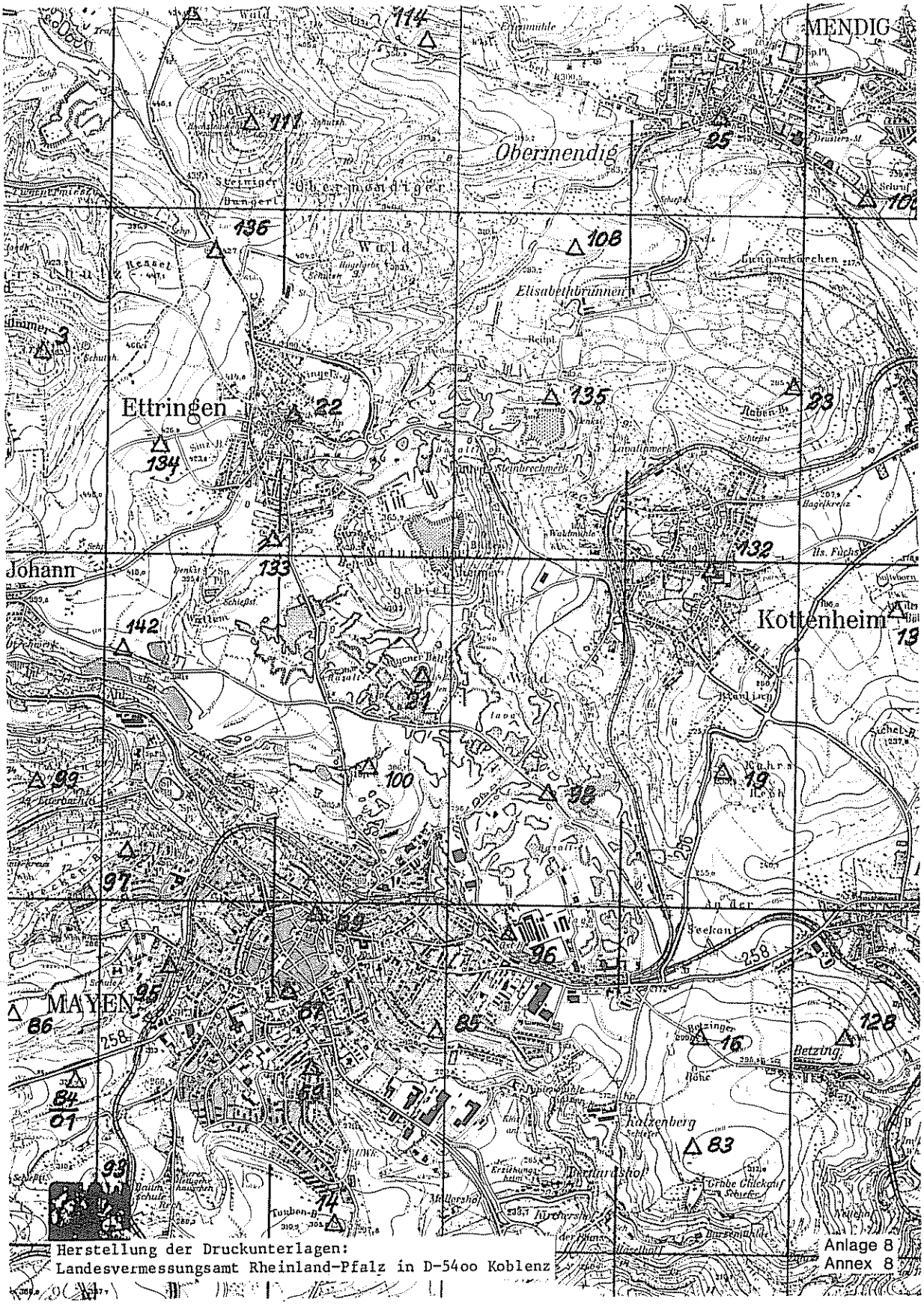
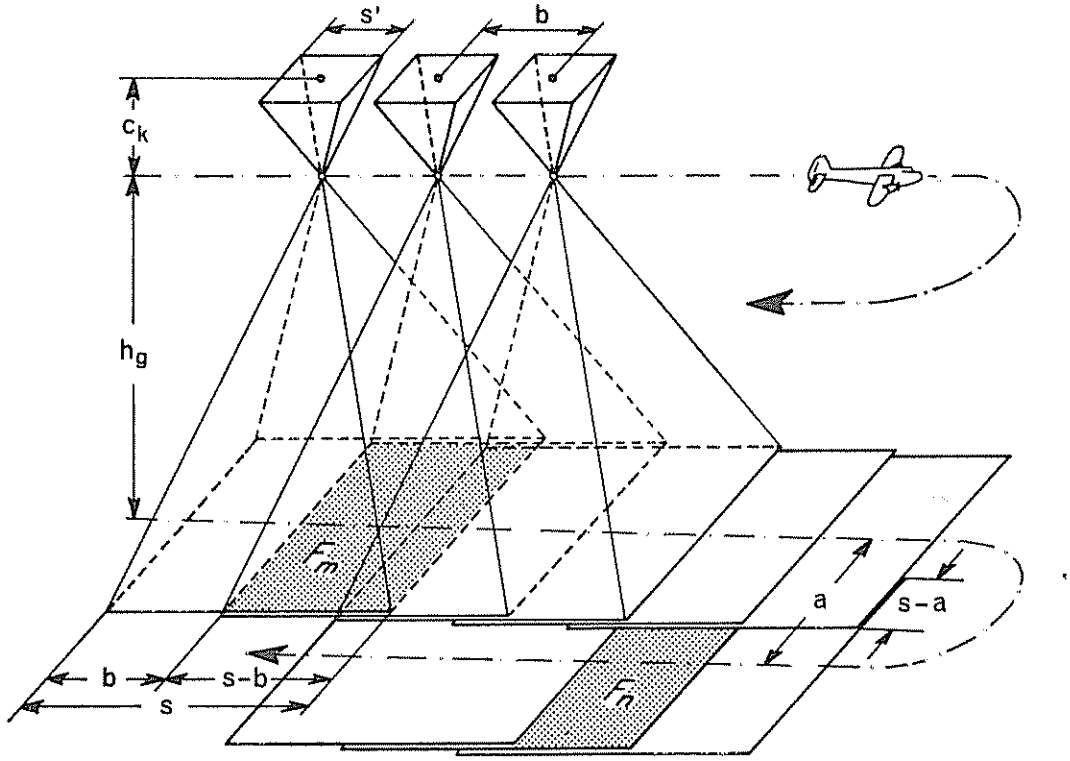


Figure 79. Federal Republic of Germany: extract from a general map for a flight area for the production of the Deutsche Grundkarte 1:5,000, based on the Topographische Karte 1:25,000, showing the survey control points and the sheet line system

Schematische Darstellung eines Bildfluges



Querüberdeckung
Side lap
Recouvrement latéral
Recubrimiento lateral

$$q\ (\%) = \frac{s - a}{s} \cdot 100$$

Längsüberdeckung
End lap
Recouvrement longitudinal
Recubrimiento longitudinal

$$p\ (\%) = \frac{s - b}{s} \cdot 100$$

Bildmaßstab
Photo scale
Echelle de l'image
Escala de la imagen

$$M_b = 1 : m_b = \frac{c_k}{h_g} = \frac{s'}{s}$$

Bildmaßstabszahl
Photo scale figure
Dénominateur de l'échelle de l'image
Valor inverso de la escala de la imagen

$$m_b = \frac{h_g}{c_k} = \frac{s}{s'}$$

Flughöhe über Grund
Flying height above ground
Hauteur de vol au-dessus du sol
Altura de vuelo sobre el terreno

$$h_g = c_k \cdot m_b = \frac{s}{s'} \cdot c_k$$

Geländestrecke
Ground distance
Distance sur le terrain
Distancia en el terreno

$$s = s' \cdot m_b = \frac{h_g}{c_k} \cdot s'$$

Geländefläche eines Bildes
Area covered by a single photograph
Aire représentée par une image
Superficie terrestre cubierta por una foto

$$F_g = s^2 = s'^2 \cdot m_b^2$$

Basislänge bei p % Längsüberdeckung
Length of base with p % end lap
Longueur de base avec recouvrement longit. de p %
Longitud de base con recubrimiento longit. de p %

$$b = s\left(1 - \frac{p}{100}\right)$$

Streifenabstand bei q % Querüberdeckung
Distance between flight lines with q % side lap
Distance entre les lignes de vol pour un recouvrement latéral de q %
Intervalo entre fajas con recubrimiento lateral de q %

$$a = s\left(1 - \frac{q}{100}\right)$$

Modellfläche
Model area
Surface couverte par le modèle
Superficie estereoscópica

$$F_m = (s - b) \cdot s$$

Stereoskopische Neufläche
New stereoscopic area
Nouvelle surface stéréoscopique
Nueva superficie estereoscópica

$$F_n = a \cdot b = s^2\left(1 - \frac{p}{100}\right)\left(1 - \frac{q}{100}\right)$$

Erforderliche Bildanzahl
Required number of photographs
Nombre nécessaire de clichés
Número necesario de fotos

$$n \approx \frac{F_a}{F_n}$$

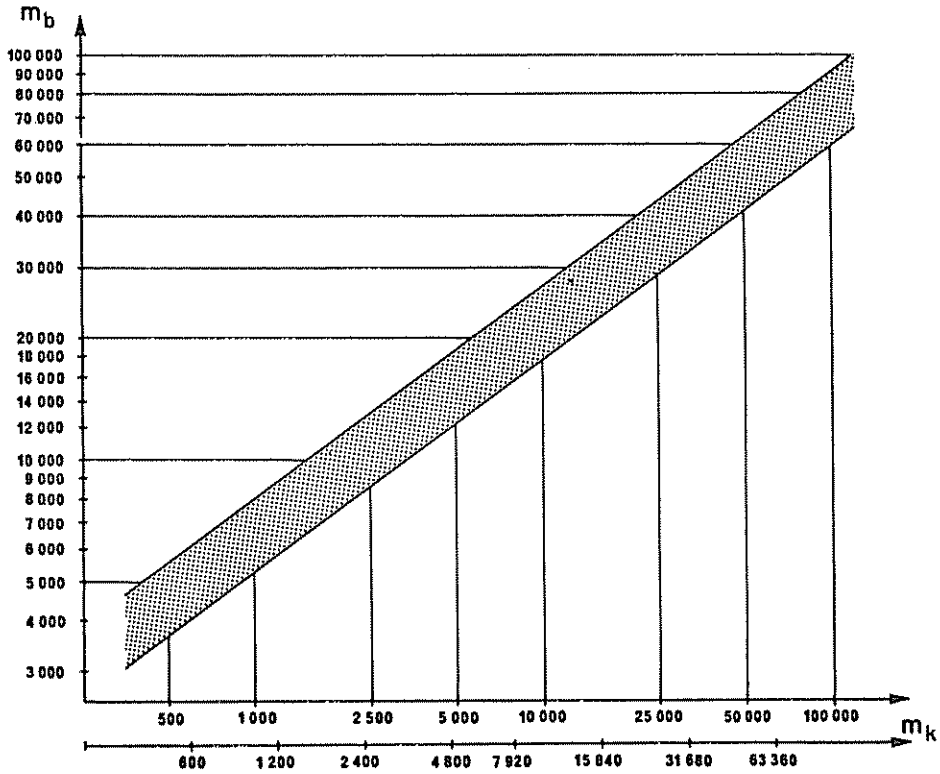
*F_a = 100 km²
**F_a = 100 sq. m

Zeichnung und Formeln entnommen aus: Albertz/Kreiling:
Photogrammetrisches Taschenbuch, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe 1975

Anlage 9
Annex 9

Figure 80. Federal Republic of Germany: schematic representation of a photo flight

Verhältnis zwischen Bildmaßstab 1 : m_b und Kartenmaßstab 1 : m_k
Relationship between photo scale 1 : m_b and map scale 1 : m_k
Rapport entre l'échelle de l'image 1 : m_b et l'échelle de la carte 1 : m_k
Relación entre escalas de la imagen 1 : m_b y del mapa 1 : m_k



Flugplanung
Flight planning
Plan de vol
Planeamiento del vuelo

s' = 23 cm **Meter**

1 : m_b	s [m]	b 60 % [m]	a 30 % [m]	F_g [km²]	F_m [km²]	n*	h_g [km] c_k [mm] = 85	153	210	305	610
1 : 5000	1150	460	805	1.32	0.79	270	0.43	0.77	1.05	1.52	3.05
1 : 5500	1265	505	885	1.60	0.96	223	0.47	0.84	1.16	1.68	3.35
1 : 6000	1380	550	965	1.90	1.14	188	0.51	0.92	1.26	1.83	3.66
1 : 6500	1495	600	1045	2.24	1.34	160	0.55	0.99	1.36	1.98	3.97
1 : 7000	1610	645	1125	2.59	1.56	138	0.60	1.07	1.47	2.13	4.27
1 : 7500	1725	690	1210	2.98	1.79	120	0.64	1.15	1.58	2.29	4.57
1 : 8000	1840	735	1290	3.39	2.03	105	0.68	1.22	1.68	2.44	4.88
1 : 8500	1955	780	1370	3.82	2.29	93	0.72	1.30	1.78	2.59	5.19
1 : 9000	2070	830	1450	4.28	2.57	83	0.77	1.38	1.89	2.74	5.49
1 : 9500	2185	875	1530	4.77	2.86	75	0.81	1.45	2.00	2.90	5.79
1 : 10000	2300	920	1610	5.29	3.17	68	0.85	1.53	2.10	3.05	6.10
1 : 10500	2415	965	1690	5.83	3.50	61	0.89	1.61	2.21	3.20	6.40
1 : 11000	2530	1010	1770	6.40	3.84	56	0.94	1.68	2.31	3.35	6.71
1 : 11500	2645	1060	1850	7.00	4.20	51	0.98	1.76	2.42	3.51	7.02
1 : 12000	2760	1105	1930	7.62	4.57	47	1.02	1.84	2.52	3.66	7.32
1 : 12500	2875	1150	2015	8.27	4.96	43	1.06	1.91	2.63	3.81	7.62
1 : 13000	2990	1195	2095	8.94	5.36	40	1.10	1.99	2.73	3.97	7.93
1 : 13500	3105	1240	2175	9.64	5.78	37	1.15	2.07	2.83	4.12	8.24
1 : 14000	3220	1290	2255	10.37	6.22	34	1.19	2.14	2.94	4.27	8.54
1 : 14500	3335	1335	2335	11.12	6.67	32	1.23	2.22	3.04	4.42	8.85
1 : 15000	3450	1380	2415	11.90	7.14	30	1.27	2.29	3.15	4.57	9.15
1 : 15500	3565	1425	2495	12.71	7.63	28	1.32	2.37	3.26	4.73	9.45
1 : 16000	3680	1470	2575	13.54	8.13	26	1.36	2.45	3.36	4.88	9.76
1 : 16500	3795	1520	2655	14.40	8.64	25	1.40	2.52	3.47	5.03	10.06
1 : 17000	3910	1565	2735	15.29	9.17	23	1.44	2.60	3.57	5.19	10.37
1 : 17500	4025	1610	2820	16.20	9.72	22	1.49	2.68	3.67	5.34	10.68
1 : 18000	4140	1655	2900	17.14	10.28	21	1.53	2.75	3.78	5.49	10.98
1 : 18500	4255	1700	2980	18.11	10.86	20	1.57	2.83	3.88	5.64	11.29
1 : 19000	4370	1750	3060	19.10	11.46	19	1.61	2.91	3.99	5.79	11.59
1 : 19500	4485	1795	3140	20.12	12.07	18	1.66	2.98	4.10	5.95	11.90

Diagramm und Tabelle entnommen aus: Albertz/Kreiling:
Photogrammetrisches Taschenbuch, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe 1975

Anlage 10
Annex 10

Figure 81. Federal Republic of Germany: diagram and table of data for photo flight planning

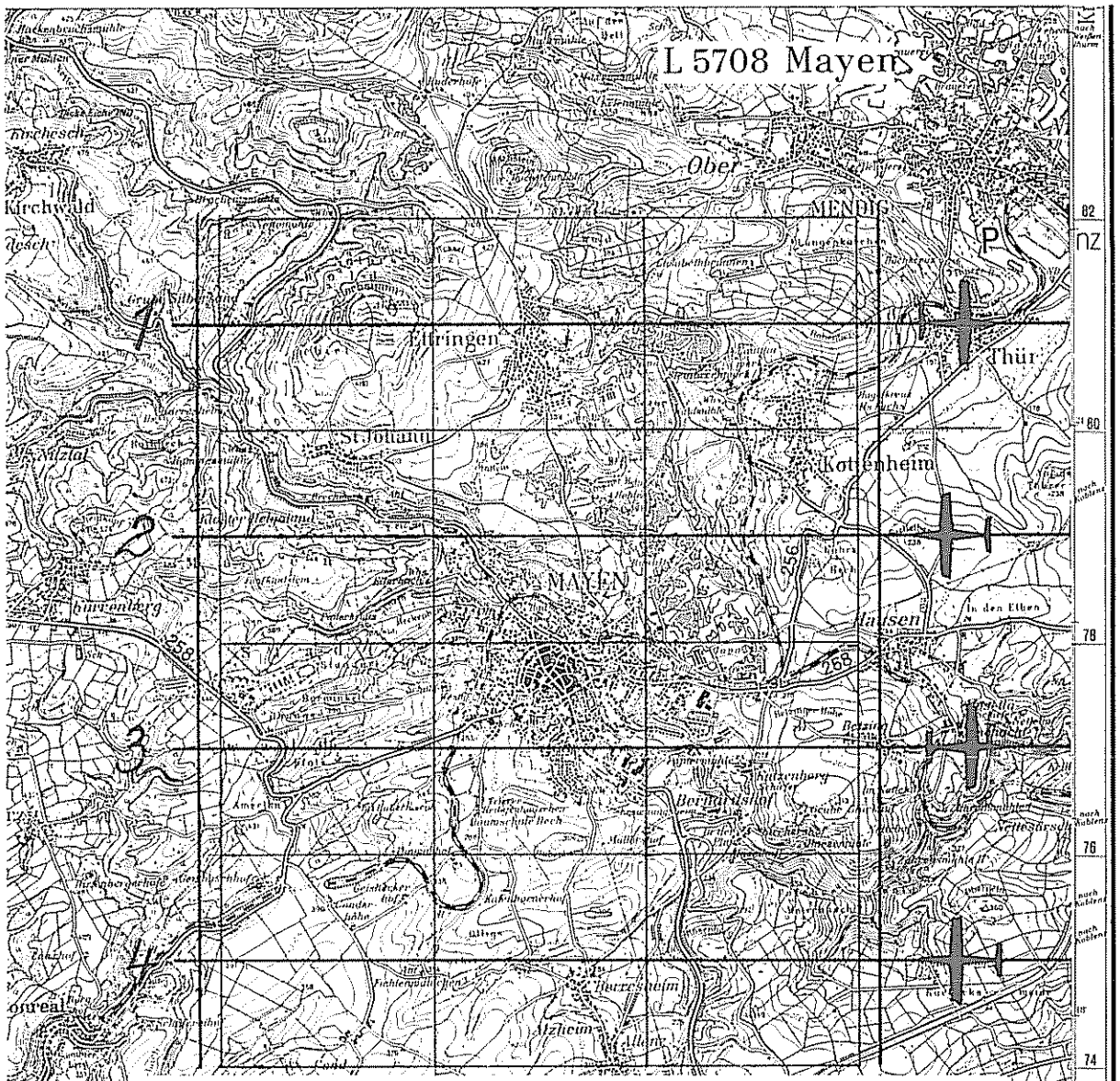


Figure 82 Federal Republic of Germany example of a photo flight index (navigation map), showing the sheets of the Deutsche Grundkarte 1:5,000 to be prepared and the direction of flight based on the Topographische Karte 1:50,000



△1 = TP

▲2 = TP mit E - Höhe

◎3 = TP mit Signal

△4 = TP Exz. Signal

o = signalisierter Verknüpfungspkt.

Figure 83. Federal Republic of Germany, extract from a signalization map based on the Topographische Karte 1:25,000, showing the single map sheets of the Deutsche Grundkarte 1:5,000 and photogrammetric stereo models

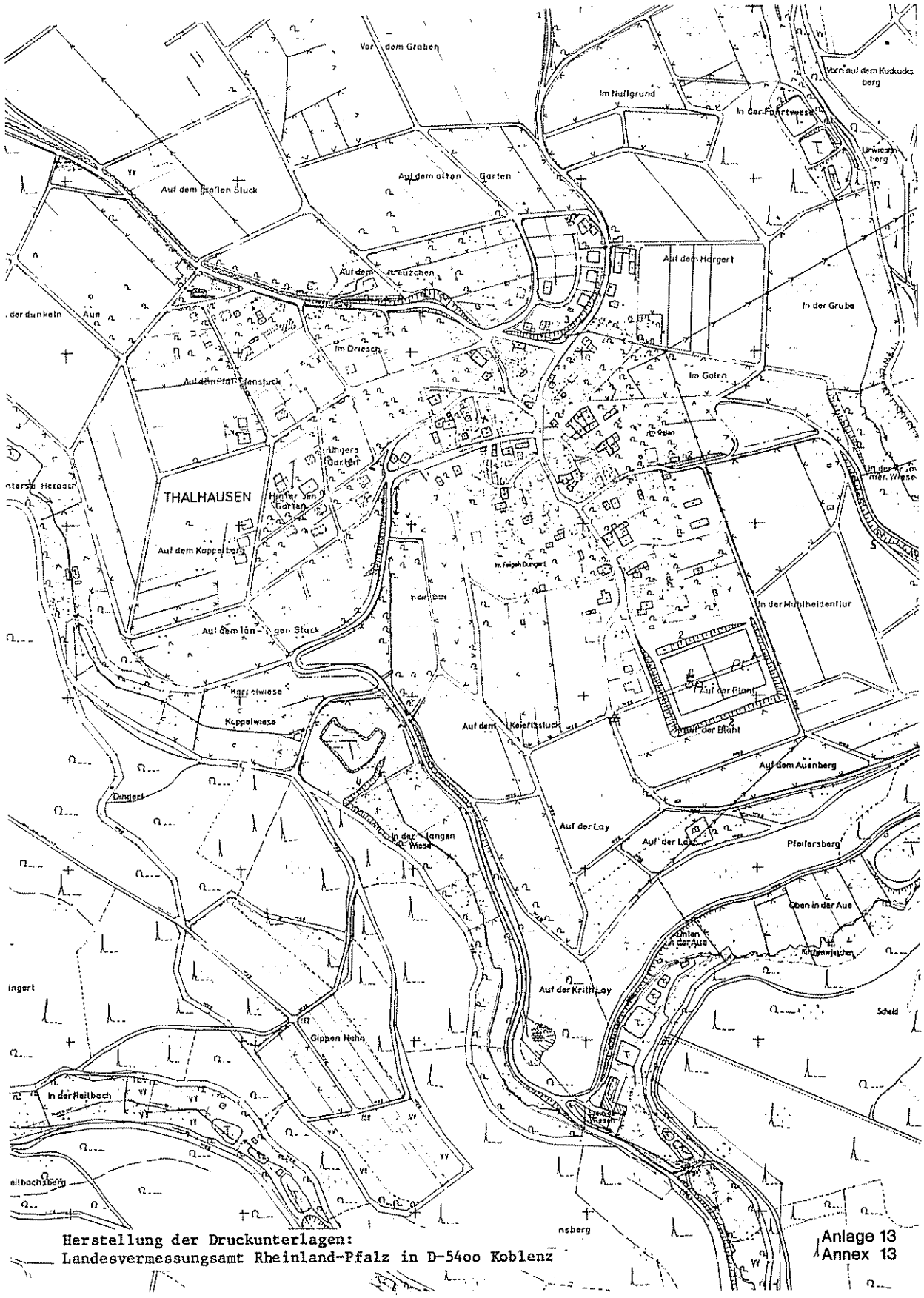


Figure 84. Federal Republic of Germany: extract from a planimetric evaluation (machine drawing) for the Deutsche Grundkarte 1:5,000

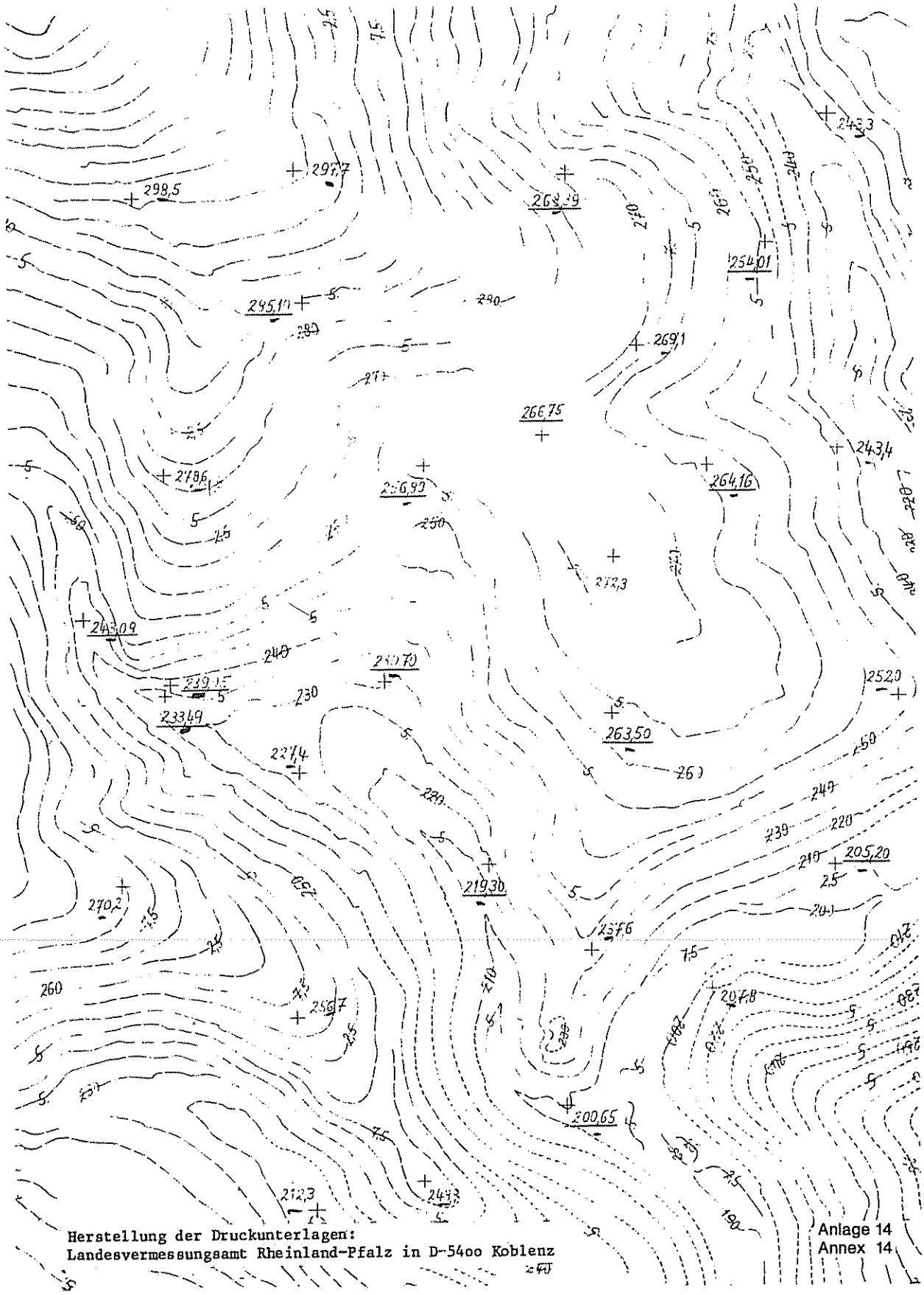


Figure 85. Federal Republic of Germany: extract from an altimetric evaluation (machine drawing) for the Deutsche Grundkarte 1:5,000

An evaluation should be made separately, after planimetry and height. In order to obtain a map series in final form, the photogrammetric evaluations must be checked in the field and completed cartographically, corresponding to the selected legend (figs. 84, 85).

Cartographic compilation

During cartographic compilation, the map contents should be divided according to plastic foils—for example, planimetry, contour foil, lettering foil, hydrographic foil. Different combinations will result, and photographic equipment and copying procedures will be required.

Reproduction and printing

The reproduction possibilities to be applied depend on the number of copies. Monochrome reproductions can be made by diazocopy for small editions only. For small, multicoloured editions, screen printing or planographic offset printing can be used, while for an edition of more than 1,000 copies, rotary offset printing is the most economical procedure.

However, the kind of procedure to be applied depends, finally, on available equipment.

Revision

Map revision is also decisive for the value of a map series. The cost of revision in the long run exceeds by many times that of the first preparation.

Revision costs depend on the number of sheets of a map series to be revised and on the number of details of each individual map sheet. The main costs involve cartographic completion of the changes indicated on the revision document.

In principle, two different procedures are available for updating a map: first, periodic revision in which, over a certain period, all changes are collected and then together included in the reprint of the map. That kind of revision is only suitable for general maps at smaller scales.

In the second procedure, permanent revision, changes are continuously made on the original. That method should be applied for basic maps representing the starting-point for all other map derivations.

Finally, it should be noted that updating is divided into "data collection and evaluation" and "cartographic completion". Data collection and evaluation can, if necessary, be made economically by using photogrammetry again.

CONCLUSIONS

Our era is impressed by rapid developments and changes in all spheres of life and, above all, in urban areas. Well ordered planning in the technical field requires, among other things, large-scale maps. On the one hand, such maps make possible the analysis of existing conditions and, on the other hand, constitute documents for future planning. The financial expenditure required to create them seems justified if they serve their intended purpose.

ESTABLISHMENT AND MAINTENANCE OF LAND-RELATED INFORMATION FOR A MULTI-PURPOSE CADASTRE BASED ON ELECTRONIC DATA PROCESSING*

Paper presented by the Federal Republic of Germany

RÉSUMÉ

En République fédérale d'Allemagne, le cadastre est un registre public où on inscrit et où on décrit tous les biens fonciers, les droits relatifs à la propriété, les immeubles et leurs utilisations. C'est le seul registre complet de tous les biens fonciers.

Aujourd'hui, le cadastre est un registre global et, de ce fait, il fournit des données à diverses fins juridiques, administratives, statistiques, économiques et de planification. Il a assumé un rôle central dans le domaine général des activités liées à la propriété foncière.

Pour pouvoir répondre aux demandes de tous les utilisateurs, le cadastre doit être organisé de façon que les utilisations soient aussi diversifiées que possible. Le cadastre contient des données de description des propriétés (registres fonciers), des données sur les propriétés pouvant servir à la cartographie (cartes cadastrales) et des données sur les propriétés pouvant servir à la topographie (statistiques cadastrales). Les principaux utilisateurs du cadastre

RESUMEN

El registro de tierras de la República Federal de Alemania es un registro público en que se inscriben y describen todos los bienes raíces, derechos de propiedad, edificios y usos de la tierra. Es el único registro completo de todos los bienes raíces.

Hoy en día, el registro de tierras es un registro de fines múltiples, y como tal sus funciones incluyen la reunión de datos para diversas necesidades jurídicas, administrativas, de planificación, estadísticas y económicas. Ha llegado a ocupar una posición central en la esfera de las actividades relacionadas con la propiedad.

Para atender los deseos de todos sus usuarios, el registro de tierras debe organizarse de modo que sus usos sean tan diversificados como sea posible. El registro de tierras contiene datos descriptivos de las propiedades (libros de catastro), datos de carácter cartográfico sobre propiedades (mapas catastrales) y datos de carácter topográfico sobre las propiedades (estadísticas catastrales). La principal exigencia por parte de los usuarios del registro de tierras es que los libros, mapas y estadísticas se mantengan al día. Un solo registro de información no es suficiente para lograrlo.

* The original text of this paper, prepared by Managing Surveying Director Hans Knoop, Honorary Lecturer at the Institute for Surveying of the Technical University of Brunswick, appeared as document E/CONF.71/L.23.

demandent essentiellement que les registres, les cartes et les statistiques soient tenus à jour. Un seul enregistrement de l'information ne suffit pas pour réaliser cet objectif.

Lors de l'établissement d'un cadastre, on tient compte de critères à la fois techniques et juridico-administratifs, car ce sont des éléments qu'il faut considérer dans un système révisable.

Pour satisfaire à l'obligation juridique de tenir le cadastre à jour, il est généralement nécessaire d'effectuer des levés topographiques, qui permettent de délimiter les nouvelles parcelles, la nouvelle répartition de l'occupation des sols et de dessiner de façon précise les nouvelles limites entourant les immeubles et de les comparer avec les limites existantes. Etant donné ses incidences pratiques et juridiques, cet établissement de levés exige une vaste expérience, ainsi que des capacités et une minutie considérables. C'est pourquoi, en République fédérale d'Allemagne, ces travaux ne peuvent être effectués que par des groupes officiels ou privés autorisés.

Les services du cadastre ont par exemple les fonctions ci-après : levés topographiques, établissement de cartes, établissement du cadastre, planification de l'utilisation des terres, détermination de la valeur des terrains, etc.

La procédure suivie pour réviser la matrice cadastrale est essentiellement la suivante : préparation des données topographiques, travaux sur le terrain, vérification, évaluation interne, révision de la carte et révision des registres cadastraux. La révision ou la mise à jour de la matrice cadastrale sera illustrée par un exemple pratique.

Dans toutes les activités, on utilise constamment le système de traitement électronique des données. Pour accélérer les travaux d'informatique, qui sont considérables, les calculs nécessaires sont effectués sur des ordinateurs centraux appartenant au service topographique d'Etat, ou, sur le plan régional, sur de petits ordinateurs appartenant au service du cadastre, ou dans les bureaux de topographes indépendants, ou par accès à des terminaux d'ordinateur.

Toutes les activités et tous les résultats font partie d'un système d'information sur l'occupation des sols fondée sur le cadastre.

Al establecer un registro de tierras se deben considerar criterios tanto técnicos como jurídicos/administrativos como elementos de un sistema sujeto a revisión.

Para cumplir con la obligación legal de mantener el registro de tierras al día, por lo general se requieren levantamientos, mediante los cuales se determinan claramente los nuevos límites de las propiedades, la utilización de las tierras y los lindes en torno a los edificios, y se comparan con los límites anteriores. Debido a sus consecuencias prácticas y jurídicas, estos levantamientos requieren mucha experiencia, habilidad y minuciosidad. Por tal razón, en la República Federal de Alemania sólo pueden realizarlos grupos oficiales o grupos privados especialmente autorizados.

Los registros de tierras tienen, entre otras, las siguientes funciones: agrimensura, levantamientos cartográficos, conservaduría de bienes raíces, planificación de tierras, tasación de las tierras, etc.

El procedimiento para los levantamientos de revisión consiste esencialmente en la preparación de los datos del levantamiento, las actividades en el terreno, la verificación del levantamiento, la evaluación interna, la revisión del mapa del terreno y la revisión de los libros del registro de tierras. La revisión o actualización del registro de tierras se ilustrará con un ejemplo práctico.

En todas las actividades se hace uso ampliamente de la elaboración electrónica de datos. Para acelerar el extenso trabajo de computación, los cálculos necesarios para la revisión del registro de tierras se efectúan en computadoras centrales pertenecientes a la dirección estatal de geodesia, o bien, en forma descentralizada, en pequeñas computadoras en las oficinas de registro de tierras (o de los grupos autorizados de topógrafos independientes) o por acceso a una terminal.

Todas las actividades y los resultados son parte de un sistema de información sobre tierras basado en el catastro.

Purpose and meaning of the land register

Official survey matters are dealt with in a special law in the states of the Federal Republic of Germany; the State Surveying Authority and Land Register Act. That law offers a modern and unobjectionable legal basis for offical surveying duties, such as the establishment and maintenance of a state surveying authority and a land register, with all the surveying activity that implies.

The surveying and land registry administrations in the Federal Republic of Germany have, as a rule, a three-tiered structure. A distinction is made between the supreme authority, or the ministry, the middle authority, or the state surveying authority, and the local authority, or the land registries.

There is close co-ordination between the state surveying authority and the land registries in the following areas:

(*a*) Surveillance of the control point network;

(*b*) Maintenance of the German Basic Map 1:5,000;

(*c*) Co-maintenance of the Topographic Map 1:25,000;

(*d*) New surveying;

(*e*) Electronic data processing.

The land register is a public register that records and describes all landed property, property-related rights, buildings and uses. It is the only complete record of all landed property.

Today, the land register is a multipurpose register and, as such, its functions include providing data for various legal, administrative, planning, statistical and economic needs. It has assumed a central position in the overall field of property-related activities (fig. 86).

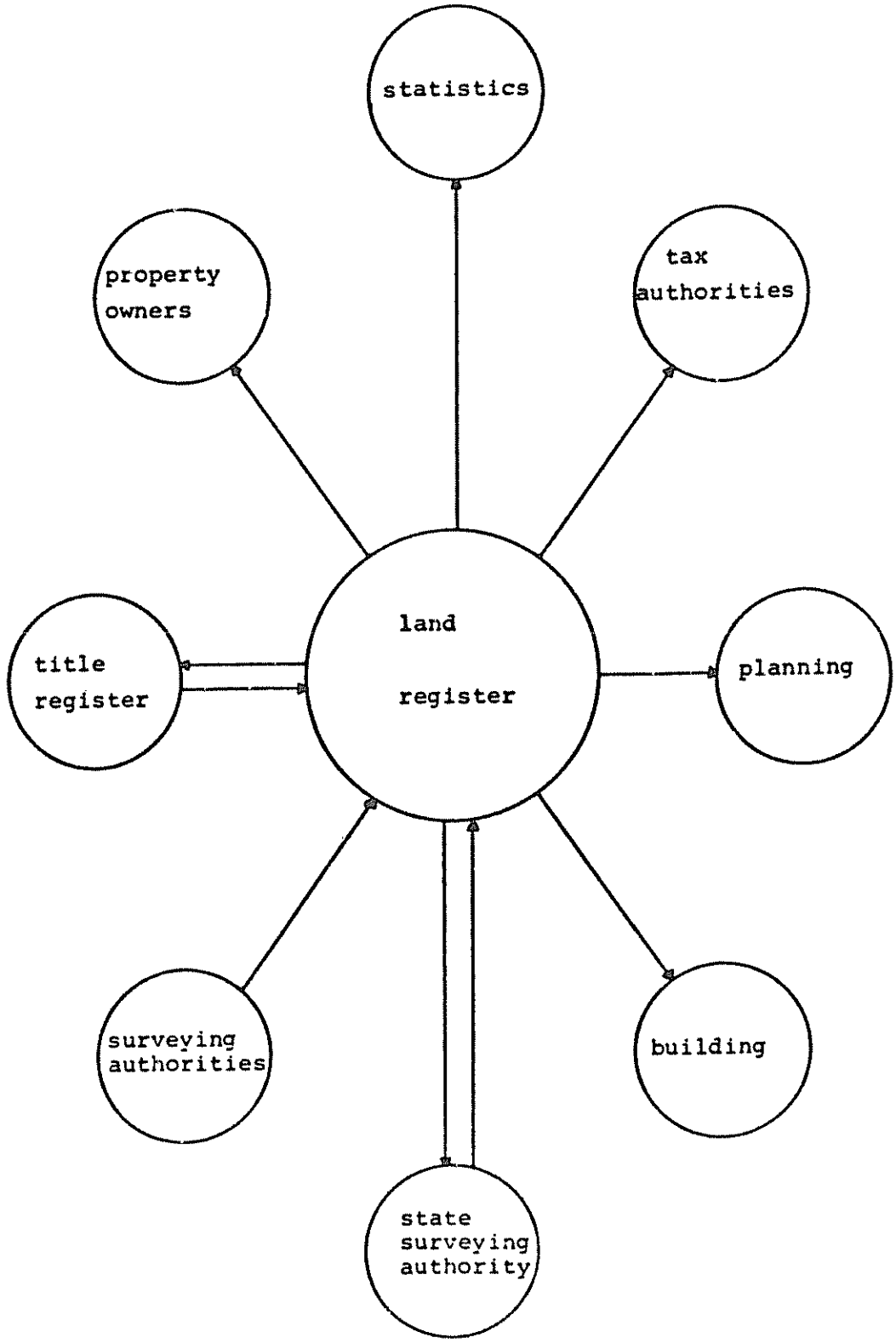
The land register is meant to:

(*a*) Serve as an official property register and be kept in constant agreement with the title register;

(*b*) Contain all the basic information and the main characteristics for property evaluation purposes;

(*c*) Provide tax authorities with basic data with which to ensure just taxation. It serves as a basis for the property ownership register of the tax authorities;

(*d*) Provide figures on land evaluation and distribution of ownership for statistical purposes;



/...

Figure 86. Federal Republic of Germany: the significance of the land register for other areas (multi-purpose register)

(*e*) Provide documentation for property sales and security lending for economic purposes;

(*f*) Provide standard-format maps with net boundaries, of uniform scale and with descriptive property data from the land register for use in structural analyses and prognostic studies for planning purposes;

(*g*) Expedite and improve the revision of topographic maps.

To do justice to the wishes of all those users, the land registry must be organized so that its uses are as diversified as possible. To that end, the following requirements have been set up with regard to land registry records:

(*a*) Completeness of property records;

(*b*) Standardization of records;

(*c*) Avoidance of duplicated information;

(*d*) Up-to-date records;

(*e*) Information accessible at all times;

(*f*) Effective technical processing routine (data flow);

(*g*) Ease in making revisions;

(*h*) Easy and rapid copying;

(*i*) Sufficient, uniform scale;

(*j*) Universal sortability and combinability;

(*k*) Variable output modes.

The land register consists of descriptive property data (land register books), map-relevant propery data (land register maps), and, property data relevant to surveying (land register statistics).

Necessity of revising the land register

Users of the land register want the books, maps and statistics to be kept up to date. A single recording of information is not adequate for that purpose. The land register must be revised constantly, incorporating changes directly into the established records. This distinguishes the land register clearly from other types of register which need to be brought up to date only at specific times (e.g., for a census) and thus are revised only periodically.

Since making completely new versions of the records is too expensive a process, the matter of being able to revise the register must be taken into consideration from the start in setting up a land register: a land register must be organized so that it can be updated.

Revision criteria

In establishing a land register both technical and legal/administrative criteria must be considered as elements in a revisable system.

Technical aspects are inclusion in the land system (location and altitude control point networks as a framework and basis for all subsequent surveying); consideration of a sufficiently large number of control points or identical points between the map and the location; and measures to maintain the surveying and boundary points by means of long-lasting markings and safe-guarding of the marked points.

Legal and administrative aspects entail the creation of regulations (laws, decrees, guidelines) as a legal basis for the establishment and maintenance of a land register, with the following points of emphasis:

(*a*) Organization of the surveying and land register authority (decentralized, since the volume of work cannot be handled by one central office);

(*b*) Functions and their execution (delegation of duties; organization and maintenance by experts);

(*c*) Inspection of property;

(*d*) Owner participation in the revision process (obligation to give notification of changes; participation in surveying);

(*e*) Drawing boundary lines;

(*f*) System of rates (rates are to be graduated such that strain is not placed on the owners).

Demands placed on revision surveying

To comply with the legal obligation to keep the land register up to date, surveying is generally necessary, by means of which the new boundaries of the parcels, the utilization of the land and the boundaries surrounding buildings are definitively determined and compared with the existing boundaries. Because of its practical and legal implications, such surveying requires a great deal of experience, ability and painstakingness. For that reason, in the Federal Republic of Germany it can only be carried out by the following authorized groups:

(*a*) The surveying and land register authorities;

(*b*) Other surveying authorities under certain conditions;

(*c*) Independent chartered surveyors, who are responsible for a considerable amount of land register surveying.

Revision surveying procedures

Revision or updating of the land register can be illustrated by means of a practical example (see fig. 87). Revision surveying procedures will be demonstrated by a case in which a piece of property is divided. The steps are: dividing the property; identifying topographical objects; identifying building locations; fixing boundaries.

Accepting the request and preparing the survey data

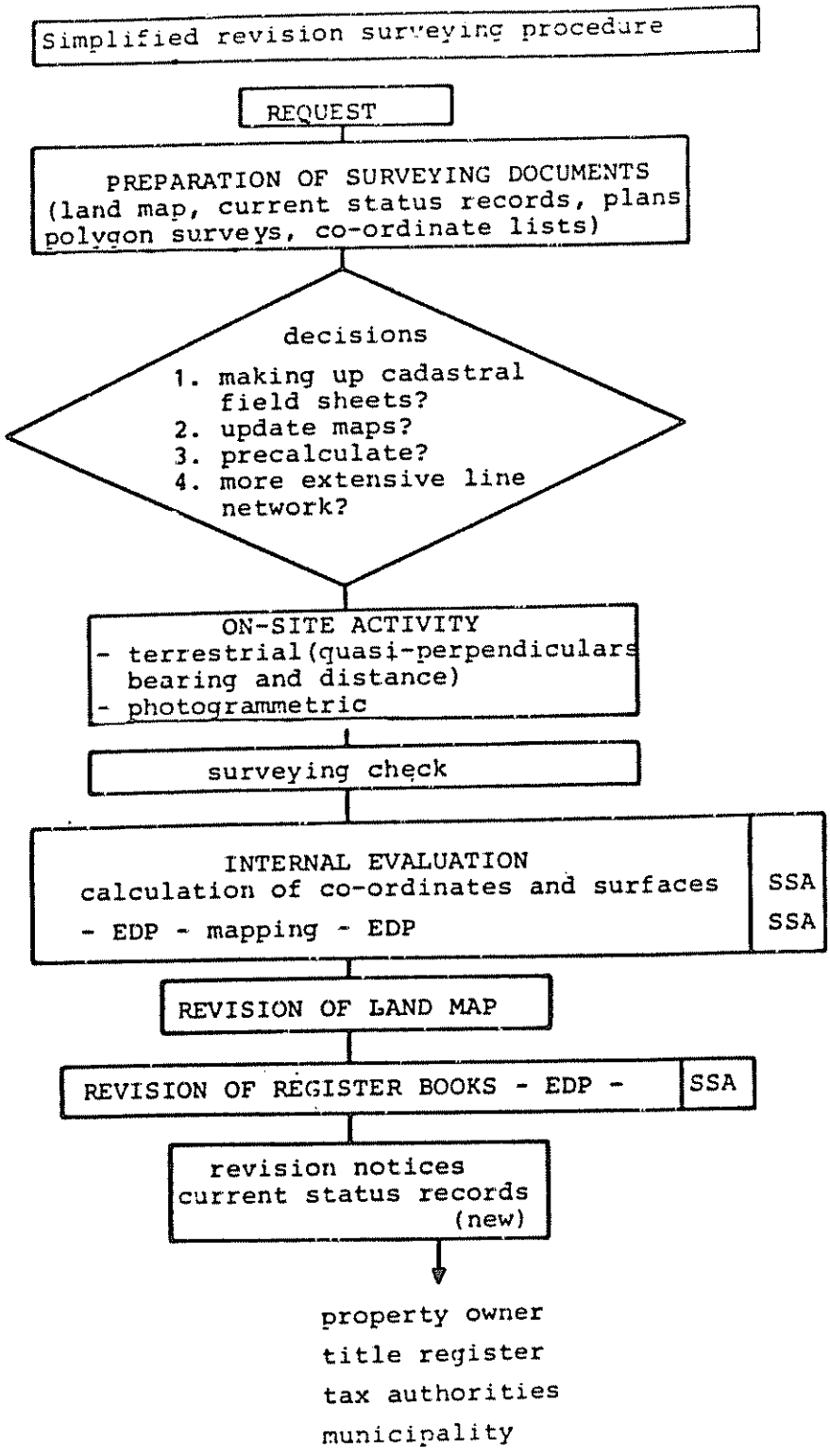
An owner or any other person, with the owner's consent (for example, a buyer) can request revision surveying. When the request is processed, the first thing to be done is to put together available surveying data. They must be checked to see that the documentation is complete—that is, that every boundary point is accounted for.

The surveying documents include land maps, current status records, polygonal surveys, co-ordinate lists, and ground plans.

In the course of preparing for revision surveying, a few decisions must be made. The objective is the gradual renewal and improvement of existing records so that user demands for high-quality records can be satisfied.

Is it necessary to make up cadastral field sheets?

In order to be able to evaluate the growing volume of statistical material quickly and accurately, the necessary, point-determining surveying figures are given on field sheets that are easy to use and to which information can be added.



EDP = electronic data processing

SSA = state surveying authority

Figure 87. Federal Republic of Germany: simplified flow-chart of a procedure for cadastral revision

What measures are necessary for map renewal?

If general land maps need to be compiled, local surveying records should be evaluated for renewal.

What is the necessity for precalculation?

The following tasks must be performed:

(*a*) Calculations for laying out points, arcs of circles, clothoid curves etc.;

(*b*) Determining measurements for property divisions;

(*c*) Determining measurements for locating and restoring control points;

(*d*) Reforming measurements lines.

Are more extensive line networks necessary?

In the course of revision surveying, a concentration or renewal of control point networks may be necessary in order to have a co-ordinated basis to work on. The objective is to have a simple, well-marked, and easily findable control point framework in the field.

Once all the preparations have been made, a date is set for on-site work and the parties involved (owners, buyers, neighbours) are invited to be present while the surveying is being done.

On-site activity

Revision surveying should not just serve a momentary purpose but should modernize the land register. The following steps are involved:

(*a*) Determination of the legal boundaries on the basis of land register records;

(*b*) Setting out the boundary points;

(*c*) Recording the course of surveying activity in the surveying record, which is signed by the parties involved if they are in agreement with the way boundaries were fixed. The surveying record is a public document;

(*d*) Boundary surveying, used primarily for revising the land map, modernizing maps, and for reliable calculation of property surface areas.

Boundary surveying can be either terrestrial (quasi-perpendiculars, bearing and distance) or photogrammetric. The choice of the surveying method depends on the topography; shape and size of the property; extent of topography; type and amount of building; extent of surveying control point net; equipment; and type of figures on record.

In the orthogonal method (quasi-perpendiculars), the network of control points is concentrated by traverses and other measurement lines. Its advantages are simple checks in the field, proportional distribution of error, and little need for equipment. This method is used mostly for smaller revision surveys. In the Federal Republic of Germany it has historical significance.

A survey by bearing and distance is carried out from co-ordinated or co-ordinatable standpoints by means of direction and distance measurement. The advantages are a high degree of independence from topography and economic effectiveness through use of automatic electronic tachymeters. Complete data flow from the recording of data (input) to mapping (output) characterizes the method. It is used for smaller and larger revision surveys and for work in the minor control point and control point networks.

The fifth step in revision surveying is preparing the revision sheet documenting the survey. The sheet, contains all the measurements for determining the old boundary and fixing the new one, the date and the surveyor; it describes the old status (in black) and the new status (in red); and it is handwritten in the field. It is a public document.

Surveying check

The survey records are checked after the survey is completed to see whether the legal and administrative regulations have been adhered to and whether the work results are suitable for recording in the land register.

Evaluation

The evaluation entails the calculation of co-ordinates, the calculation of surface, and mapping. To expedite the extensive computational work, the calculations necessary for the revision of the land register are carried out on a central computer belonging to the state surveying authority (or, decentrally, on small computers in the land registries or by terminal access).

The surveys are evaluated internally, using the central computer of the state survey authority. The available program library covers the entire range of geodetic computations. The calculated co-ordinates are placed in disc storage, from which they can be retrieved for future calculations. The effectiveness of the computer storage system can be increased by recording data in the field in a form as tailored to automation as possible. This is done by printing standard data forms, which are later transferred to data carriers, or by direct data capture, in the case of automatic registering devices.

After measurement results are processed in the computer (co-ordinates and surface calculations), an electronically controlled mapping device adds them, true to scale, to the land map. Thus, the revisions to the land map are made in the course of automatic processing of measurement results.

In order to be able to evaluate revision surveying and correctly revise the land register, it may be necessary to take data from the maps. Graphic data are effectively captured by using digitizers.

Revision of the land map

The land map is revised either automatically or manually after the revision survey measurements are recorded in the land register. Automatic mapping must have the parcel numbers and location descriptions added to it. The land map is thus kept up to date.

Revision of the land register books

In the land register books, property is described clearly and according to its real characteristics. In current status records, all the parcels that belong to one owner in one municipality are listed. The basic documents for the revision of the land register books are the revision records. They are made up in the land registry. In a copy of the current status record in question, the old data are crossed out in red and the new data entered in red. At the moment the system is substituted for by terminal access

From the revision records the data is transferred to machine-readable data carriers. Data collection takes place decentrally in the land registries, which are equipped with input systems.

In the Federal Republic of Germany, the data carriers with the revision data are then sent to the state surveying authority computer centre at Hanover. There the data is fed into the disc-stored register books, after which new, revised records, containing new current status records, new parcel and name lists, and revision information are printed out.

In the revision statement, old and new data are juxtaposed. The records printed out are mailed to the land registry. There the old current status records are replaced by the new ones. The owners, the title register, the tax authorities and the municipal administration are then advised of the revision in the land register.

The owners receive a revision notice and documentation of the change in the title register. The title registry receives the revised current status records in order to update its files. This guarantees agreement between title register and land register, which is necessary for the security of ownership.

The tax authorities receive the new current status records for the updating of their property ownership register.

Other users of the land register, such as municipalities or planning bodies, receive the latest current status records upon request, in order to update their secondary registers. With the recording of changes in land registry records, the demand by users for up-to-date books, maps and statistics at all times is satisfied. Constant updating makes a register multi-purpose, able to respond to legal, administrative, planning, statistical and economic needs.

LE SYSTÈME GITAN ET LA GESTION DES DONNÉES URBAINES*

Document présenté par la France

L'aménagement, spécialement en zone urbaine, est chaque jour un peu plus aux prises avec la nécessité de connaître, rapidement et de façon exhaustive, la situation des phénomènes à un instant donné. La cartographie qui répond à ce besoin procède de méthodes de plus en plus sophistiquées qui débouchent actuellement sur la constitution de banques de données d'aménagement, spécialement urbaines (pour lesquelles cette même cartographie n'est d'ailleurs plus qu'un sous-produit parmi d'autres). C'est à ce titre que l'Institut géographique national (IGN) utilise et met à la disposition d'éventuels demandeurs le système GITAN (Gestion informatisée et traitement automatique de numérisation), objet de la présente communication.

La nécessité de choisir ou de constituer un système est devenue impérative en 1975, lorsque des travaux de saisie de données systématiques ont été entrepris par l'IGN :

a) Création d'un atelier de numérisation sur documents existants comportant six tables à numériser et un appareil à numériser automatique à balayage. Production actuelle : numérisation de l'altimétrie au 1/25 000, 60 feuilles par mois, soit 3 millions de couples de coordonnées et 25 millions d'octets.

b) Atelier de restitution en mode numérique comportant 12 appareils de premier ordre pour une capacité de production annuelle de 250 000 hectares au 1/5 000 par an (avec utilisation de consoles graphiques interactives pour la correction et la mise à jour des fichiers) à partir de prises de vues au 1/15 000.

c) Sans oublier les diverses données numériques en cours d'établissement que l'IGN aurait également à gérer (planimétrie à moyenne échelle, limites administratives, trait de côte du monde, etc.)

Le choix de constituer le système GITAN a été fait après examen des divers autres outils qui pourraient exister sur le marché, et notamment les systèmes de gestion de base de données (SGBD) classiques qui s'adaptaient mal aux données à caractère localisé. C'est actuellement l'âme de la banque de données IGN qui se constitue progressivement au fil des saisies de données.

L'analyse très générale du problème a permis d'élaborer un système particulièrement souple pour gérer et traiter tout type de données localisées. Une action a donc été entreprise par l'IGN pour faire connaître GITAN auprès des organismes susceptibles de l'utiliser, au premier rang desquels viennent les collectivités locales.

Un certain nombre de grandes fonctions sont tout particulièrement intéressantes pour ces dernières :

a) *Orientation vers les utilisateurs*. Il n'est pas nécessaire de connaître l'informatique pour obtenir une carte à l'aide du système (ce qui constitue un grand progrès par rapport à la cartographie automatique "classique" pour laquelle des notions d'informatique, voire de programmation, sont la plupart du temps requises).

b) *Souplesse de structuration des données*. Le système autorise à tout moment l'extension à de nouveaux types de données qui deviennent immédiatement exploitables en simultanéité avec tout ce qui était stocké précédemment. Par exemple : soit une ville possédant les données de parcellaire, voierie, réseau, etc. Un certain nombre d'années après, la ville se dote d'une réglementation concernant la construction et qui présente un certain zonage. Une fois le contour des zones mis sur ordinateur, il sera immédiatement possible d'extraire tout ou partie (le bâti et le parcellaire par exemple) des informations contenues dans l'une ou l'autre des nouvelles zones.

c) *Modularité du système*. Il est bien évident que si la technique actuelle en matière de cartographie automatique est bien avancée il reste encore de nombreux progrès à faire. La modularité du système est telle que les nouvelles méthodes pourront être incluses au fur et à mesure de leur mise au point (nouveaux périphériques, nouveaux algorithmes, nouvelles données, etc.). L'interfaçage avec un SGBD est en particulier autorisé encore que cette possibilité semble déjà au-delà des besoins actuels.

d) *Performances et coût*. Ils autorisent des collectivités, même d'assez faible taille, à monter leur propre banque de données sans avoir à investir de façon lourde.

* Le texte original de ce rapport, préparé par P. Foin, Institut géographique national, a paru sous la cote E/CONF.71/L.28.

Chaque collectivité locale, chaque ville est un cas particulier en soi. Il est bien évident que la mise en place d'un tel système requiert des adaptations au milieu local. Plus que tout travail technique, c'est la structuration du réseau de circulation de l'information et la bonne connaissance de celui-ci qui conditionnent le succès d'un tel travail. Parallèlement à GITAN, l'IGN offre donc les prestations qui le complètent, voire qui le précèdent (ce peut être le cas pour l'établissement des canevas, d'une cartographie de base en mode numérique, etc.). Citons à ce titre : la saisie de données; l'aide à la mise sur pied d'un atelier de saisie; et les conseils pour l'organisation de la base et pour la connaissance du réseau de circulation de l'information, etc.

Sans oublier toutes les prestations spécifiques qui font l'objet d'autres communications (cartographie à grande échelle, télédétection, etc.) au présent congrès.

En conclusion, il faut noter essentiellement le gain que représente pour une ville une prévision très précoce d'une future banque de données : analyser le contexte et connaître les besoins avant de commencer les travaux qui y conduiront (cadastre, cartographie, plan des réseaux enterrés, etc.) constitue un garant vis-à-vis du risque toujours présent d'avoir à recommencer des travaux faute d'une prospective effectuée à temps.

SISTEMA DE INFORMACION CATASTRAL CON FINES MULTIPLES EN EL ESTADO DE ZACATECAS*

Documento presentado por México

SUMMARY

The paper describes how the Government of the State of Zacatecas, through its Cadastral and Public Registry Office, has designed and begun to implement a multipurpose cadastral information system. It describes the use of photogrammetry and the methods used in urban and rural cadastral surveys, as well as the uses of DETENAL material and technology in order to make the project more effective and avoid duplication of effort or waste of resources.

Special attention is given to the use of orthophotographical technology in the State Mapping Project (Rural Land Registry Map), and to the excellent indicators obtained in the collection of field data, as a result of the policy of using regional staff in the surveys.

RÉSUMÉ

Le document décrit un système polyvalent d'information cadastrale que le Gouvernement de l'Etat de Zacatecas, agissant par la Direction générale du cadastre et du registre public, a conçu et commencé à utiliser; il présente aussi les applications de la photogrammétrie et les méthodes suivies pour les levés cadastraux dans les zones urbaines et rurales et montre comment on a utilisé le matériel et les techniques DETENAL en vue d'accroître l'efficacité du projet et éviter les doubles emplois et les gaspillages.

Le document traite en particulier de l'utilisation des techniques orthophotographiques dans l'établissement des cartes de l'Etat (cadastre rural) et fait état des excellents indices obtenus dans le rassemblement des données sur le terrain, compte tenu de l'importance donnée à l'emploi du personnel local pour les levés.

INTRODUCCIÓN

Zacatecas es uno de los 31 Estados Federados en los que está dividida la República Mexicana, ocupando el octavo lugar en extensión territorial, con una superficie aproximadamente de 75.000 km² y con una población de 1.200.000 habitantes (fig. 88).

En su origen, la actividad principal de la región fue la minería, y en la actualidad el 70% de su población vive en el medio rural y se dedica a labores agropecuarias.

El Estado se encuentra ubicado en medio de las dos principales zonas productoras y consumidoras del país y cuenta con suficientes recursos naturales; sin embargo, estos factores en vez de favorecer a Zacatecas provocan que la mayor parte de los beneficios de su producción se repartan fuera del Estado y que no se vuelva a invertir lo ganado en la proporción necesaria.

Uno de los mayores problemas que enfrenta Zacatecas es la emigración, no solamente de recursos financieros, sino también de recursos humanos jóvenes y en muchas ocasiones bien preparados, fenómeno provocado por el alto índice de desempleo.

Contemplando lo anterior, y después de analizar la cantidad y calidad de información con que contaba la Dirección de Catastro para cumplir sus funciones de una manera satisfactoria, se concluyó que era necesario realizar un levantamiento cartográfico que resolviera el problema de información en las zonas urbanas y rurales.

Al estudiar la forma de cómo realizar el mencionado levantamiento se presentaron varias alternativas:

La primera fue la de realizarlo exclusivamente para fines catastrales, pero contemplando la cantidad y calidad de la cartografía la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional obtenida por (DETENAL) en el Estado de Zacatecas (cubrimiento total en todos los temas), se consideró conveniente ligar ésta con la obtenida para fines catastrales integrando en esta forma una cartografía con múltiple información que daría capacidad para realizar un desarrollo planeado y realista de la región.

Al analizar alternativas para obtener esta cartografía se vio que el enfoque tradicional es recurrir a una compañía particular que lo realizaría en gran porcentaje alejado de la región, entregando productos que muchas veces son de difícil interpretación por no contar con personal capacitado; además que, al paso del tiempo, la información se

* El texto original de esta monografía, preparada por Alfonso Peschard Fernandez, se publicó como documento E/CONF.71/L 41

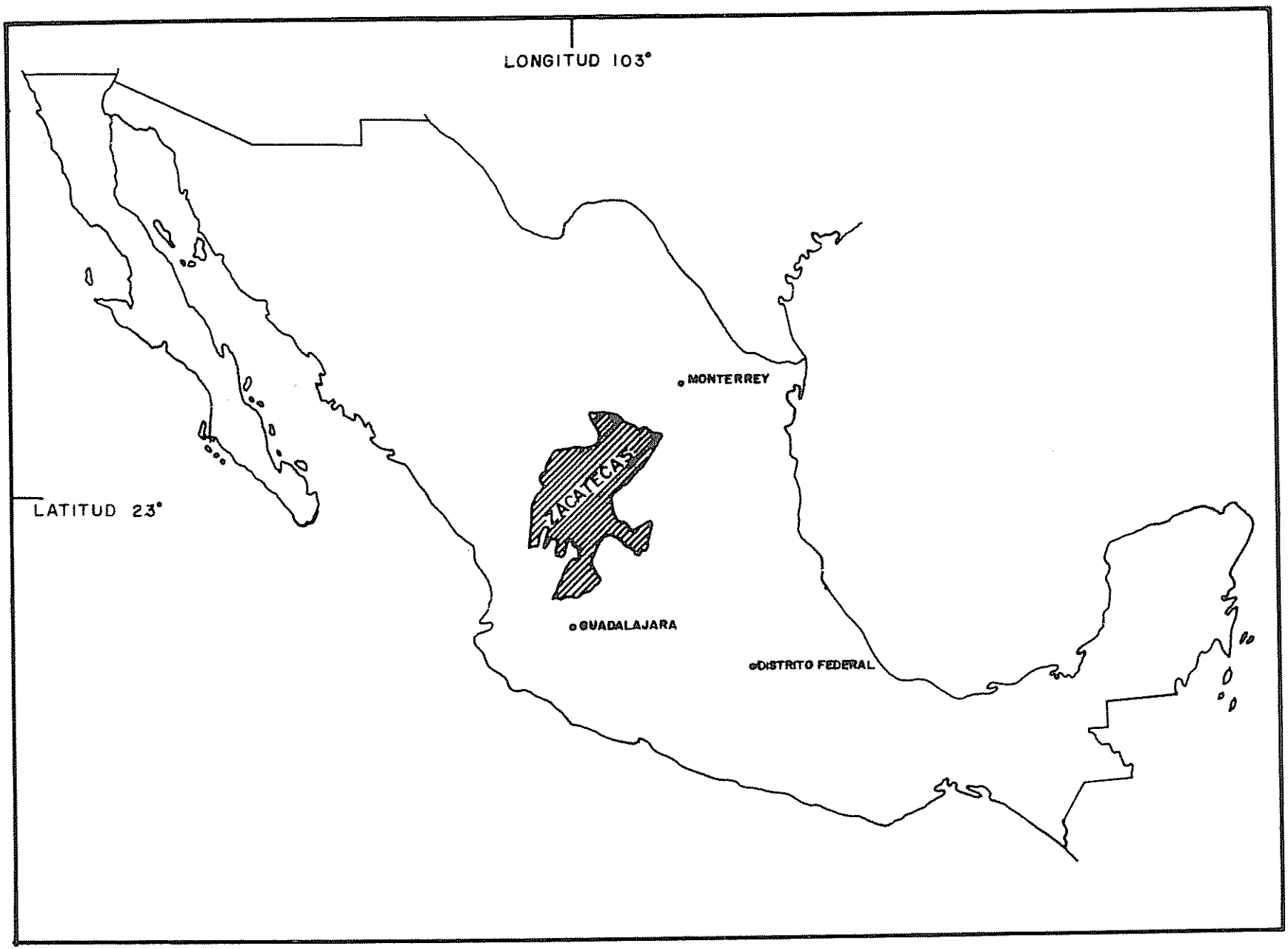


Figura 88. México: Estado de Zacatecas (ubicación)

hace obsoleta al no contarse con un sistema permanente de actualización. Por lo anterior, se decidió elaborar el levantamiento en su totalidad en Zacatecas, adquiriendo equipo fotogramétrico de precisión y con personal seleccionado y capacitado por el Gobierno del Estado, decisión que se justifica grandemente por contribuirse así a disminuir el desempleo, propiciándose además la desconcentración técnica, con lo que aumenta el nivel de cultura cartográfica del Estado, aspecto que es crítico a nivel nacional.

Planeación del proyecto

La meta planteada fue la de contar con un levantamiento cartográfico a nivel estatal a escalas que nos definan de una manera objetiva límites municipales, límites de predios tanto rurales como urbanos, vías de comunicación, obras hidráulicas, infraestructura general, usos de la tierra y capacidad de la misma y toda la información necesaria para la planeación del desarrollo del Estado.

Aplicando conjuntamente con personal de DETENAL un enfoque de planeación de proyectos al diseño del sistema, se vio la necesidad de contar con mapas correspondientes a los dos niveles de información requerida: uno, a escalas 1:20.000 y 1:50.000 (carta catastral rural), y otro, a escalas 1:1.000 y 1:2.000 para las zonas urbanas (carta catastral urbana).

Para realizar estos levantamientos, se recurrió como disciplina básica a la fotogrametría y, analizando los diferentes métodos con que cuenta esta ciencia, se vio que la ortofotografía por su cantidad de información, rapidez y bajo costo nos resolvía de una manera bastante satisfactoria la obtención de la cartografía estatal a escala 1:20.000, amén de que el material fotográfico y apoyo terrestre necesario para su elaboración era factible obtenerlo en DETENAL.

Para las zonas urbanas se dicidió aplicar el método fotogramétrico tradicional de restitución a línea.

Una vez que los recursos financieros fueron conseguidos por el Gobierno estatal a través de un crédito del BANOBRAS (Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos), se iniciaron los trabajos.

A continuación se describen las etapas principales del proceso.

Cartografía estatal (catastro rural)

Fotogrametría

Este trabajo se realiza por municipios, procediéndose como primer paso a delimitar el mismo basándose en la carta topográfica 1:50.000 de DETENAL. Esto se obtiene con el acuerdo y presencia de los Presidentes Municipales (del municipio y sus colindantes), a efecto de posibilitar la posterior legalización de los límites.

Posteriormente, con las fotografías 1:50.000 y el apoyo terrestre facilitados por DETENAL, se obtienen ortofotografías de escala 1:20.000. Esto se realiza con auxilio del instrumento ortofotosimplex y tomando como unidad el modelo estereoscópico. Integrando estas ortofotografías obtenemos un fotomapa con cubrimiento aproximado de 23.000 ha (figura 89).

La producción obtenida en este proceso es de 5.000 ha por turno de siete horas.

El equipo utilizado en este proceso consta de un ortofotosimplex y laboratorio fotográfico complementado con marco de vacío para la obtención de las copias necesarias.

Esta información tiene la ventaja de estar referida a la red geodésica nacional.

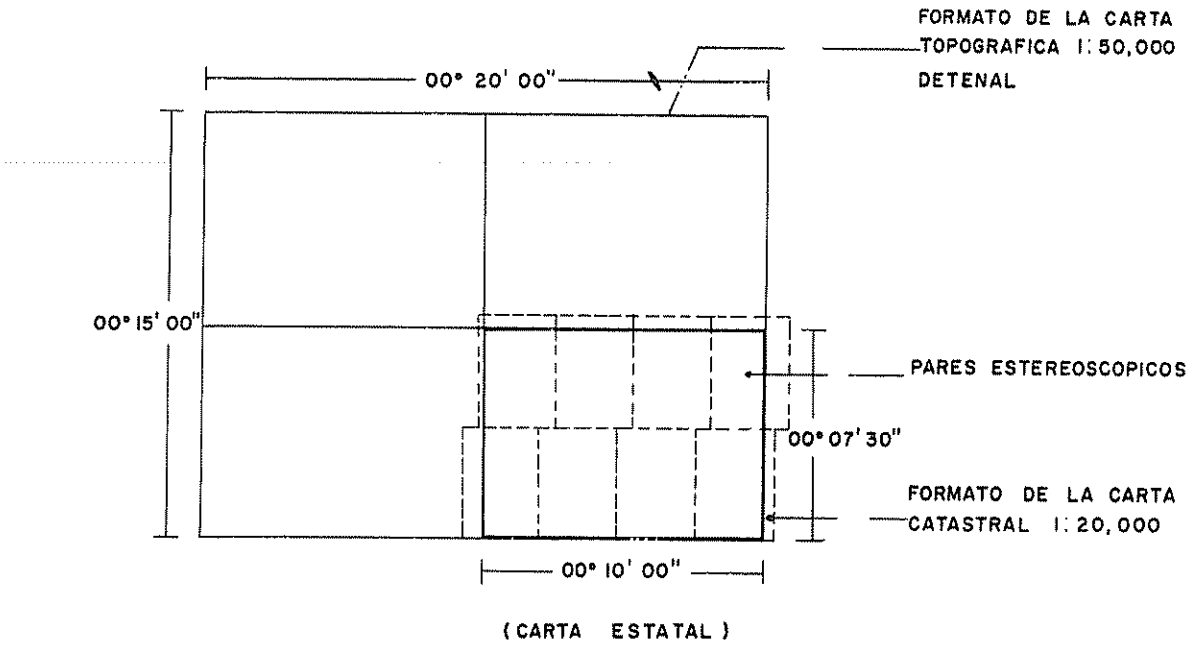


Figura 89. México: formatos de la carta topográfica 1:50.000, la carta catastral 1:20.000 y los pares estereoscópicos

Levantamiento de campo

El levantamiento de la información de campo se realiza auxiliándose de fotografías de contacto escala 1:25 000, en las cuales se localiza y ubica la información requerida.

Este trabajo se efectúa por brigadas que se componen de dos personas, el recopilador y su auxiliar. El equipo utilizado consta de: vehículo, estereoscopio de bolsillo y material necesario para indicar los detalles en la fotografía.

La actividad para las brigadas se distribuye por zonas que cubren una carta de aproximadamente 23 000 ha.

En principio, el recopilador requiere la colaboración de cada propietario, el cual le indica en el sitio los límites de su predio, información que ubica en las fotografías. Con el fin de agilizar esta operación en lugares donde están organizados por colonias, la información se solicita al representante de la misma o, en su defecto, se recurre al propietario que más conozca la zona. Posteriormente, se cita a todos los colonos con sus escrituras o títulos de propiedad, documentos de los cuales se obtiene la información necesaria para llenar la ficha (figuras 90 y 91), en la cual queda registrada la siguiente información: nombre y domicilio del propietario, uso y clase de la tierra, etc.

Simultáneo a lo anterior, se indican en la fotografía los siguientes detalles:

Vías de comunicación (veredas, brechas, terracerías, carreteras y ferrocarriles), aeropistas, obras hidráulicas, líneas eléctricas, nombres de pueblos y de ríos, arroyos y cerros importantes.

El avance obtenido en esta actividad es un promedio de 500 ha diarias por brigada.

La información indicada en las fotografías es transferida al fotomapa 1:20 000, obteniendo como producto final la carta de límites prediales, la cual contiene todo el detalle fotográfico y la información recopilada.

Es importante destacar que el cálculo de áreas se efectúa con una gran rapidez y con la precisión adecuada a nuestros fines, pues para un cierto número de predios, que se corroboraron directamente en el campo, la precisión obtenida fue del 2% de error en área para predios entre 5 y 10 ha, disminuyendo para predios más grandes.

Cartografía urbana

Fotogrametría

Primeramente se define el área por trabajar (límite urbano-rural), considerando las posibilidades de desarrollo, y se divide en hojas de un formato práctico y funcional.

Posteriormente se realiza un vuelo fotográfico, escala 1:5 000 del área definida, y un levantamiento topográfico para propagación y obtención del apoyo terrestre (dependiendo de la extensión del proyecto puede requerirse y efectuar triangulación). La realización de estos trabajos requiere personal y equipo sofisticado y, dado que el volumen no es representativo en el proceso, se consideró conveniente solicitarlo a DETENAL.

Una vez con el material fotográfico y resultados de control terrestre fotogramétrico utilizando el estereosimplex, se procede a efectuar la restitución escala 1:2 000, la cual, por medio del pantógrafo, posteriormente es transformada a escala 1:1 000.

En este mapa se indica el límite de manzana, de predio, de construcción y los niveles de la misma. Además, se obtienen curvas de nivel a cada metro.

El equipo utilizado en este proceso consta de un estereosimplex y pantógrafo.

Levantamiento de campo

El levantamiento de campo se obtiene auxiliándose de fotografías amplificadas 1:1 000.

Primeramente el área se divide por zonas con el fin de distribuir adecuadamente el trabajo a las brigadas, las cuales constan de dos personas, el recopilador y su auxiliar.

Como primer paso se localiza e indica en la fotografía cada predio y se procede a recabar, auxiliado del propietario, los datos para el llenado de la ficha catastral (figura 92), en la cual queda asentada la infomación siguiente: nombre y domicilio del propietario, tipo y calidad y uso de cada predio con su construcción, manifestando también los servicios con que se cuenta.

Con el plano 1:1 000 y la información recopilada se efectúa el cálculo del área de cada predio y sus construcciones, obteniendo finalmente el mapa catastral urbano (figura 93).

Mapas catastrales temáticos

Zonas rurales

Usando el mapa catastral 1:20 000 como base, se procede a la elaboración de lo que llamamos mapas catastrales temáticos, que abarcan los siguientes temas: *a*) topografía, *b*) geología, *c*) edafología, *d*) uso actual del suelo y *e*) uso potencial.

Estos se realizan utilizando las cartas temáticas del inventario de recursos de DETENAL.

Estos mapas, que son los primeros de su tipo en México, serán de gran utilidad para lograr una adecuada planeación de desarrollo regional.

El trabajo se realiza transfiriendo la información de DETENAL al mapa predial, con lo cual se obtienen mapas con la información mencionada y que consisten en:

El Mapa Catastral Topográfico, que nos muestra las curvas de nivel cada 10 metros.

El Mapa Catastral Geológico, que nos da las características del terreno en cuanto al suelo, tipos de rocas, posibilidades de agua subterránea, etc.

El Mapa Catastral Edafológico nos da, de acuerdo a una clasificación internacional, los tipos de suelo, lo cual es muy valioso, pues nos explica por qué predios vecinos cultivando el mismo producto y usando el mismo riego y fertilizantes no obtienen los mismos resultados.

El Mapa Catastral de Uso Potencial es quizá el de más importancia, ya que nos ayuda a reorientar el uso del suelo hacia un aprovechamiento óptimo; además nos dice qué suelos están erosionándose y, por lo tanto, requieren control inmediato. Otra gran aportación es la relativa al control del crecimiento de las ciudades sobre terrenos que son de alta productividad agrícola potencial, pues es éste uno de los fenómenos que por sus graves consecuencias debe ser atendido de inmediato.

GOBIERNO DEL ESTADO DE ZACATECAS

DIRECCION GRAL. DE CATASTRO Y REG. PUB.

INFORMACION PREDIAL RUSTICA AREA DEL PREDIO _____

CLAVE PROVISIONAL _____ CLAVE CATASTRAL _____

DATOS DEL PROPIETARIO

APELLIDO PATERNO APELLIDO MATERNO NOMBRE REG FED. DE CAUS.

DOMICILIO NOTIFICACIONES: _____

CALLE Nº ZONA, COL FRACC POBLACION

OBSERVACIONES: _____

DATOS DE LOCALIZACION DEL PREDIO

MUNICIPIO _____

NOMBRE DEL PREDIO _____

COLONIA _____

FRACCIONAMIENTO _____

ZONA _____

COLINDANCIAS

	NOMBRE DE PROPIETARIO	CLAVE
NORTE		
SUR		
ESTE		
OESTE		

DOCUMENTACION DEL PREDIO

MANIFESTADA ☐ SI ☐ NO LUGAR _____ ☐ FRACCIONAMIENTO

OFI. REC QUE LE CORRESPONDE _____ ☐ EJIDO

PROP. O ADJUDICATARIO _____ ☐ PEQUEÑA PROPIEDAD

NOMBRE A. PATERNO A. MATERNO

REGISTRADO EN _____ TITULO Nº _____ ESCRITURA PUBLICA PRIVADA

LIBRO _____ VOLUMEN _____ LOTE _____ PARTIDA DE PAGO _____

FOLIO _____ AREA _____ AREA _____ FECHA _____ DE _____

Nº DE REGISTRO _____ FECHA DE EXP. _____ EXPEDICION _____

FECHA _____ NOMBRE DEL FRACC. _____ NOTARIO _____

PERSONA QUE PROPORCIONO LA INFORMACION _____

DOCUMENTOS QUE PRESENTO _____

OBSERVACIONES

Figura 90. México: ficha catastral (carta estatal)

USO POTENCIAL

CLASE DE SUELO	I	II	III	IV	V	VI	VII
Nº DE HECTAREAS							

USO ACTUAL Y VALOR

ACTIVIDAD	TEMPORAL			RIEGO	TEMPORAL	AVALUO	
	CLASE DE CULT.	No. DE HAS.	PRODUCCION			VALOR UNITARIO	TOTAL
AGRICULTURA							
FRUTICULTURA							
PRADERA ARTIFICIAL							
AGOSTADERO							
BOSQUE							
TIERRA INACTIVA							

FACTORES DE DEMERITOS

(1) PEDREGOSIDAD INTENSA ☐ MEDIANA ☐ CARENTE ☐ (2) % AREA EROSIONADA _____

(3) PENDIENTE % LABOR _____ % AGOSTADERO _____

(4) INUNDACION % AREA INUNDABLE _____

(5) ACCESIBILIDAD POR ☐ BRECHA ☐ CAMINO ☐ A PIE ☐ CARRETERA ☐ F. F. C.C.

SISTEMA DE RIEGO

a) POR GOTEO: HAS REGADAS _____ b) POR ASPERSION: HAS. REGADAS

c) POR GRAVEDAD: HAS. REGADAS _____ NOMBRE DEL SISTEMA _____ DOTACION _____

d) POR BOMBEO HAS REGADAS _____ CAPACIDAD INSTALADA

DIAMETRO DEL POZO _____ CM

PROFUNDIDAD DEL POZO _____ MTS.

TIPO DE BOMBA	VALOR EN PESOS	CAP. M³/SEG.	VOL. DE BOMB.
ELECTRICA			
COMBUSTION			

CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCION

SUPERFICIE CONSTRUIDA _____ M^2 MUROS DE ☐ ADOBE ☐ TABIQUE ☐ OTROS ☐

TECHO DE ☐ TEJA ☐ LAM. ASBESTO ☐ LAM. CARTON ☐ CONCRETO ☐ OTROS

ESTADO DE CONSERVACION ☐ BUENA ☐ REGULAR ☐ MALA Nº DE HABITANTES _____

OBSERVACIONES: _____

VALOR $ _____

VALOR TOTAL $ _____

UBICACION

UBICACION CON RESPECTO AL	CAMINO	CARRETERA	F. F. C. C.	POBLACION	CENTRO DE CONSUMO
DISTANCIA EN KILOMETROS					

FECHA _____

DIA MES AÑO

FIRMA _____

NOMBRE DEL INVESTIGADOR

Figura 91. México: ficha catastral (carta estatal), reverso

GOBIERNO DEL ESTADO DE ZACATECAS

DIRECCION GENERAL DE CATASTRO Y REGISTRO PUBLICO.

FICHA DE INVESTIGACION PREDIAL

CLAVE CATASTRAL ANTERIOR ☐ CLAVE CATASTRAL NUEVA ☐

DATOS DEL PREDIO

a) LOCALIZACION

MUNICIPIO	POBLACION

COLONIA	CALLE

b) TIPO DE PREDIO 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

TIPO	FRENTE	CALLE	FRENTE	CALLE
	a		b	
	c		d	

c) AREA MANIFESTADA ☐ AREA MEDIDA ☐

d) ESTADO FISICO DEL PREDIO

BALDIO C/BARDA	☐	CONSTRUIDO HABITADO	☐	EN CONSTRUCCION	☐
BALDIO S/BARDA	☐	CONSTRUIDO ABANDONADO	☐	EN CONST. ABANDONADA	☐

e) SERVICIOS PUBLICOS

AGUA	☐	DRENAJE	☐	ELECTRICIDAD	☐
TELEFONO	☐	BANQUETA	☐	PAVIMENTOS	☐

OBSERVACIONES

f) USO DEL PREDIO RENTADO SI ☐ NO ☐ RENTA MENSUAL ☐

HABITACION	☐	OFICINA	☐	COMERCIAL	☐
INDUSTRIA	☐	EDUCACION	☐	RECREATIVO	☐

OBSERVACIONES

DATOS DEL PROPIETARIO ☐ O POSEEDOR ☐

NOMBRE | REG. FED. CAUS.

DOMICILIO PARA NOTIFICACIONES

OBSERVACIONES

DATOS DEL REGISTRO PUBLICO REGISTRADO SI ☐ NO ☐

LIBRO Nº ☐ FOJAS ☐ VOLUMEN ☐ SECCION ☐

OBSERVACIONES

Figura 92, México: ficha catastral (carta urbana)

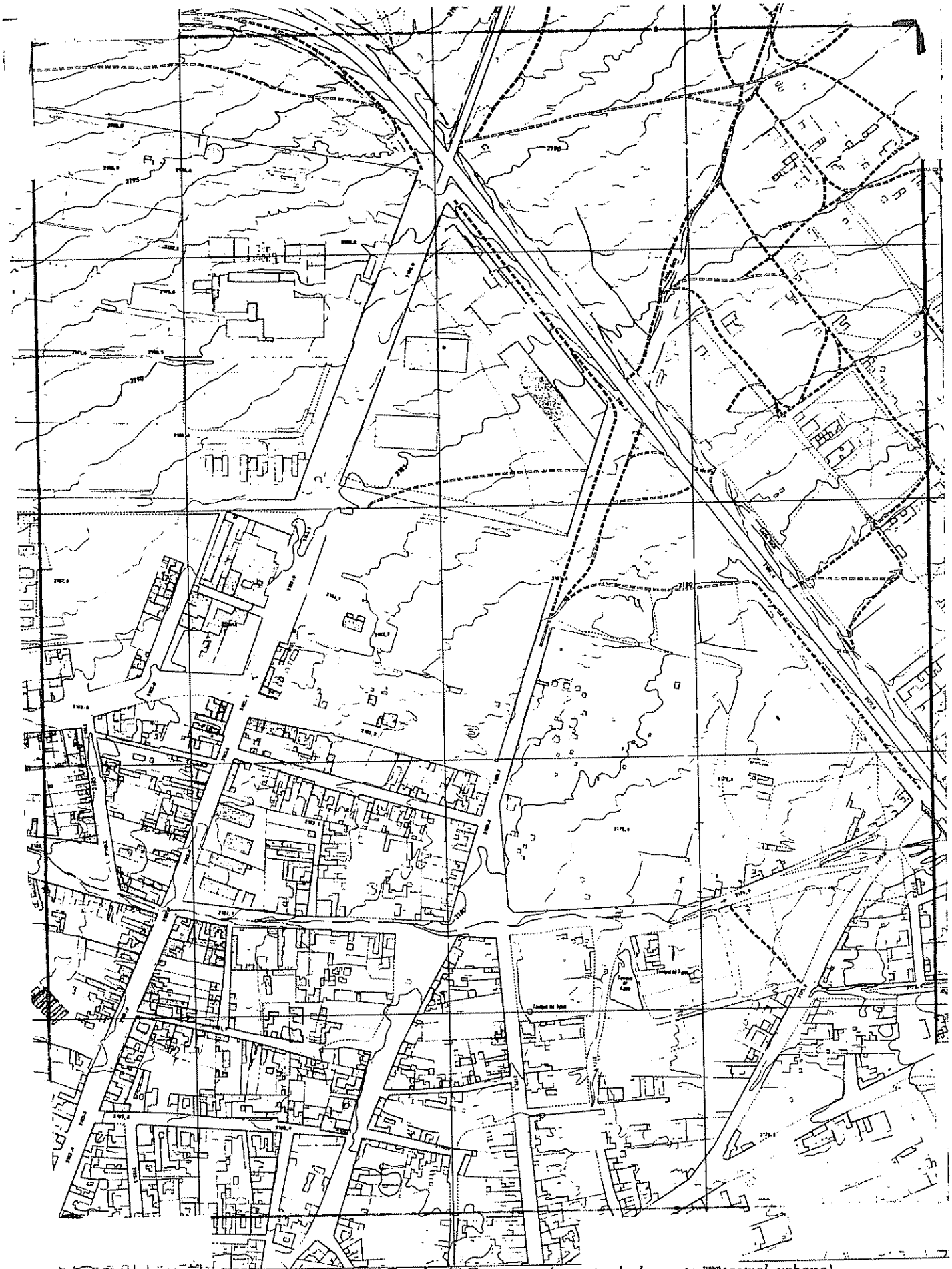


Figura 93. México: Estado de Zacatecas (recorte de la carta catastral urbana)

SISTEMA ESTATAL DE INFORMACION

NIVEL DE INFORMACION		UNIDAD	FUNCION	DOCUMENTOS	GENERADOS POR	APLICACIONES	OBSERVACIONES
NACIONAL		ESTADO	UBICAR, LIMITAR Y DIMENSIONAR AL ESTADO EN RELACION AL PAIS. DAR INFORMACION GENERALIZADA DEL MEDIO FISICO Y SOCIOECONOMICO	CARTAS TOPOGRAFICAS Y TEMATICAS ESCALAS PEQUEÑAS 1:5000 000 1:2000 000 1:1000000 1:500 000 ESTADISTICAS NACIONALES Y ESTATALES	CARTAS DETENAL CLIMATO FISIOGRAFICA 1:2000 000 AERONAUTICA 1:1000 000 TURISTICA 1:1000000 SOCIOECONOMICAS 1:1000 000 SAHOP CARRETERAS 1:3500 000 SARH USO ACTUAL Y POTENCIAL DEL SUELO 1:1000000 FORESTAL 1:1000 000 DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA GOBIERNO FEDERAL	PLANEACION ESTATAL EXTERNA COORDINACION GOBIERNO FEDERAL GOBIERNO ESTATAL ESTUDIOS DE GRAN VISION PLANES INTERESTATALES EVALUACION GENERAL DE LOS RECURSOS DEL ESTADO OBRAS DE INFRAESTRUCTURA A NIVEL NACIONAL	LA FUNCION DEL GOBIERNO ESTATAL EN ESTOS 2 NIVELES ES LA DE RECOPILAR LA INFORMACION Y PROCURAR EL ADIESTRAMIENTO DE PERSONAL DEL PROPIO ESTADO EN SU CORRECTA UTILIZACION LA ACTUALIZACION DE LA INFORMACION CORRESPONDE AL GOBIERNO FEDERAL
ESTATAL		MUNICIPIO	UBICAR, LIMITAR Y DIMENSIONAR AL MUNICIPIO EN RELACION AL ESTADO DAR INFORMACION ESPECIFICA SOBRE EL MEDIO FISICO Y SOCIOECONOMICO	CARTAS TOPOGRAFICAS Y TEMATICAS A ESCALAS MEDIAS 1:250 000 EN BASE 1:100 000 AL TAMAÑO 1:50 000 DEL MUNICIPIO ESTADISTICAS ESTATALES Y MUNICIPALES	CARTAS DETENAL TOPOGRAFICAS 1:250 000 TEMATICAS TOPOGRAFICAS GEOLOGICA EDAFOLOGICA 1:50 000 USO DEL SUELO USO POTENCIAL GOBIERNO ESTATAL DOCUMENTOS ESTUDIOS Y ESTADISTICAS	PLANEACION ESTATAL INTERNA DELIMITACION MUNICIPAL ESTUDIOS DE OBRAS A NIVEL DE ANTEPROYECTO, ANALISIS DE FACTIBILIDAD DE PROYECTOS. INVENTARIO ESTATAL DE RECURSOS ANALISIS DE PROBLEMAS DE DESARROLLO URBANO	
MUNICIPAL	RURAL	PARCELA	UBICAR, LIMITAR Y DIMENSIONAR A CADA PARCELA DEL MUNICIPIO DAR INFORMACION SOBRE EL USO ACTUAL, CARACTERISTICAS FISICAS Y POTENCIALIDAD DEL SUELO	CARTAS CATASTRALES TEMATICAS A ESCALAS ENTRE 1:10 000 Y 1:25 000 DEPENDIENDO DE LAS CARACTERISTICAS DEL ESTADO REGISTRO PUBLICO DE LA PROPIEDAD ESTADISTICAS RURALES	GOBIERNOS ESTATALES UTILIZANDO LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS DE DETENAL A SABER CONTROL TERRESTRE (GEODESIA) FOTOGRAFIAS AEREAS CONTROL FOTOGRAMETRICO CARTOGRAFIA EN GENERAL ASESORIA TECNICA CAPACITACION	SOLUCION DE PROBLEMAS DE TENENCIA DE LA TIERRA EN EL MEDIO RURAL. BASE PARA RECAUDACION FISCAL REORIENTACION DEL USO DEL SUELO, CONTROL DE EROSION ORIENTACION DEL DESARROLLO URBANO ESTUDIOS DE DOTACION DE INFRAESTRUCTURA A NIVEL PROYECTO	LA FUNCION DEL GOBIERNO ESTATAL PARA ESTE NIVEL ES LA DE PRINCIPAL PRODUCTOR DE LA INFORMACION POR LO QUE SE REQUIERE ESTABLECER EN EL ESTADO EL CORRESPONDIENTE SISTEMA PRODUCTIVO, LO CUAL IMPLICA COMPRA DE EQUIPO, ADIESTRAMIENTO DE PERSONAL Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA, LA INVERSION REQUERIDA ES MINIMA EN FUNCION DEL INCREMENTO EN LAS RECAUDACIONES.
	URBANO	PREDIO	UBICAR, LIMITAR Y DIMENSIONAR LA CIUDAD EN EL MUNICIPIO UBICAR, LIMITAR Y DIMENSIONAR A CADA PREDIO URBANO DAR INFORMACION FISICA Y SOCIOECONOMICA DEL MEDIO URBANO	CARTAS URBANAS TOPOGRAFICAS Y TEMATICAS A ESCALAS ENTRE 1:10000 1:20000 MAPAS CATASTRALES URBANOS A ESCALAS ENTRE 1:1 000* 1:2000 ESTADISTICAS URBANAS SOLO EN CASOS * MUY ESPECIALES	DETENAL SISTEMA DE INFORMACION URBANA FICHA DE POBLACION MOSAICOS CARTA URBANA USO DEL SUELO CARTA URBANA APTITUD 1:10000 DEL SUELO GOBIERNOS ESTATALES CON ASESORIA DETENAL DE SER REQUERIDA	REGULARIZACION DE LA TENENCIA DE LA TIERRA EN EL AREA URBANA BASE PARA RECAUDACION FISCAL ORDENACION DEL DESARROLLO URBANO ESTUDIOS DE DOTACION DE SERVICIOS A NIVEL PROYECTO	

Figura 94. México: sistema estatal de información catastral

Zonas urbanas

Con la información recopilada en campo acerca de los predios e infraestructura existentes en cada predio urbano, así como con los planos de servicios existentes en las distintas dependencias como Comisión Federal de Electricidad, Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Teléfonos, se obtienen mapas compuestos que muestran la realidad urbana en los siguientes aspectos: dotación de agua, drenaje, energía eléctrica, teléfono, servicios públicos (escuelas, hospitales, etc.), uso actual del suelo urbano.

Perspectivas y avances

El Sistema de Información Catastral con Fines Múltiples del Estado de Zacatecas contempla el constituirse en una herramienta poderosa para la planeación del desarrollo estatal. Por lo anterior, se plantea la completación de la estructura cartográfica hasta cubrir los niveles que se muestran en la figura 94.

Para tal efecto, y a través de convenios de colaboración con DETENAL, se plantea la realización de una carta topográfica estatal a escala 1:500.000 que servirá de base para la realización futura de cartografía temática estatal.

A la fecha, el Sistema de Información Catastral ha cubierto 1.000.000 de ha con cartografía estatal y se ha realizado el levantamiento de campo y fotogramétrico de las siguientes ciuadades: Zacatecas, Guadalupe, Fresnillo, Plateros y Jerez, que cubren un total de 50.000 predios urbanos aproximadamente (carta catastral urbana).

El Sistema puede acelerar su producción en función de los recursos con que se cuente.

CONCLUSIONES

En el Estado de Zacatecas era una necesidad urgente el implementar y desarrollar un sistema de información catastral con fines múltiples que nos mostrara la realidad existente en cuanto a la propiedad urbana y rural, así como las características físicas y socioeconómicas de la entidad. Con el apoyo de los materiales y asesoría de DETENAL, y financiamiento de BANOBRAS, ha sido posible implementar un sistema cuyo objetivo es proveer a todos los habitantes del Estado en una forma objetiva y de fácil comprensión las características de la región que habitan, de modo que puedan orientar y promover su propio desarrollo. La operación del sistema a nivel estatal, con personal del propio Estado que ha sido debidamente capacitado, garantiza la conservación y eficacia del mismo.

Es importante destacar que el Estado, al realizar este proyecto con un sistema autoliquidable (BANOBRAS), alivia, aunque sea en un porcentaje mínimo, la dependencia económica de la Federación y promueve el desarrollo de una manera general.

El contar con la información DETENAL como base de partida, ha permitido al Sistema operar con bajos costos y en tiempos bastante cortos para, de ese modo, cumplir con sus metas de proveer al Estado de la información básica requerida para el logro de sus aspiraciones de desarrollo.

Los beneficios que el Sistema proporcionará, entre otros, son los siguientes:

a) Incremento de la producción agropecuaria como resultado de la utilización correcta del suelo;

b) La ordenación de los asentamientos humanos sobre terrenos de fácil dotación de servicios, sin detrimento de la capacidad agrológica del Estado;

c) Solución de los conflictos de la tenencia de la tierra a través del conocimiento real de la misma, lo que redundará en mayor tranquilidad y eficiencia en el campo;

d) Incremento en los ingresos del Estado a través de políticas fiscales equitativas;

e) Coordinación y, por lo mismo, mayor eficiencia de los esfuerzos e inversiones estatales y federales.

Al llevarse la técnica más cerca del lugar de los problemas, se logrará mayor eficiencia y mayor soberanía estatal, entendida ésta como la aceptación y cumplimiento de las propias responsabilidades.

UNA EXPERIENCIA SOBRE LA COMPARACION DE LOS METODOS PARA LA DETERMINACION DEL CONTROL FOTOGRAMETRICO EN LA CONFECCION DE PLANOS PARA PROYECTOS VIALES*

Documento presentado por Cuba

SUMMARY

Technological advances now make it necessary to undertake increasingly complex in-depth research with a view to applying more accurate methods to ensure the performance of tasks in the shortest possible time.

Nowadays the use of photogrammetry for the solution of various problems in the field of geodesy is required as a means of achieving solutions in the design of road and railway projects, and it is with this subject that the paper deals.

The main purpose of the paper is to provide a comparative analysis, in terms of precision and economy, of the

RÉSUMÉ

En raison du progrès des techniques, des recherches de plus en plus complexes sont nécessaires si on veut réaliser divers travaux traditionnels avec des méthodes plus précises et dans les meilleurs délais.

De nos jours, l'application de la photogrammétrie à la solution de différents problèmes qui se posent dans le domaine de la géodésie doit permettre de surmonter certaines difficultés afférentes à l'élaboration des projets routiers et ferroviaires et tel est précisément l'objet de nos travaux.

Le but du document est essentiellement de présenter une analyse comparative—du point de vue de la précision et du coût—de la méthode universellement utilisée de

* El texto original de esta monografía, preparado por Osmay Caraballo Puente y Roberto Machado T., Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, se publicó como documento E/CONF.71/L.49

universal method of aerial triangulation and the method of auto-control of models in the field, taking as the basic premise the advantages to be gained from the maximum utilization and exploitation of the resources at our disposal.

l'aérotriangulation et de celle de la stéréopréparation automatique de modèles sur le terrain partant des avantages que présentent l'utilisation et l'exploitation maximales des moyens dont nous disposons.

Introducción

En nuestro país, a partir del triunfo de la revolución, el desarrollo impetuoso que adquiere la red vial en lo concerniente a las autopistas, carreteras y redes ferroviarias, requiere que los proyectistas dispongan de variantes óptimas en sus determinaciones. No obstante, la consistencia del proyecto estará dada por la proporcionalidad del diseño, con las mejores características deseadas y un costo moderado en la construcción.

Por ser la superficie terrestre el medio fundamental donde descansan las obras que se construyen, es que se hace necesario el estudio minucioso de los accidentes topográficos del terreno. Para este fin se utilizan los mapas topográficos a escala 1:10.000 ó 1:5.000, los cuales permiten realizar el trazado de las vías, su eje de proyección y demás características afines al trabajo. Sin embargo, las posibilidades de contar con un plano o mapa a escala 1:2.000 determina la profundidad en el estudio del proyecto, haciéndolo lo más objetivo a la realidad, permitiendo la definición y justificación del eje de la red, así como la condición planta-perfil longitudinal del proyecto.

En la actualidad se ha desarrollado esta disciplina en lo referente a disponer del plano 1:2.000 para víales mediante el trabajo desplegado por el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, a fin de proporcionar un estudio más detallado de la zona de proyección de la red, mediante la conjugación del levantamiento aéreo, el control de campo y la correspondiente restitución en gabinete de la planimetría y altimetría, cuyo ejemplo elocuente lo constituye el estudio del anillo de Santiago de Cuba, tramos de la autopista central en la provincia de Camagüey, los cuales han sido de interés para proyectos de víales.

A tal efecto, nuestro trabajo se encuentra enmarcado en una de las etapas del proceso tecnológico para la confección de los mapas a escala 1:2.000 por el método estereofotográfico y es, en lo concerniente al control fotográfico, etapa fundamental para realizar la densificación de la línea de fotos, el cual puede realizarse en gabinete previo control de campo, o realizarse el autocontrol de los estereopares en campo.

La realización de la densificación de los estereopares (modelos) se llevará a cabo mediante los equipos universales A-7 o SPR-3, mientras que el autocontrol de los estereopares se realizará mediante la determinación de las coordenadas de los puntos de control por medio de los distanciómetros DI-10 o DI-3, realizándose la comparación en cuanto a precisión y economía de los métodos antes expuestos.

Características técnicas del mapa a escala 1:2.000

En el mapa o plano a escala 1:2.000 destinado a los proyectos de víles se deben de representar las líneas de comunicaciones y recursos técnicos de dirección, líneas ferroviarias y obras de fábricas para las mismas, terraplenes, puentes y alcantarillas, así como los ríos, lagos, embalses y zonas de inundaciones.

Con el objetivo de garantizar la precisión del mapa, debemos tener presente el error medio de la posición de los objetos y contornos del terreno que aparecen en el mapa, con relación a los puntos más cercanos de la red planimétrica, el cual debe ser menor de 0,5 mm en zonas llanas y 0,7 mm en regiones semimontañosas. Es por eso que a la hora de la determinación de los puntos de control horizontal se hace necesario que los mismos sean obtenidos con un error medio de $\pm 0{,}1$ mm, permitiéndose como máximo $\pm 0{,}2$ mm, ya que los restantes procesos fotogramétricos requieren de cierto permisible con el objetivo de garantizar la precisión.

Los errores promedio del dibujo de las curvas de nivel no deben exceder de:

$$Sh = 1/3 \text{ de la equidistancia}$$

$$Sh = 1/3\ (1\ m) = 0{,}33 \text{ para zona llana u ondulada con pendientes hasta } 6^\circ \text{ de inclinación.}$$

Parámetros del levantamiento

Para la zona de trabajo fueron utilizados los materiales del levantamiento aéreo, realizado con la cámara RC-8 de distancia focal 210 mm y a una altura de vuelo de 1.2000 m, dando una escala de fotografía aproximadamente de 1/5 700.

Como puede apreciarse, las distancia focal utilizada no es la más recomendable para obtener una buena precisión altimétrica; sin embargo, dada la altura a que fue ejecutado el vuelo, permite que sea utilizado tanto para la restitución planimétrica como altimétrica, y esto lo demuestra el siguiente análisis.

La determinación del error medio en las alturas para la restitución del relieve estará en función de los parámetros de vuelo y del equipo que se utiliza para la restitución. Luego, por operaciones fotogramétricas fundamentales, obtenemos que:

$$\delta h' = \frac{H\ \delta(\Delta\ \rho)}{b}$$

$$\delta h' = \frac{1200\ m \times 0.017}{72\ mm}$$

$$\delta h' = 0{,}28\ m$$

$\delta\ (\Delta\ \rho)$ = error medio cuadrático en la medida de los paralajes

Como $\delta h' < \delta h$, se cumple la condicional en la cual los parámetros del vuelo satisfacen las exigencias para la restitución del relieve.

Análisis de la determinación del número de modelos para el control panimétrico

La expresión para la determinación de la distancia máxima de enlace entre los modelos establece un criterio definitivo en cuanto a la mínima densidad de puntos de control de campo en el proyecto de aerotriangulación.

En la consideración de la precisión requerida en el mapa de proyecto a escala 1:2.000 por este procedimiento

son de gran importancia los errores en las diferentes etapas del proyecto.

Para escoger el número de modelos necesarios para la aerotriangulación planimétrica se utilizó la siguiente expresión:

Consideración del número de modelos por el Dr. A. N. Lobanov:

$$N = 2{,}22 \sqrt[3]{\left(\frac{M \quad ml}{m \quad mq} \right)^2}$$

donde:

M = denominador de la escala del mapa a confeccionar
m = denominador de la escala de la foto
ml = error medio cuadrático en la posición planimétrica de los puntos
mq = error permisible en la determinación del paralaje transversal en los equipos
2,22 = coeficiente de transformación

Para el método universal, consideramos:

mq = 0,03 mm
mp = 0,44 mm
m = 5700
M = 2000

$$N = 2{,}22 \sqrt[3]{\left(\frac{2000 \times 0{,}44}{5700 \times 0{,}03} \right)^2}$$

$$N = 22{,}2 \times 2{,}98$$

N = 6,6 cantidad de pares estereoscópicos.

Trabajos de proyección

En dependencia del análisis realizado para la determinación de la cantidad de pares estereoscópicos a controlar y que caracterizan la recopilación de errores en la línea, se han tenido en cuenta dos criterios fundamentales:

a) Las exigencias técnicas que regulan el control fotográfico para la escala 1:2.000;

b) Los parámetros técnicos del levantamiento aéreo.

Con el objetivo de profundizar en nuestro estudio, nos permitimos realizar el control cada cinco y seis bases, con el propósito de analizar el comportamiento de los errores, dado que el ajuste de la línea se realizaría mediante los resultados de la aerotriangulación análoga.

Es así como en la línea de trabajo al contar con siete fotos y disponer de seis modelos estereoscópicos han sido proyectados tres puntos horizontales y cuatro verticales por modelo, lo cual constituye el principio de nuestro trabajo al darle coordenadas directamente en campo y comprobar su resultado con los valores de la aerotriangulación.

El total de puntos proyectados es de 12 horizontales y 14 verticales, los cuales aparecen con su correspondiente nomenclatura.

Debemos significar que el autocontrol de campo equivale a comenzar el proceso de restitución sin tener necesidad de aerotriangular la tira y está en función de la cercanía de los puntos de control, así como de la base de apoyo existente, para los cuales, mediante líneas de poligonales utilizando los distanciómetros electrónicos, se agiliza más el trabajo.

Trabajo de campo

Una vez realizada la proyección de los puntos, los trabajos de campo contaron con dos etapas fundamentales: *a*) reconocimiento y *b*) determinación de las coordenadas.

Durante el reconocimiento se analizó la base geodésica existente en la zona, para la cual fue necesaria la densificación de la misma mediante poligonometría de alta precisión.

A su vez fue realizada la fotoidentificación y puyado de los puntos de control, escogiéndose los elementos lineales más característicos, tales como intersección de cercas, trillos, postes, etc., realizándole el puyado, y al dorso de la foto se le confeccionó un pequeño croquis de auxilio y orientación a los trabajos posteriores.

A los puntos de control le fueron determinadas sus coordenadas mediante líneas de poligonales, empleándose el distanciómetro DI-10 para medir las distancias. En la medición de los ángulos se utilizó el teodolito T-2: los ángulos se midieron con 2 posiciones, permitiéndose entre las posiciones ± 8 como valor permisible.

Los puntos de control vertical tomaron su elevación mediante la nivelación geométrica, permitiéndose en el error de cierre de la línea el permisible de ± 30 mm.

Trabajos de gabinete

Con los resultados del control de campo comenzó la etapa de los trabajos de gabinete, la cual se puede resumir en tres fases fundamentales: *a*) preparación para la aerotriangulación; *b*) ejecución de la aerotriangulación, y *c*) ajuste de los resultados obtenidos.

Durante la preparación para la aerotriangulación fueron marcados en las diapositivas los puntos de campo, así como la selección de los puntos de pase, que para nuestro caso son puntos con coordenadas determinadas en campo; luego se realizó el llenado de los modelos para iniciar los trabajos.

Como resultado de la aerotriangulación se obtuvo un listado de coordenadas de todos los puntos seleccionados previamente.

Con estos valores de máquina se confeccionó el programa para el cálculo y ajuste de las coordenadas, mediante la computadora MIR-1.

Dicho ajuste se realizó para seis modelos a fin de obtener el comportamiento de la precisión alcanzada.

Análisis económico y técnico

Cumplimentando las normas técnicas establecidas para el desarrollo del trabajo en toda la fase del proceso tecnológico respecto a las actividades de campo necesario, para su posterior procesamiento en gabinete al momento de efectuar la aerotriangulación y determinación de las coordenadas para la densificación fotogramétrica, resultó evidente que el procedimiento redujo el costo de las operaciones en comparación con los trabajos realizados en campo para el autocontrol por modelo, lo que resulta significativo y económico a la vez. A su vez, como se muestra en el cuadro, ninguna de las coordenadas de la línea aerotriangulada excede a su correspondiente coordenada de campo en un valor mayor de 0,5 mm a la escala del plano 1:2.000.

Conclusiones

Este trabajo, que, como su nombre lo indica, no es más que una experiencia sobre la comparación de métodos para la determinación del control fotogramétrico en la confección de proyectos viales, ha permitido realizar una valoración acertada sobre la utilización del instrumental más moderno, cuantificar el tiempo y los costos de las operaciones, así como mantener la observancia de los requisitos previstos en los parámetros técnicos.

No se descarta la utilidad en función de la zona donde se ejecute el levantamiento, en la cual existe una densidad de puntos geodésicos aceptable, de considerar de acuerdo a las características del relieve la realización del autocontrol por modelo para la obtención directa en campo de la densificación fotogramétrica.

Este trabajo muestra una valoración económica y técnica que, para las condiciones actuales de nuestro territorio, es de gran utilidad en la actividad de fotogrametría aplicada a la confección de proyectos viales.

Tabla comparativa de las coordenadas obtenidas

No.	*Nomenclatura Punto de control foto*	*Autocontrol de campo*		*Aerotriangulación con seis modelos*	
		X	*Y*	*X*	*Y*
1	0138413	001 076.12	002 793.34	001 076.48	002 793.33
2	0138423	001 385.04	002 156.54	001 385.08	002 156.54
3	0138323	001 616.60	002 814.09	001 616.60	002 814.03
4	0138213	001 411.18	002 011.61	001 411.08	002 011.86
5	0138223	001 979.93	002 524.34	001 979.93	002 524.30
6	0138113	001 877.87	002 855.45	001 877.87	002 855.43
7	0138013	001 209.83	002 515.86	001 209.93	002 516.03
8	0138023	001 462.56	002 699.07	001 462.59	002 699.59
9	0137913	001 334.62	002 148.39	001 334.56	002 148.51
10	0137923	001 728.64	002 442.38	001 728.59	002 442.47
11	0137813	001 663.12	002 841.21	001 663.16	002 841.17
12	0137823	001 954.82	002 170.48	001 954.35	002 170.61

MECANIZACION DEL CATASTRO TOPOGRAFICO PARCELARIO*

Documento presentado por España

Introducción

En España está en curso de formación un catastro topográfico parcelario de utilidad múltiple: para fines fiscales, como base de las relaciones jurídicas relativas al suelo, y para todo orden de aplicaciones relacionadas con ordenación territorial.

Al mismo tiempo que se continúa la formación del catastro topográfico parcelario, de carácter nacional, y apoyado en la red geodésica, se está tratando de integrarlo en un sistema de mecanización que permita fácilmente su constante mantenimiento al día y la utilización inmediata de la información.

El catastro topográfico parcelario

Desarrollo

Los primeros trabajos catastrales en España se iniciaron a mediados del siglo XIX con finalidad puramente fiscal, por lo que no se sintió la necesidad de contar con base cartográfica.

En 1906 se dispuso la formación de un avance catastral urgente, basado en simples croquis del terreno, y de un catastro topográfico parcelario que sustituiría paulatinamente al avance catastral. El mapa topográfico parcelario no fue iniciado hasta 1925, año en que se encomendó su ejecución al Instituto Geográfico Nacional (IGN). Desde entonces se ha venido trabajando en su formación, al principio por métodos de topografía clásica y a partir de 1950 también por fotogramétricos. En 1974 se introdujo la ortofotoproyección, método que se emplea actualmente para la inmensa mayoría del trabajo.

Situación actual

Se ha terminado ya el levantamiento de 20 millones de ha, de los 50 millones que abarca el territorio nacional, lo que de hecho supone aproximadamente el 50%, puesto que una buena parte del resto corresponde a zonas de alta montaña, poco o nada parceladas.

En el año actual se terminaron los levantamientos correspondientes a una superficie de unas 500.000 ha. La producción anual está aumentando regularmente como consecuencia de la ortofotoproyección y de la simplificación en algunas fases del trabajo lograda mediante la mecanización; se prevé llegar en breve a una producción anual de un millón de hectáreas, lo que permitirá terminar el catastro topográfico parcelario en un plazo razonable.

Se atiende al mismo tiempo a la conservación de las zonas ya levantadas, introduciendo anualmente en la documentación original las adiciones necesarias para recoger las variaciones habidas en la propiedad, fraccionamiento o uso del suelo durante el año anterior.

En el momento actual se está tratando de coordinar el catastro topográfico parcelario —en las zonas en que ya existe— con el registro de la propiedad, a fin de que éste pueda garantizar, además de los derechos constituidos sobre las fincas, la definición física de las mismas. Ya se han redactado las disposiciones legales correspondientes y

* El texto original de esta monografía, preparada por Luis Sacristán María, Instituto Geográfico Nacional, se publicó como documento E/CONF. 71/L.70.

se espera que en breve plazo sean publicadas y puestas en vigor.

Documentación que constituye el catastro topográfico parcelario

La unidad de trabajo es siempre el término municipal que, siguiendo líneas naturales, se divide en polígonos de dimensión adecuada para representar cada uno en una hoja de tamaño Din AO o A1.

El catastro topográfico parcelario —que se conserva en las oficinas provinciales del IGN— está constituido por:

a) Mapa parcelario en escala 1:1.000, 1:2.000 ó 1:5.000;

b) Relación de parcelas y subparcelas, con expresión de propietario, cultivo y superficie;

c) Relación de propietarios, por orden alfabético, con expresión de las parcelas que cada uno posee;

d) Fichas de propietarios;

e) Fichas de parcelas.

La parcela es la superficie continua de terreno de un mismo propietario. Las subparcelas son las distintas unidades de cultivo dentro de cada parcela.

Esa documentación puede ser consultada por el público. Además, las oficinas provinciales expiden cédulas parcelarias acreditativas de la forma, dimensiones y situación de cada parcela. En la cédula se recoge el plano de la parcela y la iniciación de las limítrofes, a la misma escala del mapa original, número del polígono y de la parcela, división en subparcelas, si la hay, cultivo, datos de identificación del propietario y de los colindantes.

Mecanización

El estudio de los métodos de mecanización aplicables al catastro topográfico parcelario se inició en el año 1974, al mismo tiempo que se decidió dar mayor impulso al trabajo de levantamiento con el fin de terminar en un plazo razonable de tiempo la totalidad del mapa topográfico parcelario nacional. Al estudiar la mecanización se establecieron desde el primer momento dos líneas de actuación: la primera, para aplicar la mecanización al levantamiento y mantenimiento al día del catastro topográfico parcelario, con el fin de acelerar el levantamiento y de automatizar el proceso de conservación; la segunda, con el fin de mecanizar el archivo y utilización de la información catastral, de manera que la obtención de datos y el servicio al público sean inmediatos.

En la primera línea se ha progresado mucho desde el año 1974; se han redactado programas, que son ya operativos, para reducir notablemente la intervención humana en el proceso de formación de la documentación literal. Igualmente, se han redactado programas para el dibujo automático de los mapas y cálculo automático de superficies. Estos programas son también operativos, pero la reducción de trabajo que con ellos se ha conseguido no es del volumen que cabía esperar, por lo que es todavía necesaria una mayor elaboración.

En cuanto a la segunda línea de actuación, sólo ahora se empieza a trabajar, porque se consideró que el sistema de información catastral no es más que un caso particular de un sistema general de información geográfica, y puesto que el IGN estaba ya trabajando en un sistema de ese tipo, que hoy día está ya conseguido, pareció preferible esperar a que éste estuviera disponible y, a continuación, aplicarlo al catastro topográfico parcelario introduciendo en él las modificaciones que fuera necesario.

Seguidamente veremos los medios disponibles y cada una de las aplicaciones de la mecanización mencionadas hasta ahora. Se dispone de los siguientes medios:

Recogida de datos

- Registradores Wild EK-5, EK-8 y EK-22, para fotogrametría analítica
- Dos perforadoras de tarjetas
- Dos grabadoras "cassette" Olivetti DE-523
- Transformador a cinta compatible con el ordenador
- Digitizador D-MAC con salida en cinta de papel
- Digitizador Bendix Datagrid con salidad en cinta magnética

Proceso de datos

- Ordenaror Digital PDP-11/45 (32 K) con tres unidades de cinta magnética y una unidad disco de 40 millones de caracteres
- Pantalla interactiva Tektronix 4010
- Pantalla interactiva Tektronix 4014
- Lector-perforador de cinta de papel
- Lector de tarjetas perforadas
- Impresora electrostática Statos
- Impresora de línea

Además se prevé la instalación de un nuevo equipo de ordenador en breve plazo.

Trazado automático

- Coordinatógrafo de precisión Contraves
- Coordinatógrafo Calcomp 960 *on-line*

Hardcopy

- Terminal pesado IBM 3774 —dectora de tarjetas, impresora de línea—unido a los ordenadores del Instituto Nacional de Estadística.

Mecanización de la información literal

Para facilitar la mecanización se ha introducido el concepto de "cuenta". Cada cuenta representa a un propietario o grupo de propietarios que tienen bienes pro-indiviso. De esta forma, cada propietario tendrá un número de cuenta como propietario individual y, si tiene bienes pro-indiviso con otros, un nuevo número de cuenta por cada grupo de propietarios de que forme parte.

El proceso de mecanización, que se hace independientemente para cada término municipal, se empieza grabando en "cassette", mediante la máquina Olivetti DE-523, los datos correspondientes a cada parcela, como sigue:

- Número de la región
- Número de la provincia
- Número del municipio
- Número del enclave, anejo o parroquia
- Número del polígono
- Número de la parcela
- Número de propietarios
- Nombre y datos de identificación del propietario o propietarios
- Nombre del paraje en que está situada

Superficie

Número de subparcelas

Cultivo a que se dedica, si no hay subparcelas. Si las hay, para cada subparcela se registra: letra, superficie y cultivo.

A continuación, el transformador pasa los datos grabados en la cinta "cassette" a cinta compatible (nueve pistas, 800 bits por pulgada) con el ordenador PDP. Este lleva a cabo el proceso siguiente:

a) Ordena los datos de entrada por números de polígono y parcela, si no estuviera ya así. Almacena esos datos en disco.

b) Separa los nombres de propietarios, arrastrando con cada uno los datos de identificación de la parcela correspondiente.

c) Ordena la relación de propietarios, en orden alfabético. Cuando hay propietarios pro-indiviso, considera al conjunto como un propietario más, colocándole en el lugar que le corresponde según el primer nombre.

d) Asigna número de cuenta a cada propietario o grupo de propietarios pro-indiviso. Archiva en disco la relación de cuentas con el nombre o nombres de propietario o propietarios a que corresponde cada una. Por otro lado, añade los números de cuenta a la relación de parcelas.

e) Procesa nuevamente esa relación, separando por un lado pacelas con sus características, excepto nombres y datos de propietarios, que se sustituyen por el número de cuenta; por otro lado, propietarios con sus datos de identificación.

f) Archiva en disco la relación de parcelas según estaban ordenadas. Seguidamente, las ordena por número de cuenta y archiva también en disco la relación resultante.

g) Ordena de nuevo por orden alfabético los propietarios, incluyendo esta vez separadamente a cada uno de los que forman grupo. Aparecerán así una vez con el número de cuenta que tengan como propietarios individuales y otra con el que tenga el grupo de que forman parte. Por último, archiva también en disco la relación alfabética de propietarios, con número o números de cuenta.

El almacén en discos de la información literal ha quedado constituido por los cuatro archivos siguientes:

1. Relación de cuentas, con el propietario o propietarios a que corresponde cada una.
2. Parcelas en orden numérico de polígono y parcela, con todas sus características y con número de cuenta.
3. Relación de parcelas con los mismos datos pero ordenadas por número de cuenta. En esta relación habrá varias parcelas con el mismo número de cuenta cuando pertenezcan a un mismo propietario.
4. Relación alfabética de propietarios con su dirección, número del documento nacional de identidad y número o números de cuenta.

Un nuevo programa permite obtener los documentos escritos que constituirán la documentación literal de que se dispondrá en cada provincia para atención al público, y que son los siguientes:

a) Listado de número de cuenta con el nombre del propietario o propietarios a que corresponda cada una. Se obtiene del archivo 1.

b) Listado de la relación de parcelas con sus características y número de cuenta que identifica a la propiedad. Se obtiene del archivo 2.

c) Fichas de propietarios con sus datos de identificación y números de cuenta. Se obtiene del archivo 4.

d) Fichas de cuentas. En cada una figurarán: número de la cuenta, provincia y término municipal, nombre del propietario o de los propietarios y relación de parcelas; cada una con número del polígono y de la parcela, nombre del paraje, cultivo a que se dedica la parcela y superficie. Si hay subparcelas, no figurará el cultivo de la parcela, y para cada subparcela aparecerá letra, cultivo y superficie.

e) Fichas de parcela.

Es de hacer notar que tanto en la entrada inicial de datos como en los archivos 2 y 3 antes mencionados, y en los listados que de ellos se obtienen, se han dejado campos libres para la inclusión de los datos necesarios a la aplicación fiscal del catastro, aun cuando la obtención y elaboración de esos datos no sea misión del Instituto Geográfico Nacional, sino de los servicios del Ministerio de Hacienda.

La superficie podría no grabarse al mecanizar la información literal. Si la obtiene el ordenador en la mecanización cartográfica, como se expone más adelante, se incorpora automáticamente al archivo literal de parcelas.

Al final de esta comunicación se incluye un fragmento de relación de cuentas, una ficha de propietario, una ficha de cuenta y tres fichas de parcelas. Todas estas fichas corresponden a un mismo propietario, que también aparece en el fragmento de relación de cuentas. No se incluye relación de parcelas porque es un documento sin otra utilidad que la puramente estadística.

Mecanización cartográfica

Se trata de organizar un doble archivo. De una parte, un índice de todos los puntos definitorios de parcelas de un término municipal, con sus coordenadas, y de otra, una relación de detalles planimétricos y parcelas, con una clave que indica el tipo de elemento de que se trata, y los números de los puntos que, en sentido rotatorio, definen su contorno.

Al estudiar y programar la mecanización se ha pensado, sobre todo, en su aplicación a la ortofotoproyección, pero puede aplicarse igualmente a los levantamientos obtenidos por otros métodos.

El método seguido hasta ahora consiste en numerar sobre cada ortofoto los puntos que definen las parcelas y detalles planimétricos, dando números correlativos a todos los puntos de cada término municipal, o por lo menos de cada polígono, digitizando a continuación todos estos puntos. Al mismo tiempo se digitizan los puntos de control de cada ortofoto, lo que permite hacer una transformación conforme de todas las coordenadas registradas, convirtiéndolas en coordenadas terreno en el sistema general de la red geodésica. Esta relación queda archivada en disco, constituyendo así un índice de puntos del término municipal.

El programa de dibujo suministra al ordenador una relación de los tipos de línea que debe representar cada elemento, el índice de puntos con sus coordenadas y la relación de detalles planimétricos y parcelas. El ordenador, previa la grabación de una cinta que sirve de entrada al coordinatógrafo, empieza por dibujar los detalles planimétricos, cada uno con su signo; se sigue con las parcelas y se termina por las subparcelas. En el dibujo de cada ele-

mento se eliminan las líneas dibujadas en otro anterior. Al final se incluye en el programa la numeración de parcelas y subparcelas.

Los mismos datos que sirven de entrada para la ejecución del programa de dibujo se utilizan para el cálculo de superficies, que se registran en el sistema de salida que se desee. El ordenador proporciona también la superficie total de cada polígono y la ocupada por edificaciones o zonas de uso público (caminos, cursos de agua, etc.). Las superficies pueden archivarse en disco, y el propio ordenador las incorpora a las relaciones de parcelas que componen la información literal.

Tanto el índice de puntos con sus coordenadas como la definición de parcelas, subparcelas y detalles planimétricos y sus superficies, quedan, por consiguiente, archivados en discos, con lo que el ordenador puede disponer, en cualquier momento, de toda la información cartográfica necesaria.

El sistema puede aplicarse perfectamente a la restitución analógica o a planos obtenidos con anterioridad, prescindiendo, en este caso, del programa de dibujo. En el caso de restitución analítica, los puntos se digitizan directamente en los aparatos de restitución.

El sistema expuesto, que a primera vista parece el más lógico, presenta el inconveniente de obligar a numerar previamente todos los puntos definitorios de parcelas y a redactar el proyecto de dibujo y las relaciones de puntos que limitan cada parcela, lo que requiere demasiado tiempo de intervención humana.

Por esta razón, se está trabajando en un sistema que mecanice incluso la numeración de los puntos. Se trata de digitizar sucesivamente todos los puntos que limitan el contorno de cada parcela o detalle planimétrico, siguiendo el sentido rotatorio directo. Cada punto se habrá digitizado varias veces, puesto que forma parte de varias parcelas. Después el ordenador analizará las coordenadas y promediará los valores discrepantes en menos de un límite fijado (puede ser de 0,5 mm), que deben corresponder al mismo punto; relacionará los pares de coordenadas resultantes, numerará los puntos y los archivará en disco. Seguidamente, sustituirá en la digitización de cada parcela las coordenadas de cada punto por el número asignado a éste, con lo que se vuelven a tener los mismos datos que con el anterior sistema de digitización. Se ha podido comprobar que el tiempo perdido en digitizar varias veces el mismo punto es muy inferior al que se emplea en hacer la numeración y en relacionar los puntos que definen cada parcela. Este programa está muy avanzado y se espera que sea operativo en plazo breve.

Conservación

Todos los archivos de documentación contenidos en los discos constituyen lo que podríamos llamar archivos maestros.

Para introducir en estos archivos las variaciones correspondientes a límites de parcelas, se ha preparado un programa que consiste simplemente en un registro de nuevos puntos con sus coordenadas, e igualmente un registro numérico de los puntos que sea necesario borrar por haber desaparecido como puntos definitorios de parcelas. El ordenador envía a los discos correspondientes los nuevos puntos y elimina los que sea necesario borrar. Igualmente registra las nuevas parcelas, con los números de los puntos que definen cada una, y elimina las que hayan desaparecido.

En cuanto a la documentación literal, únicamente se graban las variaciones, en la misma forma que se habían grabado los datos originales, y se procesa la cinta de variaciones junto con el archivo maestro, obteniéndose un apéndice anual de variaciones y un nuevo archivo maestro con las variaciones producidas.

El ordenador proporciona, seguidamente, nuevas relaciones de parcelas y propietarios, las fichas que es necesario añadir o sustituir como resultado de las variaciones y una relación de las que deben ser retiradas.

Todo este programa se aplica, lógicamente, sólo en las zonas en que el catastro topográfico parcelario se ha formado recientemente y, por tanto, está mecanizada la documentación original. Se tiene el proyecto de mecanizar la totalidad del catastro ya obtenido, y en breve se comenzará la mecanización de toda la documentación literal.

Sistema de información

Hasta el momento actual, la mecanización sólo se aplica a la formación de la documentación que constituye el catastro topográfico parcelario; acabada ésta, el sistema de información queda constituido por los mapas, ficheros y relaciones de parcelas y propietarios. Las certificaciones y cédulas catastrales que se expiden al público se confeccionan por medios manuales.

Como consecuencia de haberse puesto a punto recientemente el sistema de información geográfica elaborado por le IGN, se empieza a trabajar ahora en la aplicación de este sistema a la información catastral, que constituirá un archivo separado del sistema general de información geográfica, ya que se trata de un tipo de información de características distintas.

El proyecto es llegar a tener en archivo todo el catastro topográfico parcelario, y que de él se puedan extraer en cualquier momento tanto los planos como la información literal relativos a un propietario, a una parcela o a un determinado tipo de aprovechamiento del suelo, y que en cada caso la información a obtener se pueda limitar a un término municipal o extenderla a toda una comarca e incluso provincia.

Para que este sistema sea utilizable en cualquier momento y fácilmente accesible, sería necesario que en cada provincia hubiera un terminal del ordenador central, que se espera instalar en breve en Madrid. El costo de implantación de esos terminales hace que, por ahora, si bien se trabaja activamente en el establecimiento del sistema, no se haya fijado ningún plazo para su total implantación.

INSTITUTO GEOGRAFICO Y CATASTRAL

CATASTRO TOPOGRAFICO PARCELARIO

CAMARMA DE ESTERUELAS (MADRID)

INDICE DE PROPIETARIOS — RELACION DE CARACTERISTICAS

NUMERO DE LA PARCELA	NUMERO CUENTA	APELLIDOS Y NOMBRE DEL PROPIETARIO / PAGO O PARAJE	LETRA SUBPARCELA	CULTIVO CLAVE	CULTIVO INT	SUPERFICIE Ha a m²	RIQUEZA	OBSERVACIONES	C.D.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	230	PEREZ,PREGNO,FLORENCIO							
	231	PEREZ,GARRIDO,HNOS							
	232	PEREZ,BIGNERO,HNOS							
	233	PEREZ,LOPEZ,ANA							
	234	PEREZ,PEREZ,ANDRES-ARTURO							
	235	PEREZ,PEREZ,CONSUELO							
	236	PEREZ,PEREZ,CONSUELO							
	236	MADRID,PEREZ,LUISA Y CONSUELO							
	237	PEREZ,PEREZ,CONSUELO,ANDRES Y ARTURO							
	237	MADRID,PEREZ,CONSUELO							
	238	PEREZ,PEREZ,HNOS							
	239	PEREZ,PEREZ,HNOS							
	239	MADRID,PEREZ,HNOS							
	240	PEREZ,PRIETO,AGUSTIN							
	240	PEREZ,PEREZ,HNOS							
	241	PEREZ,PRIETO,BRUNO							
	241	PEREZ,LORENZO,HNOS							
	241	PEREZ,ABAJO,HNOS							
	242	PLIEGO,BLANCO,TOMAS							
	243	PUERTA,AMEGO,JOSE LUIS							
	244	PUERTA,GONZALEZ,JESUS							
	245	PUERTA,MANCHE,JUSTO							
	246	PUERTA,PLIEGO,JUSTO							
	247	RUEDA,DE MARCOS,AMPARO DE							
	248	RUEDA,DE MARCOS,ANGEL							
	249	RUEDA,DE MARCOS,FRANCISCA							
	250	RUEDA,DE MARCOS,RAFAELA DE							

MUNICIPIO

ZONA	PROVINCIA	MUNICIPIO	LOCALIDAD	FECHA DE EDICION	POLIGONO	FOLIO
10	28	005	00	15-NOV-76		10

DIRECCION GENERAL DEL INSTITUTO GEOGRAFICO Y CATASTRAL

PROVINCIA, MUNICIPIO, LOCALIDAD: CAMARMA DE ESTERUELAS (MADRID)

PAGINA: 1

CUENTA NUMERO: 233

Nº ORDEN	APELLIDOS Y NOMBRE DEL PROPIETARIO	PROP. %	REDITO %	VARIACIONES AÑO/N.º
1	PEREZ,LOPEZ,ANA			

CODIGO	NUMERO DEL POLIGONO	NUMERO DE LA PARCELA	C.D.	NUMERO SUBPARCELAS	NUMERO DE ORDEN	PAGO O PARAJE	LETRA SUBPARCELA	CULTIVO CLAVE	CULTIVO INT.	SUPERFICIE	TIPO	RIQUEZA	OBSERVACIONES	C. BONIFIC.	VARIACIONES AÑO/N.º
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	1	41 00		1	1	SARRACINES		C		392,26*					
4	1	62 00		1	1	LAVEGA-VALHONDO		C		5301,91*					
4	1	90 00		1	1	VALHONDO		C		2308,79*					
		NUMERO DE PARCELAS 3				TOTALES		**		8002,92		0,000			

FORCOMSA 2-2847

FECHA EDICION: 15-NOV-76

FICHA DE PROPIETARIO

PEREZ,LOPEZ,ANA
APELLIDOS Y NOMBRE

15-NOV-76
FECHA EDICION

D.N.I.

DIRECCION POSTAL

N.º TITUL.	N.º ORDEN	N.º CUENTA	VARIACION AÑO/N.º
01	01	233	

COMARMA DE EBERUELAS (MADRID)
PROVINCIA, MUNICIPIO, LOCALIDAD

FICHA N.º 1

FICHAS DE PARCELA

PROVINCIA, MUNICIPIO, LOCALIDAD: CAMARMA DE ESTERUELAS (MADRID)

PARAJE: SARRACENES

FECHA: 30-NOV-76

FICHA NUM: 1

POLIGONO: 1

PARCELA N.º: 41 00

SUBPARCELA LETRA	SUBPARCELA CULTIV.	SUBPARCELA INT.	SUPERFICIE Ha. a. m²	RIQUEZA	OBSERVACIONES	C.B
C			32 86			

C.D.	N.º CUENTA	VARIACION AÑO/N.º
	233	

PROVINCIA, MUNICIPIO, LOCALIDAD: CAMARMA DE ESTERUELAS (MADRID)

PARAJE: LAVEGA-VALMONDO

FECHA: 30-NOV-76

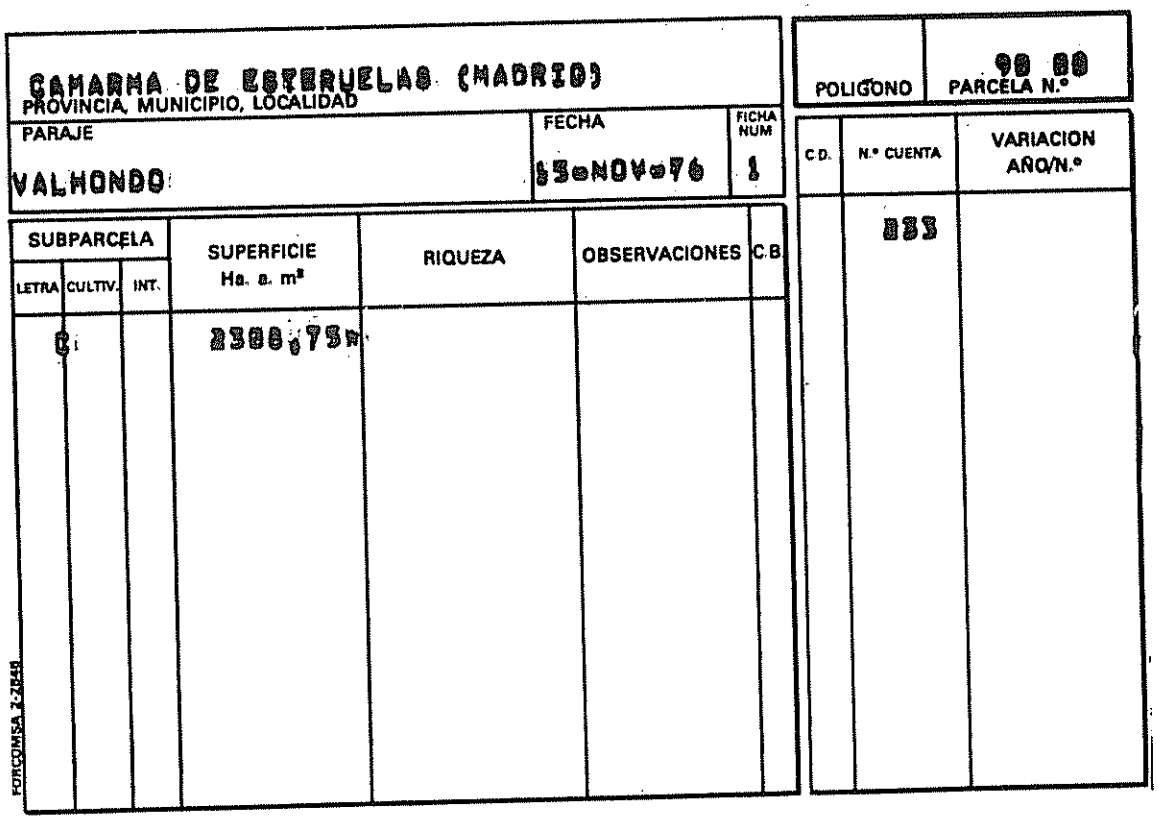
FICHA NUM: 1

POLIGONO: 1

PARCELA N.º: 42 00

SUBPARCELA LETRA	SUBPARCELA CULTIV.	SUBPARCELA INT.	SUPERFICIE Ha. a. m²	RIQUEZA	OBSERVACIONES	C.B
C			9581 91			

C.D.	N.º CUENTA	VARIACION AÑO/N.º
	233	



CAMARMA DE ESTERUELAS (MADRID)
PROVINCIA, MUNICIPIO, LOCALIDAD

POLIGONO 98 PARCELA N.º 88

PARAJE: VALHONDO

FECHA: 13-NOV-76

FICHA NUM: 1

SUBPARCELA			SUPERFICIE Ha. a. m²	RIQUEZA	OBSERVACIONES	C.B.
LETRA	CULTIV.	INT.				
C			2308,75 m			

C.D.	N.º CUENTA	VARIACION AÑO/N.º
	883	

FORCOMSA 2-2845

CADASTRAL SURVEYING AND MAPPING*

Paper presented by Suriname

RÉSUMÉ

Si le développement économique marque le pas dans certaines régions du Suriname, c'est notamment en raison d'une connaissance insuffisante du mode d'occupation des sols.

Sur les plans cadastraux qu'il est prévu d'établir seront indiqués non seulement les nouveaux plans d'aménagement mais aussi le statut des équipements publics.

Les fonds de carte seront mis au point par photogrammétrie.

La base géométrique des cartes sera réalisée par densification du réseau national de premier ordre.

Les échelles seront de 1/1 000 pour les cartes urbaines et de 1/2 000 à 1/2 500 pour les cartes rurales.

RESUMEN

El desarrollo económico se está estancando en algunas partes de Suriname debido, entre otras razones, a la falta de un conocimiento adecuado de las condiciones de la tenencia de la tierra.

En el catastro que se llevará a cabo se indicarán no sólo los avances en la planificación, sino también los reglamentos de los servicios públicos. Se prepararán mapas de base por medio de la fotogrametría.

Para obtener la base geométrica de los mapas se procederá a densificaciones de la red primaria nacional.

Los mapas de las zonas urbanas se harán a escala 1:1.000 y los de las zonas rurales a escala 1:1.200 a 1:2.500.

Economic development is stagnating in some parts of Suriname, owing to the lack of adequate insight into land-tenure conditions, among other things. Uncertainty about what one's rights are, who the lawful claimants are, and even—on occasion—the precise location of the terrain in question has engendered a situation in which agricultural lands are used unproductively or entirely withdrawn from production.

In the cadastre to be undertaken, not only planning developments but also public facilities (sewage systems, electricity and water, roads, etc.) will be indicated as completely as possible on the base map to be compiled.

The objective is to manufacture the base maps photogrammetrically. They will serve, at the same time, as a framework for cadastral maps.

In urban agglomerates, the lot boundaries will be measured by the conventional terrestrial methods.

Use will be made of a series of points which are incorporated into the national primary net, for the geometrical basis of the mapping. The interpoint distances in the net are 2 or 2½ km, and are tied together by traverses. To facilitate the photogrammetric mapping and measurement of parcel boundaries, the net was densified with air-visible points (a number of which were provided with signals). Because of the degree of accuracy desired, the interdistancing of the densification was constant at ±250 m.

The aerial photography will be executed in the scale 1:5,000 with a 15-cm camera. Maps of the urban areas will be manufactured in the scale 1:1,000, and those of rural areas in the scale 1:2,000 or 1:2,500. The sheet format will be 60 × 80 cm, covering an area of some 450,000 ha in total.

The public registers pertaining to land registration will be brought up to date with the data at hand, simplified and, thus, made more comprehensible.

At present, aerial photography has already begun, and three test blocks worked out in the scales 1:1,000 and 1:500.

* The original text of this paper appeared as document E/CONF.71/L.85.

AGENDA ITEM 7

Review of the latest techniques and recent developments related to:

(d) *Hydrographic surveying and nautical charting*

A REPORT ON THE ADEQUACY OF COASTAL HYDROGRAPHIC DATA FOR CHARTING THE AMERICAS*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

La couverture hydrographique des zones côtières de l'Amérique est, dans l'ensemble, insuffisante pour les besoins de la navigation des navires marchands et militaires modernes de grandes dimensions et à fort tirant d'eau. La Defense Mapping Agency (DMA) estime que 36 p. 100 seulement de ses cartes des zones côtières, des ports et des voies d'approche de l'hémisphère occidental sont conformes aux normes de la cartographie moderne. Elle a procédé à une analyse approfondie des données hydrographiques utilisables pour l'établissement des cartes côtières. Pour déterminer les zones où le passage de navires à fort tirant d'eau exige l'établissement de levés et cartes modernes, elle a appliqué des critères opérationnels sélectifs. Des levés détaillés ne paraissent pas nécessaires dans tous les cas. Les besoins ont été définis en fonction des données bathymétriques et de considérations opérationnelles. Pour servir au mieux les usagers de la mer, nous devons, puisque nos moyens sont limités, nous concentrer sur les zones où des levés sont particulièrement nécessaires.

L'auteur examine les besoins en matière de levés côtiers et cartes connexes pour l'hémisphère occidental. Il décrit la démarche suivie pour définir les critères opérationnels. Les résultats de l'analyse des besoins effectués par la DMA sont présentés par pays; d'après cette analyse, des levés devront être faits pour 65 p. 100 de nos zones côtières (plus de six millions de km^2). Un appel est lancé pour la création d'instituts hydrographiques nationaux et l'utilisation de moyens techniques accrus en vue d'accélérer le rythme des travaux hydrographiques et d'en améliorer la qualité.

RESUMEN

Las aguas costeras que rodean a América han sido en general inadecuadamente cartografiadas para la flota moderna de buques mercantes y navales más grandes y de mayor calado. El Organismo Cartográfico de Defensa (DMA) calcula que sólo el 36% de las cartas costeras, de puertos y de acceso del hemisferio occidental satisfacen los requisitos de la cartografía moderna. El DMA ha realizado un análisis cabal de las fuentes en materia de hidrografía de que se dispone como base para la cartografía costera. El DMA ha aplicado un concepto de zona de misión para definir las regiones que requieren relevamientos modernos y preparación de cartas modernas para la navegación de gran calado. No se considera necesario realizar levantamientos rigurosos para todas las aguas cartografiadas. Se han utilizado consideraciones de uso batimétrico y operacional para definir los requisitos del levantamiento. La mejor manera de servir a esas actividades marítimas es aplicar nuestros recursos limitados de levantamiento a las regiones que más la necesitan.

En el documento se examinan las necesidades de los levantamientos costeros y las cartas correspondientes y su situación en el hemisferio occidental. Se presentan los fundamentos utilizados para definir el concepto de zona de misión. Se presentan para cada país los resultados del análisis del DMA de las necesidades de levantamiento. En total, el análisis encontró que por lo menos el 65% de nuestras aguas costeras (más de seis millones de kilómetros cuadrados) requieren levantamiento. Se insta a que se creen más organismos hidrográficos nacionales y se aumente el uso de la tecnología para mejorar la calidad y velocidad de las operaciones de levantamiento hidrográfico.

INTRODUCTION

With the exception of Paraguay and Bolivia, every American country is a coastal State. Even Paraguay has port facilities accessible to ocean-going ships during the flood of the Parana. Every coastal State relies on maritime activities to deliver and receive a large share of its foreign trade. Recently, renewed attention has been fixed on coastal regions as potential sources of natural resources. Throughout the Americas, international seaborne trading has increased 57 per cent between 1964 and 1974 and more than tripled in the two and a half decades since 1950. Figure 95, developed from statistics gathered by the United Nations (1),** shows the dramatic rise in international maritime cargoes. Larger and deeper-draft ships now ply the seas. Their charting requirements must be more stringent than their shallower-draft ancestors.

To support the increased requirements of the maritime activities within the Americas, safe, useful nautical charts of the coastal regions must be available. The Defense Mapping Agency (DMA) publishes over 300 coastal and 700 harbour and approach charts for the western hemisphere. Figure 96 shows the dependence of the United States on the fine products of other hydrographic charting and surveying agencies. Charts of the United States, published by the National Ocean Survey, are not included here. Most of the direct United States reproductions are of

* The original text of this paper, prepared by J. E. Chubb, Lieutenant Commander, United States Navy, Defense Mapping Agency, appeared as document E/CONF.71/L.2.

** Numbers in parentheses are keyed to the reference list

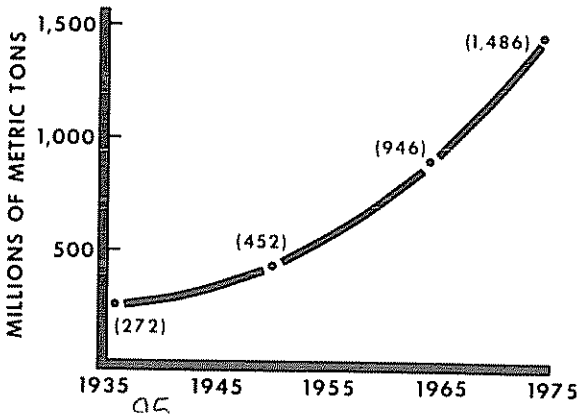


Figure 95. United States of America: international seaborne trade—western hemisphere

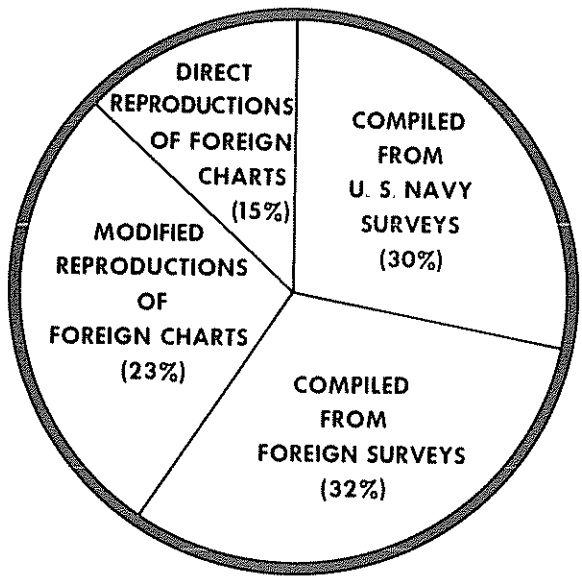


Figure 96. United States of America: sources used by the Defense Mapping Agency in charting the Americas, 1979

Canadian charts owing to the common language of publication. More than 50 per cent of United States charts are either modified reproductions of charts published by Latin American hydrographic agencies or are compiled from foreign surveys. Yet, because of the age of much of the United States hydrographic data, it is estimated that only 36 per cent of the western hemisphere charts adequately meet modern hydrographic criteria for medium- and large-scale navigational purposes.

The United Nations Group of Experts on Hydrographic Surveying and Nautical Charting, convened at the United Nations in December 1977, reported in part that "inadequate hydrographic services can lead to costly delays in resource exploitation and do restrict the growth of maritime trade . . . and there is an urgent need for [developing countries] to assess their current requirements for hydrographic services" (2).

Other very useful recommendations and statistics were provided in the report of the Group.

The weakest link in the DMA charting programme has been lack of coastal hydrographic data that meet modern specifications for horizontal and vertical accuracies, currency, and data density. The Group of Experts found that shortcoming to be common throughout the charting community. To fill those deficiencies, DMA depends on survey data and charts from all other hydrographic services and from surveys by the United States Navy (see fig. 96). Unfortunately, accurate and up-to-date information sources are not available for many stretches of coast.

The United States Navy, responding to DMA tasking, conducts most of its coastal surveys in the waters of co-operating foreign nations. Those surveys are intended to update and otherwise improve navigational charts for deep-draft vessels. The Inter-American Geodetic Survey (IAGS) helps to co-ordinate such activities with those of the host country. Participation by and consultation with host countries are always welcomed. Another important source of modern hydrographic data for Latin American ports is the Harbor Survey Assistance Program (HARSAP), a co-operative effort sponsored by the United States Navy. The ever-growing efforts of Latin American charting agencies have significantly improved the quality of the charting for that important region. Yet we have far to go, as the statistics to be presented below indicate.

Resource constraints imposed on DMA and the United States Navy do not usually permit the intensity of survey effort associated with home-water charting. More intense surveys are usually required for detailed environmental studies, mineral exploitation, small-craft operations, fishing or in-shore pilotage. The achievement of maximum economy in meeting deep-draft navigational needs requires Navy surveys to be planned and conducted on area limits other than the four corners of a chart. To that end, DMA has established the survey "mission area" concept.

To improve the management of the charting programme and its attendant Navy survey activities, DMA conducted an analysis to define in some detail the scope of deep-draft, coastal survey requirements. DMA wishes to share those estimates and hopes the ensuing discussions will promote a better understanding of the relationships between hydrography, maritime trade, navigation safety, mineral exploitation and economic development. The present paper reports the results of the analysis, the assumptions upon which it is based and the methods used.

Mission area

Areas within which adequate coastal hydrographic detail must exist for naval and merchant marine operations are considered to be survey mission areas. DMA criteria for defining navigable waters or mission areas are less stringent than those that would be used for comprehensive domestic surveys. Coastal and transoceanic shipping lanes, ports, harbours and their approaches and areas of potential naval operations are the primary regions being considered. Every attempt is made to minimize the geographical extent of required survey operations consistent with publishing safe nautical charts. For the present analysis, the mission area has been defined to include those navigable coastal waters deeper than six fathoms (11 m) which are readily accessible from the sea and upon which naval and merchant vessels can reasonably expect to operate. Significant ports and their approaches are within the mission area regardless of water depth.

Defining mission area limits

An inner limit of six fathoms was selected as a boundary in-shore of which ocean-going vessels were not likely to operate. Where established shipping routes do cross coastal waters of less than six fathoms, the limit is adjusted shoreward. In all cases the six-fathom inner limit is considered flexible, and the mission area will include known areas of shipping activity. The application of the inner limit for Navy surveys eliminates those very shallow waters where, because of the relatively high variability of the bathymetric relief and limited echo sounder coverage, intense survey would be required for full development. The deeper drafts of today's naval and merchant ships make surveys in such shallow waters economically unjustified. National hydrographic services charged with charting home waters should eventually expand mission area surveys to the shore. In the United States, the National Ocean Survey has adopted an approach similar to the mission area concept. Called a Navigable Area Survey, it extends the survey to the one-fathom (two-m) curve, or within 100 m of the shore, instead of the DMA six-fathom limit.

Extending the concept of mission area offshore, DMA has also chosen to exclude banks and reefs, either shoaler than six fathoms or known to contain numerous detached hazards (e.g., coral heads, wrecks or other obstructions). The boundaries of such areas need to be defined, but the shoals themselves need not be developed. Again, the effort required to completely survey those unnavigable or risky waters is great, while their potential for use is little or none. In summary, coastal waters less than six fathoms deep and offshore foul areas are considered to be non-mission areas.

Survey efficiency can also be increased by limiting the seaward extent of survey operations. Deep offshore waters do not require intense survey efforts nor are they as subject to change. Outer limits of United States Navy coastal surveys have been generally established by DMA to ensure the safety of deep-draft naval and merchant ships, including the largest crude carriers. The traditionally accepted seaward edge of the continental shelf (100 fathoms, or 200 m) is an obvious choice. At that point the outer shelf margin generally breaks abruptly into the continental slope. To provide a safety factor requiring little additional survey effort, the coastal survey effort is extended seaward on to the slope as far as the 300-fathom (550 m) contour. Thus, where the shelf is narrow, great economy can be obtained by terminating the survey at the 300-fathom curve, even if within a few miles of the coast. Maritime interests are better served by directing limited survey resources to areas where hydrographic data are more important to safe navigation. Therefore, the present analysis of coastal survey requirements concentrates on waters between 6 and 300 fathoms and on significant ports and their approaches.

Survey status categories

When analysing survey requirements, four categories of survey status were defined:

(*a*) Non-mission areas, which require no echo sounder surveys to support deep-draft shipping;

(*b*) Areas where DMA survey data and other chart holdings meet specifications for accuracy, currency and density are classified as survey complete, and no further survey effort is required at present;

(*c*) When the survey data or source charts are based on formal surveys that predate the use of echo sounders or precise electronic positioning techniques (usually taken as 1935), are in unstable regions, or contain reported discrepancies, check surveys may be specified;

(*d*) Elsewhere, hydrographic data holdings do not meet current standards, and survey/resurvey is required.

Check surveys are designed to compare the hydrography with our data holdings and are conducted with normal precision but at wider line spacing. Where check surveys do not corroborate our earlier data, resurvey is dictated. DMA criteria for interpreting survey adequacy from chart sources place heavy emphasis on survey age; techniques, if known; sounding density; and the stability of the coastal region. In general, survey data collected without benefit of echo sounders or electronic positioning will require at least check survey. When charted soundings do not display the orderly form associated with formal survey operations, implying the use of random track bathymetry, full survey is usually dictated.

Methods used

The DMA analysis was applied to all coastal regions of the Americas except the United States. A similar study was conducted by the National Ocean Survey for United States coastal waters, and the results are included with our results.

The DMA study first sought to measure the potential survey requirements where United States Navy surveys might be conducted. Coastal charts at scales 1:300,000 and larger (where available), supplemented by large-scale harbour and approach charts were used. Where Navy surveys were not likely, smaller-scale charts (typically 1:500,000 and smaller) were used. Larger-scale charts were consulted but rarely annotated. One limitation to the study was that much of the west coast of Central and South America is charted at relatively small scales, some no larger than 1:900,000.

Coastal areas were studied by individual country. In summary, the analysis included:

(*a*) Selection of appropriate coastal charts;

(*b*) Identification of ports requiring increased survey intensity; adding the necessary harbour and approach charts to the analysis;

(*c*) Delineation of the inner survey limits (usually the six-fathom contour, except near ports);

(*d*) Delineation of the outer survey limit (usually the 300-fathom contour). Often more recent bathymetric data held in the Navy library and the geomorphology of the region would be used to establish the limit;

(*e*) Studies of the potential survey areas in terms of all available hydrographic data. Survey sheets and published charts, foreign and domestic, were used in the evaluation. Survey areas were divided into the four categories—non-mission areas; survey complete; check survey; and full survey/resurvey;

(*f*) Measurement of each survey category area by polar planimeter; and by a scalar transformation geographical areas were computed.

More than 240 individual charts were used to record the analysis of the Americas. Several hundred more

served as references, particularly in the areas of ports and their approaches and as sources of hydrographic data.

Results

The table summarizes by country or region the results of our analysis for the Americas. The statistics for the United States, developed by the National Ocean Survey, are based on different criteria. As statements of the deep-draft, coastal hydrographic data requirements of DMA, the results probably do not include all domestic needs. Other limitations should be recognized. Much of the Canadian Arctic survey requirements represent potentially navigable waters that remain ice-covered much of the year and over which no established shipping routes are known to exist. At the other extreme, the deep, accessible fjords in southern Chile not frequented by shipping have been classified as non-mission areas. Each State should view the statistics of the table in terms of the mission area concept and its own requirements. DMA would welcome inquiries from other hydrographic services regarding more detailed descriptions of the analysis.

It is inevitable that some survey data have been missed or misinterpreted. Yet, the present analysis is the most comprehensive now available for assessing deep-draft hydrographic survey requirements and ought to be useful as a statement of generalized deficiencies.

The results of the analysis are not surprising. About 65 per cent of the coastal waters of the Americas are in need of survey before adequate charts can be produced. Worldwide, the statistics are even more depressing: 75 per cent of the coastal areas were found to be deficient. Viewed in more detail, the findings substantiate those of the International Chamber of Shipping (ICS), which has developed a list of areas requiring hydrographic surveys for shipping needs (3). Prominent on the list (item two) is the Caribbean, particularly through routes including those to and from the Panama Canal. United States statistics for the Nicaraguan Rise and Yucatan Channel routes confirm that charted data for those areas are wholly inadequate. Recent United States Navy survey work has concentrated on both the Pacific and Caribbean approaches to the Canal. Also listed by ICS (item 6 of 12) are the coastal waters of South America and the Pacific coast of Central America.

Coastal survey requirements for deep-draft navigation
(Areas in thousands of square kilometres)

Country/region	*Non-mission area*	*Survey complete*	*Check survey*	*Survey/resurvey*	
Argentina	12 9	41 1	3 4	107 6	
Bahamas	109 0	17 3	0 6	53 4	
Belize	5 2	0 9	0 0	6 5	
Brazil	61 7	794 7	24 8	0 5	
Canada[a]	63 8	911 3	167 7	1 997 5	
Caribbean Banks[b]	0 7	5 5	0 0	35 0	
Chile	44 5	9 5	0 1	238 4	
Colombia	8 1	8 6	19 6	35 7	
Costa Rica	0 8	0 2	3 8	22 1	
Cuba	28 4	41 0	0 0	0 1	
Dominican Republic	0 1	16 7	0 0	0 0	
Ecuador[c]	1 4	52 2	0 6	47 7	
El Salvador	0 7	0 1	0 0	23 4	
Falkland Islands[d]	0 5	0 0	0 3	58 7	
French Guiana	4 9	0 3	0 0	39 4	
Guatemala	0 5	0 0	0 0	19 2	
Guyana	6 1	8 2	0 0	42 0	
Haiti	1 1	0 3	0 0	11 0	
Honduras	1 7	0 5	0 0	69 4	
Jamaica	0 3	28 3	0 0	2 0	
Leeward Islands	0 8	22 6	0 0	20 1	
Mexico	39 4	7 1	0 0	525 5	
Netherlands Antilles[e]	0 0	2 2	0 1	0 7	
Nicaragua	3 8	0 0	0 0	84 0	
Nicaraguan Rise[f]	0 8	0 0	0 0	38 8	
Panama	8 2	18 2	9 9	15 4	
Peru	1 4	1 6	0 0	33 7	
Suriname	5 0	1 0	0 0	65 5	
Trinidad and Tobago	0 8	17 2	0 0	6 6	
United States[g]					
(Less Alaska)[g]	0 0	655 4	395 5	387 9	
(Alaska)	0 0	265 5	0 0	1 459 8	
Uruguay	7 0	31 3	0 0	44 4	
Venezuela	17 8	8 5	65 5	43 2	
Windward Islands	0 5	2 0	0 0	8 2	
Windward Passage[f]	0 8	3 8	0 0	4 8	
Yucatan Channel[f]	0 0	0 0	0 0	76 8	
Total	438 7	2 973 1	691 9	5 625 0	9 728 7
	4 per cent	31 per cent	7 per cent	58 per cent	

[a] Less the Great Lakes.
[b] Offshore islands and banks not reported elsewhere
[c] Including Galapagos Islands.
[d] Water within the 100 fathom (183 m) curve
[e] St. Martin reported with Leeward Islands.
[f] Offshore transit routes through potentially hazardous areas.
[g] Domestic requirements (all vessel types). Developed by National Ocean Survey, NOAA.

The present analysis has shown that the application of the mission area concept permits survey efforts to be concentrated in areas of maximum need and thereby to dramatically increase the rate of survey coverage. An unexpected result has indicated that significant amounts of available Latin American survey data, much of it already published by other agencies, are not yet shown on DMA charts, or in some cases are shown inconsistently, on overlapping charts at different scales. A major programme to make maximum use of that valuable data has begun.

One positive aspect of the findings, if one can be found, relates to the vast resources—maritime, mineral and fishery—that remain unexploited because of our general ignorance of the coastal environment. Effective management of the coastal zone begins with a thorough knowledge of its parameters. Rear-Admiral Kapoor, Director of the International Hydrographic Organization (IHO), has repeatedly and eloquently stressed the need for all coastal States, particularly those trying to develop their economies, to establish or strengthen their hydrographic services. The report of the Group of Experts (2) contains sound guidance on that subject.

Conclusions drawn from the study can be summarized as follows:

(*a*) The majority of United States coastal waters require formal survey attention, much of it to replace sparse sounding data collected in the nineteenth century.

(*b*) The establishment of viable hydrographic agencies continues to be an international concern. Only through co-operation can available survey assets be employed in the areas of greatest need. Ideally, the science of hydrographic surveying should be free of political restraints. The United Nations, the International Hydrographic Organization and the Inter-American Geodetic Survey aim at this objective.

(*c*) All navigation charts should be used with prudence and scepticism. This is particularly true when sources predating 1935 are cited.

(*d*) The survey rate of present and future hydrographic platforms must be substantially increased. Technology offers some bright prospects, particularly for those coastal States planning to establish or enlarge their survey capabilities.

Technology and the marine surveyor

Technology offers the greatest probable means of increasing the amount of hydrography to be collected. The increase is expected to result from advances in the rate and efficiency of survey operations. The application of technology to the coastal survey problem can be seen in three perspectives:

(*a*) The use of modern survey equipment, such as digital data collection and reduction, highly portable precision electronic positioning equipment, side-scan sonars and photobathymetry techniques. All of these, as well as other modern survey developments, have proved effective in increasing survey efficiency.

(*b*) The successful testing and evaluation of new equipment and techniques like high-gain, multispectral LANDSAT imagery, and a swath sounding system. These and other systems are undergoing studies in the United States. LANDSAT exploitation has been the subject of IAGS activities since 1972.

(*c*) The introduction of equipment now in development, including the Global Positioning System, hybrid passive-active multispectral-laser sounders attached to helicopters or aeroplanes, and long-range side-scan sonars. These future systems will permit the development of moderately priced, compact and portable survey systems that do not require large ocean-going ships or expensive shore-based electronic navigation transmitter sites. Launches may replace most of the coastal survey ships. The Global Positioning System may replace all other positioning systems except during the largest-scale surveys, where equally simple, short-range electronic systems exist. Those simple and, it is hoped, inexpensive, survey systems and smaller vessels should permit small hydrographic agencies to conduct state-of-the-art surveys.

States with well developed hydrographic services have traditionally shared in the development of survey equipments and, in keeping with the IHO and United Nations positions, are generally willing to make available counsel and training for those wishing to establish or enlarge their hydrographic survey capability. The IAGS Cartographic School in the Canal Zone provides, in the Spanish language, training in hydrographic surveys and nautical chart construction. A similar training programme in English is offered by the United States Navy in the United States. HARSAP will continue to provide technical assistance in establishing hydrographic operations.

Conclusion

The analysis of coastal survey requirements reported here may not offer surprising results or easy solutions to survey shortcomings. However, the findings reflect a consistent approach at defining survey requirements and offer a comprehensive look at deficiencies. International co-operation and increased hydrographic survey capacity offer the only real hopes of improving navigational charts, and with them the management of maritime and coastal resources.

References

1 Statistical Yearbook, 1971 *and* Statistical Yearbook, 1975 (United Nations publications, Sales Nos E/F 72 XVII 1 and E/F 76 XVII 1)

2 Second United Nations Regional Cartographic Conference for the Americas, Mexico City, 3–14 September 1979, vol I, *Report of the Conference* (United Nations publication, Sales No E 81 I 4), annex IV

3 Status of Nautical Charting, International Hydrographic Organization, circular letter 22/1978, 18 October 1978 (Monte Carlo, Monaco)

A REVIEW OF THE BATHYMETRIC SWATH SURVEY SYSTEM*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

L'apparition au cours des dernières années de gros navires ayant un tirant d'eau avoisinant les 30 mètres a considérablement modifié les besoins des Etats-Unis d'Amérique en matière de cartes marines. Auparavant, les levés des accès portuaires étaient suffisamment détaillés pour signaler les dangers jusqu'à l'isobathe 20 mètres. Du fait de la mise en service de nouveaux navires commerciaux plus gros, il faut maintenant localiser sur les cartes des chenaux, des accès portuaires et des passages maritimes tous les accidents et les obstacles jusqu'à une profondeur de 30 mètres. C'est précisément ce que permet de faire le système de levé bathymétrique par multifaisceaux acoustiques (BS^3) décrit ci-dessous.

Le système BS^3 utilise un faisceau de 21 rayons acoustiques disposés longitudinalement en éventail sous le navire hydrographique et couvrant une largeur égale à 2,6 fois la profondeur sondée. Outre les sondages acoustiques verticaux habituels, les sondages obliques sont également enregistrés et traités en temps réel de façon à donner les isobathes des zones dont la profondeur est inférieure à la profondeur verticale. Le système BS^3 comprend un ordinateur qui combine en temps réel les sondages, les données nautiques, les données de télémesure en temps réel des marées et les mouvements du navire de façon à produire sous forme de graphiques et sur bande magnétique de données des sondages corrigés. La mise au point du système a débuté en juillet 1976 et s'est achevée en septembre 1977. On procède actuellement à une évaluation des résultats et à une analyse des données obtenues au cours d'essais préliminaires sur le terrain réalisés à l'aide d'une vedette de la Marine nationale et récemment conclus à bord du navire hydrographique *Davidson* de l'Administration nationale pour les océans et l'espace (NOAA). Tout laisse à penser que le système sera bientôt agréé en tant que système opérationnel de cartographie marine et équipera l'ensemble des navires hydrographiques de la NOAA.

RESUMEN

La aparición en años recientes de grandes buques de calados de cerca de 30 metros tiene un efecto grave sobre las necesidades cartográficas de los Estados Unidos. Anteriormente se realizaban levantamientos detallados de los accesos a los puertos suficientes para definir peligros dentro de un contorno de 20 metros. Los nuevos grandes buques comerciales requieren ahora relevamientos para asegurar que se ubiquen en los canales, accesos a los puertos y pistas marítimas todos los peligros y obstrucciones hasta 30 metros de profundidad. Un sistema de relevamiento batimétrico de haz múltiple de corredor (BS^3) descrito aquí tiene posibilidades de satisfacer esas nuevas necesidades.

El BS^3 emplea un conjunto dispuesto en forma de abanico vertical de 21 haces acústicos que barren un corredor debajo del buque de reconocimiento de un ancho igual a 2,6 veces la profundidad sondeada. Además del sondeo acústico vertical habitual, los sondeos acústicos oblicuos se registran y procesan en tiempo real para mostrar los contornos de los accidentes del fondo que se encuentran más cerca de la superficie que la profundidad vertical. Una computadora es parte del BS^3 y utiliza un sistema de operación en tiempo real para combinar los sondeos, los datos de navegación, las mareas telemedidas en tiempo real y el movimiento del buque para producir sondeos correctos gráficamente y en cinta de datos magnética. El desarrollo del sistema comenzó en julio de 1976 y fue entregado en septiembre de 1977. Las pruebas sobre el terreno preliminares en una lancha del Gobierno y terminadas recientemente a bordo del buque de reconocimiento *Davidson* de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica se están ahora evaluando y los datos se están analizando. Las indicaciones son que el sistema será pronto certificado y entregado a la flota de reconocimiento de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica como sistema de levantamiento cartográfico marítimo operacional.

In recent years very large crude-carrying (VLCC) tankers have appeared. A typical ship of that class carries over 600,000 m^3 of crude oil and weighs in excess of 500,000 DWT. It is over 400 m long, 70 wide, and has a full loaded draft of nearly 30 m. Several kilometres are required to turn or stop a loaded ship of that size. It is apparent that detailed charting of survey depths in harbour approaches and VLCC sea lanes is now needed beyond the 30 m contour. Existing conventional survey techniques are not adequate to accomplish that task economically. The National Ocean Survey of the United States Department of Commerce has recently developed and successfully tested a multibeam vertical sonar system with which it hopes to meet the new nautical chart surveying needs. The system has been named the Bathymetric Swath Survey System (BS^3).

Description

The multibeam system consists of a 21-beam vertical array of sonar projectors and receivers. The units are arranged in a suitable hull-mounted transducer assembly so that, in operation, they insonify a 150° fan-shaped swath normal to the survey vessel's forward motion (see fig. 97). The geometry of the system permits continuous acoustic bottom coverage of a strip equal in width to 2.6 times the sounded depth. This is equivalent to five or six times the bottom coverage of the usual single narrow-beam acoustic sounder. The table lists some of the technical characteristics of the BS^3.

* The original text of this paper, prepared by Edwin K. McCaffrey, Deputy Associate Director, Office of Marine Technology, National Ocean Survey, appeared as document E/CONF.71/L.3

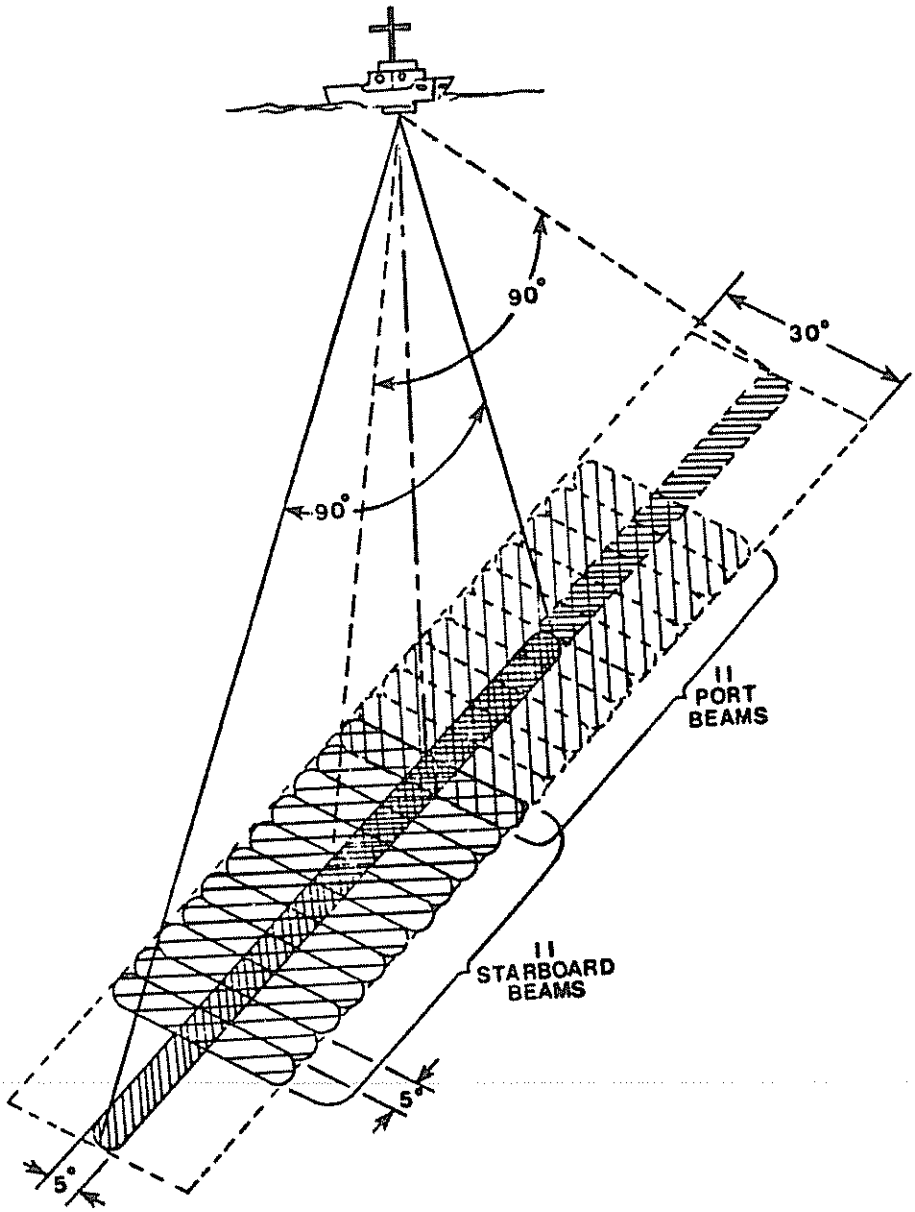


Figure 1

BS^3 Geometry

Figure 97. United States of America: Bathymetric Swath Survey System (BS^3)

Selected specifications of the Bathymetric Swath Survey System

Operating frequency	36 kHz
Sonar range	3 - 610 m (vertical) 1 200 m (slant range)
Power output	180 W
Power requirements	200 W, 115 V, 50-60 Hz
Ping rate	10-0 5 Hz as depth increases
Pulse length	0.5, 1, 2 and 5 ms
Number of formed beams	21
Depth accuracy	±0 3 m or ½ per cent of depth
Vertical range scale	25, 50, 100, 200, 400 and 800 m (feet also available)
Horizontal range scale	50, 100, 200, 400, 800 and 1 600 m

A cross fan-beam technique is used in the BS³. Two identical projector-hydrophone arrays, one port and one starboard, make up the 36-kHz transducer. Each projector produces a 5° × 90° fan beam, with the broad axis of the beam perpendicular to the ship's track. The hydrophones receive the returned signals, which are delayed and summed to form 11 adjacent 5° × 30° listening cones whose major axis lies perpendicular to that of the projector fan beams. The receiving fan beams intersect the projected fan beams in 11 adjacent 5° squares along the insonified bottom area. On a flat bottom, in 30 m of water, a 5° square is equivalent to a coverage of 2.6 × 2.6 m for the vertical beam and 2.6 × 5.3 m for the outermost beam. The system time-shares the port and starboard arrays, alternately making 11 simultaneous slant-range measurements. A one-beam overlap of the two arrays produces a 21-beam system giving a cross-track coverage of approximately 2.6 times depth along a 5° × 105° strip perpendicular to the ship's track. Figure 97 illustrates the geometry of the technique.

The swath survey system is designed to be a real-time tool for the chart surveyor. All data are recorded in real time on magnetic tape; a powerful mini-computer is incorporated into the system to merge and process incoming data into the real-time graphics necessary to complete the survey. Those graphics are produced on two plotters. The slower line plotter depicts track plots in *X-Y* co-ordinates, at a selected scale, showing the survey vessel's track and the corresponding left and right limits of the total acoustic swath covered. Simultaneously, on the faster electrostatic plotter a real-time sounding plot displays corrected vertical soundings plus contoured relief of features shoaler than the vertical soundings detected by the other 21 beams.

Other peripheral sensor inputs necessary to assure that the system operates in real time include interfaces with an appropriate radio-navigation system, with an onboard heave-roll-pitch sensor, and with a shore-based radio-telemetered tide-measuring system. In the absence of active telemetering tide stations provision is made in the system to accept tabular values of predicted tides for the survey area. The operator can be interfaced with the system, making it possible to make various diagnostic inquiries and commands such as scale changes, helmsman orders and sea-water sound velocity values to correct acoustic soundings.

Support of all such ongoing activities requires a real-time software package to manage the data acquisition and create the necessary graphical displays and control orders to the various sensors.

Data management, processing and display is accomplished by the PDP 11/34, a 16-bit computer produced by Digital Equipment Corporation. The basic unit, operating in conjunction with the DEC RT-11 real-time operating system, manages the software and data processing resident in the computer's 64K words of memory. An additional 512K bytes can be stored by an attached dual "floppy disk" drive. The survey data from all sensor systems are recorded on nine-track standard magnetic tapes at a rate of 800 BPI. A smaller complementary four-track tape cartridge system logs operator inputs and summary survey information.

The computer and data display are interfaced with the data acquisition sensors using the CAMAC standard. The United States National Bureau of Standards and the Institute of Electronics and Electrical Engineers (IEEE) have defined the interface standards and data protocols for the CAMAC dataway bus and interfacing modules. Use of CAMAC permits interfacing with a variety of sensors, ranging from 24 bit, parallel I/O up to 9,600 baud, serial I/O, digital or analog. The CAMAC modular design enables the computer to address selected sensors, as required, and as if they were already in computer memory.

Consideration of the 21 sonar beams formed (see fig. 97) shows the need to compensate for the effects of vessel motion on acoustic soundings. It is apparent that the two projected signals are most affected by vessel pitch, whereas roll is the major contributor to depth errors in the 21 received beams. Additionally, the ship's vertical motion (heave) during survey operations may introduce an error approaching ±2 into all 21 recorded soundings. To solve the problem, a heave-roll-pitch sensor (HRP) is an important part of the BS³. The HRP unit is placed near the survey ship's centre of motion. It measures accelerations and angular motions in the *X*, *Y* and *Z* directions utilizing linear accelerometers and a long (120-sec) period pendulum. The sensor output is periodically sampled and integrated by an attached microprocessor, in order to produce digital HRP information for the BS³ computer. The data rate for HRP is equivalent to the sounding interval; that is, it produces a real-time estimator of the heave, roll and pitch at the time of each sounding. The sampling and integration rate produces HRP data points, which lag behind the real-time values by approximately 0.5 sec. The approximated real-time value produces an angular error of ±0.2° or a heave error of ±6 per cent of the true heave value. That approximation is suitable for determining the initial real-time sounding corrector and may be further reduced by later processing and merging of the tape-recorded data.

As currently configured, the BS³ is designed for interfacing with the usual short-range or medium-range radio positioning systems in use today. It has been successfully interfaced with range-range line of sight electronic systems such as the Trisponder or Mini Ranger (9.3-9.5 GHz frequency) and the medium-range hyperbolic Raydist system (1.6-3.3 MHz). The operational software contains navigational routines to provide the following real-time position and navigating functions: compute vessel position in real time once per second using as input the digitized range-range or hyperbolic radio navigation data inputs. The co-ordinate system for vessel position computation is a metric *X-Y*, north-oriented system with the origin at the extreme south-west limit of the survey to ensure that all *X-Y*s are positive. That computation will include the posi-

tion of the vertical acoustic sounding plus the corresponding *X-Y* co-ordinates of the outermost usable bottom returns from both port and starboard. Computations resolve ship speed, position, gyro compass heading, HRP data and sonar slant range soundings. Computation accuracies are ±0.1 m. The output of the routine is displayed on the slower pen plotter as the vessel position track and corresponding limits of surveyed track. There is also the capability in software to navigate the ship along predetermined survey tracks. The offset of the ship's current position from the required line is computed, and left or right steering commands are transmitted to a visual display unit mounted in front of the helmsman.

The survey system is configured to provide continuously zoned tide correctors at the sounding position based on inputs of real time (telemetered) or predicted tidal heights, from up to three tide station locations adjacent to the survey area. Real-time software provides those tidal corrections to a computational accuracy of 3 cm. Continuous tidal corrections are determined by computing a weighted average of the several tidal heights, based on the vessel's distance from the tidal reference points.

Manual data inputs are provided for transducer draft corrections, transducer offset from centre of motion and sea-water sound velocity values for up to six layers from the surface to the 610-m operating depth. Sound velocity input must be known to within 2 m/sec of the correct value. That value can be determined by traditional methods on a daily basis, and the values entered in BS³. Velocity variations can be monitored, using expendable probes to measure directly sea-water temperature, density, or even sound velocity as a function of depth. Appropriate software routines in the BS³ computer utilize that sound velocity input to provide corrections to the acoustic soundings. Accurate knowledge of sound velocity variation is more critical for multibeam acoustic arrays, owing to the effect of ray-bending on acoustic slant ranges.

The computer subsystem and associated software suite are the heart of the system required to accomplish all the above-mentioned operations. During actual survey operations, it is dedicated full time to executing programs and managing the data flow required to support real-time operations. When survey operations are not being conducted, the computer system is available to perform reduction and processing of earlier acquired survey data and to perform auxiliary tasks needed to support survey operations.

Procurement of the system was begun in late 1976 with the General Instrument Corporation of Harris Laboratories, Westwood, Massachusetts, as the principal contractor supplying the hardware components of the sonar system and associated processor. Software development to support the real-time output of the system and to supply the peripheral sensors and equipment was a joint government contractual effort. The integrated hardware system, exclusive of tide measuring, HRP and navigation peripherals, was delivered in September 1977. Acceptance tests were begun at the time and continued through December 1977, with the system installed on an 18-m government survey launch, the *Laidly*, based at Norfolk, Virginia. The sea tests demonstrated the feasibility of real-time output from a swath survey system. Interfacing of the telemetered tide-measuring system and various short- and medium-range radio navigation systems with the BS³ processor was also demonstrated at that time. Soundings to more than 1,100 m—nearly twice the design goal of BS³—with dramatic graphic contour changes, were obtained for the submarine features of the Norfolk Canyon in the Atlantic Ocean east of Chesapeake Bay, Virginia.

As is typical in development projects of this type, many software problems were located and corrected. For future expansion of the system, an additional 32K bytes were added to the existing computer memory—a 100 per cent expansion. In addition, experience acquired in the initial test program showed that the operating routines and memory management resident in the computer (DEC PDP 11/34) were inefficient, requiring extensive disk program overlay techniques. To alleviate the problem, it was decided to use the most recent version of the DEC real-time operating system, the RT-11, version III. Adoption of the system required considerable conversion of existing programs which had been written to operate with the version-II system. The program conversion was done as a contract extension by the General Instrument Corporation, with consultant support by representatives of the computer manufacturer, and was successfully completed by the end of April 1978.

In the early months of 1978, the prototype BS³ was removed from *Laidly* and transported to Seattle, Washington, for permanent installation on the NOAA survey ship *Davidson* (57 LOA, 950 tons). That installation, including permanent hull mounting of the transducer assembly, was completed by February 1978. In the ensuing months of March through May, extensive operational field trials of BS³ were conducted on *Davidson* by the ship's operational personnel in Puget Sound, Washington. Statistical repeat trials were run in the same area in November/December 1978. The heave-roll-pitch system was successfully integrated into the real-time system, and comparison surveys were conducted using both the BS³ and a conventional single-beam acoustic sounding system in a pre-defined survey test area. The data from those comparison surveys are at present being evaluated by charting experts of the NOAA National Ocean Survey at Seattle, Washington. While a detailed quantitative assessment is not yet available, preliminary indications are that the BS³ is a success. Test objectives were met, and acceptance of the system by field operating personnel was enthusiastic.

Future test objectives for the BS³ aboard *Davidson* include operating with it under a variety of environmental conditions. The ship will deploy BS³ outside the relatively benign conditions of Puget Sound, into the north-east Pacific and Alaskan waters. Statistical analysis of selected test data will seek to determine the error balance which may be expected from oblique beams in the swath array. Present plans for the use of BS³ data envision using only the vertical soundings for quantitative charting. At present, data from the 20 oblique beams are used to display by use of graphic contours (fig. 98) only those underwater features shoaler than soundings on the vertical profile. System specifications are for accuracies of ±0.5 per cent, not to exceed 0.3 m, for vertical BS³ acoustic soundings. That accuracy degrades to about ±5 per cent for soundings obtained by reducing slant ranges of the outer beams. By statistical analysis of repetitive soundings of several beams over a known depth, it is hoped that error bounds for the oblique beams in the array can be developed. As confidence limits in those error bounds increase with experience, it is hoped that soundings obtained by certain outer beams in the array may also be quantified and retained for charting use.

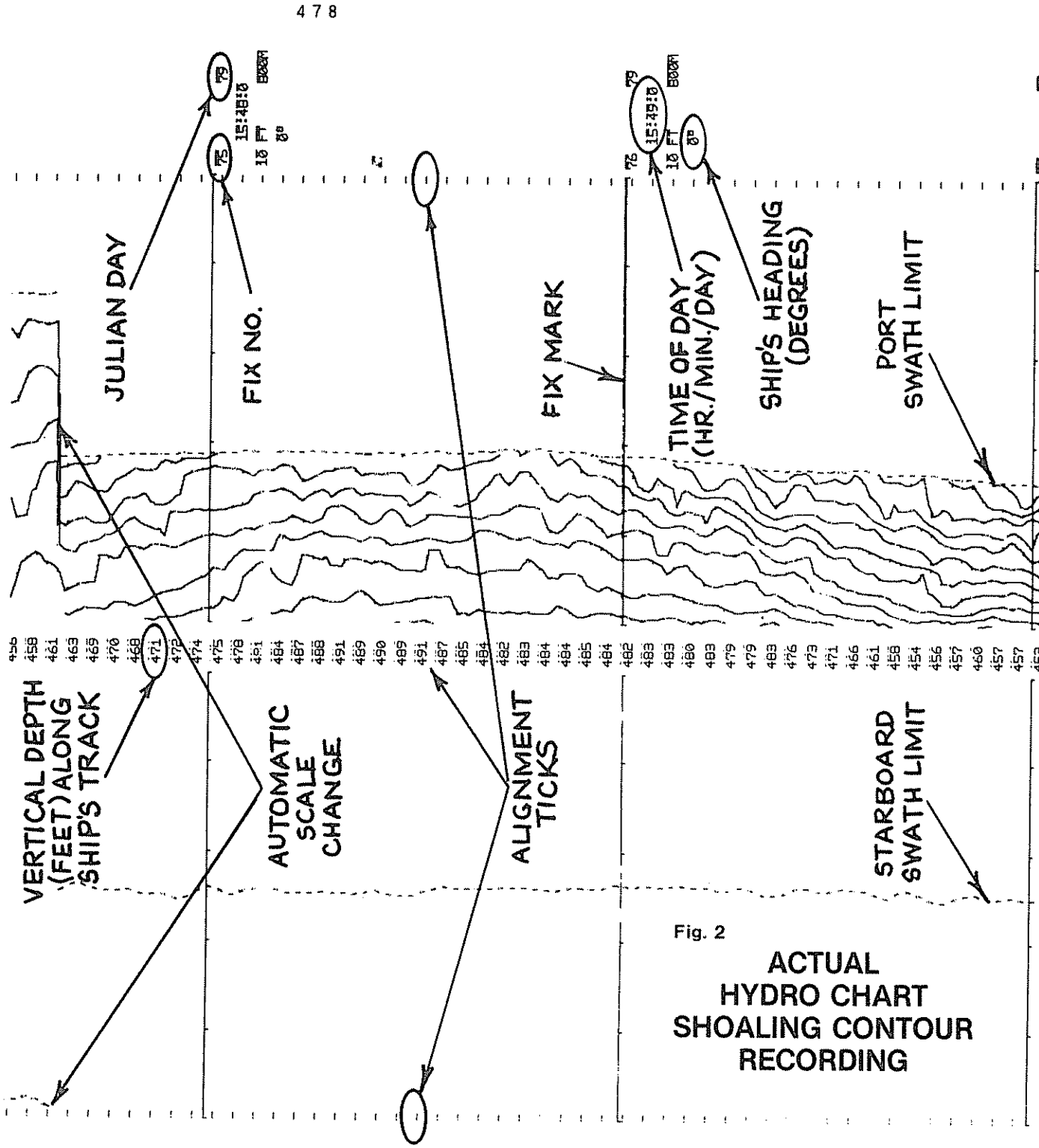


Figure 98. United States of America: actual hydro chart shoaling contour recording

As currently configured, the BS³ system is physically large. The sonar processor, computer, interface modules, plotters, operator keyboard and so on, occupy approximately 10 m³ of space in the *Davidson* plotting room. The transducer and HPR sensor weigh 250 kg and 100 kg, respectively, and require permanent mounting in the hull of the ship. The 18-m *Laidly* represents about the smallest-size survey launch that can accommodate the present BS³. However, a major amount of NOS nautical charting activity is conducted by survey launches approximately half the size of the *Laidly*. Future considerations for multibeam survey systems include retaining present BS³ data design specifications but packaged to be more readily transportable aboard the standard size NOS hydrographic surveying launch. An economic analysis of United States sea-lanes and harbor approaches is also under way to determine those areas where the charting potential of the BS³ can be best exploited. It is envisioned that multibeam survey techniques can be combined in selected areas with conventional acoustic and photogrammetric systems to produce a more cost-effective survey than is at present available.

AIRBORNE LASER HYDROGRAPHY*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

Le bathymètre à laser aéroporté est un système de laser à impulsions fonctionnant par balayage, qui mesure la profondeur de l'eau. Une partie de l'énergie dégagée par chacune des impulsions du laser est réfléchie par la surface de la mer et une autre partie par le fond de la mer, la deuxième réflexion étant en retard sur la première. La différence entre le temps d'arrivée au récepteur des deux réflexions est proportionnelle à la profondeur.

Le système doit pouvoir absorber des données répondant aux normes internationales d'exactitude : 0,3 m d'erreur pour les profondeurs allant de 0 à 20 m et 1 m d'erreur pour les profondeurs allant de 20 à 100 m. On détermine l'exactitude de la bathymétrie par laser dans le cadre d'un double programme théorique et expérimental, la partie expérimentale visant à mesurer l'effet propre des paramètres au système et à l'environnement, et la partie théorique à expliquer le comportement observé. On dispose de résultats préliminaires de ces programmes. Un levé par sonar de la zone d'essai a été utilisé pour donner approximativement la profondeur réelle; les profils de profondeur obtenus par laser et par sonar coïncident avec l'erreur quadratique moyenne de plus ou moins 7 cm. Pour déterminer la perpétabilité, on a comparé deux profils de bathymétrie laser sur une même ligne de vol, et ces profils coïncidaient avec une erreur quadratique moyenne de plus ou moins 15 cm. Etant donné l'inclinaison du fond, cette erreur équivaut à celle qui est causée par l'incertitude de la position.

La capacité de pénétration est définie selon un coefficient d'extinction du système, αD, où α est le coefficient d'atténuation du rayon et D est la profondeur. On a démontré des coefficients d'extinction de 10 à 15. En extrapolant à partir de la capacité αD démontrée, on estime pouvoir réaliser un objectif de $\alpha D = 20$. Les études indiquent qu'un système laser doté d'un coefficient d'extinction de cet ordre permet d'établir des levés pour une superficie importante. Par exemple, les parties du golfe du Mexique, où des profondeurs sont égales ou supérieures à 30 m, pourraient être étudiées et on pourrait couvrir la totalité du détroit de Nantucket.

RESUMEN

El batímetro de láser aéreo es un sistema de láser pulsante de haz de barrido que mide la profundidad del agua. Parte de la energía de cada pulsación de láser se refleja en la superficie del mar y parte en el fondo, y la reflexión en el fondo ocurre más tarde. La diferencia entre el tiempo de llegada al receptor del sistema de las dos reflexiones es proporcional a la profundidad.

El sistema debe poder adquirir datos que satisfagan normas internacionales de exactitud: 0,3 metros de error en profundidades de 0 a 20 metros, y un metro de error en profundidades de 20 a 100 metros. La exactitud de la batimetría de láser se está determinando mediante un programa teórico/experimental. El programa experimental está destinado a medir el efecto de los parámetros del sistema y ambientales. El programa teórico está destinado a explicar la conducta observada. Se dispone de resultados preliminares de estos programas. Una medición con sonar de las profundidades en la zona de ensayo se utilizó como aproximación de la profundidad verdadera; los perfiles de profundidad de láser y de sonar difirieron en menos de 7 cm RMS. Para determinar la repetibilidad, se compararon dos perfiles de batimetría de láser a lo largo de una línea de vuelo y se encontró que diferían en menos de 15 cm RMS. Teniendo en cuenta la pendiente del fondo de este error es compatible con el causado por la incertidumbre de la posición.

La capacidad de penetración se define en términos del coeficiente de extinción del sistema αD en que α es el coeficiente de atenuación del haz y D es la profundidad. Se han demostrado coeficientes de extinción de entre 10 y 15. Sobre la base de una extrapolación a partir de la capacidad αD demostrada se consideró que $\alpha D = 20$ es un objetivo que se puede lograr. Los estudios indican que puede reconocerse una superficie significativa con un sistema de láser con ese coeficiente de extinción. Por ejemplo, deben poderse lograr profundidades de hasta 30 metros en el Golfo de México y se espera que pueda reconocerse todo el Estrecho de Nantucket.

La motivación para tener en cuenta la batimetría de láser son las posibilidades de un aumento económico de la producción de datos batimétricos. Se calcula mediante análisis que los costos de los relevamientos con láser son la octava parte del de los relevamientos por sonar. Pueden lograrse también ahorros concomitantes en mano de obra y tiempo. A elevadas tasas anuales de relevamiento pue-

* The original text of this paper, prepared by D. B. Enabnit, Development Engineer, National Ocean Survey, and C. D. R. Van K. Nield, United States Navy, Development Project Officer, Defense Mapping Agency, appeared as document E/CONF.71/L.4

La raison d'envisager l'emploi de la bathymétrie par laser est que ce système offre la possibilité d'augmenter à moindre frais la production de données bathymétriques. On estime, d'après les analyses, que les dépenses d'établissement de levés par laser représentent le huitième de ce que coûte l'établissement de levés par sonar. Cela sans parler des économies de main-d'œuvre et de temps que le système permet également de réaliser. Si on établit un grand nombre de levés dans l'année, les économies peuvent être considérables.

La Defense Mapping Agency (DMA) des Etats-Unis d'Amérique a conclu qu'un système de laser à balayage installé à bord d'un hélicoptère pourrait être intégré dans une opération de levés par aéronef-vedette-navire, l'hélicoptère assurant la relève des petites vedettes et de leurs laborieuses opérations près des côtes. Un tel système peut augmenter la collecte de données de 30 à 40 p. 100 sans augmenter le coût du temps d'utilisation du navire. Le système de la DMA sera petit, léger, robuste et sobre quant à la consommation d'énergie. A une vitesse de 50 m/s et à une altitude de 150 m, une impulsion laser de 400 hz et un angle de balayage de 600 mrad à la verticale permettront de rassembler les données dans des conditions optimales. Le système doit être capable de détecter un signal de fond à des profondeurs d'au moins 20 mètres dans les eaux côtières typiques des latitudes moyennes. L'exactitude des mesures de profondeur répondra aux normes du Bureau hydrographique international (BHI). Le positionnement horizontal, assuré initialement par les aides à la radio-navigation normaux et ultérieurement par le système mondial de positionnement par satellite, doit également répondre aux conditions d'exactitude du BHI. L'ordinateur installé à bord de l'avion aura une capacité suffisante pour exploiter les données au rythme rapide auquel les fournit l'impulsion laser retour, ainsi que les informations concernant l'orientation et la position, et sera compatible avec le système d'ordinateur du navire et de la vedette pour ce qui est du traitement des données.

On trouvera ci-après une description de la configuration prévue pour le système :

1. *Emetteur laser.*—Emetteur laser en yttrium enduit de neodymium—aluminium—grenat; puissance optimale adaptée au rapport taille/poids; produit une longueur d'ondes de 530 nm, excellente pour pénétrer la plupart des eaux côtières; crête de la production d'énergie; 350 kW; durée de l'impulsion inférieure à 10 nsec.

2. *Analyseur.*—Miroir oscillant à vitesse de rotation constante; un balayage elliptique permet de rassembler les données voulues et de suivre l'assiette de l'avion et la surface de la mer.

3. *Récepteur.*—L'impulsion laser retour est réfléchie par le miroir vers un téléscope; le champ de vue du récepteur est contrôlable entre 0 et 30 mrad; l'impulsion sera dirigée par le téléscope, par l'intermédiaire d'un relais optique, vers une lampe photomultiplicatrice.

4. *Appareil de prétraitement.*—Numérisation des résultats obtenus par le photomultiplicateur; stockage des signaux du photomultiplicateur à intervalles distincts dans un dispositif semi-conducteur; rappels à un rythme plus lent et enregistrement du signal sur une longueur d'onde plus basse.

5. *Détermination de l'orientation.*—La direction du rayon laser est enregistrée par un encodeur de position de l'axe du miroir; l'assiette de l'avion est obtenue en calcu-

den lograrse ahorros que pueden llegar a ser significativos.

El Organismo Cartográfico de Defensa de los Estados Unidos ha llegado a la conclusión de que un sistema de láser de barrido instalado en un helicóptero puede integrarse en una operación de reconocimiento utilizando una aeronave, una lancha y un buque de manera que el helicóptero pueda ahorrar a las pequeñas lanchas trabajos en tierra que requieren mucho tiempo. Ese sistema puede aumentar entre 30 y 40% la reunión de datos sin ningún aumento del tiempo durante el que debe operarse el buque. El sistema del organismo Cartográfico de Defensa será pequeño, liviano y resistente y sus necesidades de energía serán mínimas. A una velocidad de 50 metros por segundo y una altura de 150 metros, una frecuencia de pulsaciones de láser de 400 hz y un ángulo de barrido de 624 mrad a partir de la vertical optimizarán la reunión de datos. El sistema debe poder detectar una señal del fondo a profundidades de por lo menos 20 metros en aguas costeras típicas de latitud media. La exactitud de la profundidad se ajustará a las normas de la Oficina Hidrográfica Internacional. La determinación de la posición horizontal, realizada inicialmente mediante ayudas de radionavegación típicas y más tarde mediante el Sistema Global de Determinación de la Posición mediante satélites, también debe cumplir con los requisitos de exactitud de la Oficina Hidrográfica Internacional. La computadora a bordo de la aeronave tendrá capacidad suficiente para absorber la elevada densidad de datos de las pulsaciones de láser de retorno y de la información sobre orientación y posición, y será compatible con los sistemas de computadora del buque/lancha para la elaboración de datos.

Se da a continuación la descripción de la configuración esperada del sistema:

1. *Transmisor de láser.* Láser de itrio corregido con neodimio—aluminio—granate; relación favorable de potencia con tamaño y peso; produce una longitud de onda de 530 nm, excelente para la penetración de la mayoría de las aguas costeras; potencia máxima de 350 kW; longitud de pulsación < 10 nsec.

2. *Barredora.* Espejo nutatorio con una velocidad de rotación constante; el barrido elíptico suministra la cobertura de datos necesaria y un medio de rastrear la altitud de la aeronave y la superficie del mar.

3. *Receptor.* La pulsación del láser que retorna se refleja en el espejo nutatorio hacia un telescopio; el campo de visión del receptor es controlable entre 0 y 30 mrad; el telescopio dirigirá el pulso a través de una demora óptica hacia un tubo fotomultiplicador.

4. *Preelaborador.* Digitalización de la salida del fotomultiplicador; almacena la señal del tubo fotomultiplicador a intervalos de reloj discretos en un mecanismo semiconductor; recupera a una frecuencia de reloj inferior y a una longitud de onda inferior la señal registrada.

5. *Observación de la orientación.* La dirección del haz de láser es registrada por el codificador del eje del espejo; la altitud de la aeronave se obtiene analizando la distancia en línea recta hasta la superficie; la dirección se obtiene del sistema de referencia de la aeronave.

6. *Determinación de la posición horizontal.* Inicialmente el mismo tipo de ayuda de radionavegación utilizado para las operaciones de buques; utilizará el Sistema Global de Determinación de la Posición NAVSTAR cuando funcione.

lant les variations de l'angle d'inclinaison par rapport à la surface; la direction de vol est déterminée par le système de référence de l'avion.

6. *Positionnement horizontal.*—Initialement, le même type d'aide à la radionavigation utilisé pour l'opération menée par bateau; on utilisera le système mondial de positionnement NAVSTAR (GPS) lorsque celui-ci sera opérationnel.

7. *Horloge.*—Sert à produire les marques ou les éclairs stroboscopiques de chronométrage; enregistrera l'intervalle entre l'impulsion émise et la première impulsion retour.

8. *Enregistreur.*—Enregistreur sur bandes numériques.

9. *Ordinateur.*—Assurera les opérations d'arithmétique et d'acquisition des données; la première opération arithmétique est d'identifier les impulsions retour de la surface et du fond de la mer grâce à un algorithme centroïde et de calculer le décalage temporel entre elles; fournira au pilote et à l'opérateur des données de navigation; assurera la réduction des données après le vol; il s'agira probablement d'un mini-ordinateur à grande vitesse.

On prévoit que le système opérationnel sera livré vers le début 1982.

7. *Reloj* Producirá rótulos cronológicos, selección cronológica de señales, registrará el intervalo transcurrido entre la pulsación transmitida y la pulsación de retorno inicial.

8. *Grabadora.* Grabadora de cinta digital

9. *Computadora.* Realizará funciones aritméticas y de adquisición de datos; la tarea aritmética primaria de identificar los pulsos de retorno de la superficie y del fondo por medio de un algoritmo centroide y calculará la diferencia de tiempo entre ellos; suministrará información sobre la navegación al piloto y al operador; realizará la reducción de datos posterior al vuelo; probablemente una minicomputadora de alta velocidad.

Se espera que el sistema operacional se entregue a comienzos de 1982.

Introduction

Airborne laser hydrography is an emerging technology which has the potential of performing large numbers of bathymetric surveys rapidly and inexpensively. The accuracy, applicability and economics of laser bathymetric surveying are discussed in the present paper, and the characteristics of a scanning laser bathymetric system being developed under the direction of the Defense Mapping Agency (DMA) are presented.

The National Ocean Survey (NOS) has been investigating the potential of airborne laser bathymetry for several years. The technique can potentially collect large quantities of bathymetric soundings more rapidly and less expensively than existing sonar methods. The resultant soundings are intended for use in the production of marine charts. The NOS investigations have been aimed at determining the performance of the technique, estimating where it could be used, quantifying the economic advantages it offers, and projecting its impact on other parts of NOS. Based on such information, developed both by Navy organizations and NOS, the Defense Mapping Agency has concluded that airborne laser bathymetry is technically and economically feasible for its requirements. DMA is proceeding to develop an operational system employing current technology and is designing it such that improved components can be substituted as new technology emerges.

Principle of operation

The laser bathymeter is an aircraft-mounted, scanning beam, pulsed laser system which measures depth in a manner analogous to sonar. Some energy from each laser pulse is reflected from the sea surface and some energy is reflected from the sea bottom. The sea bottom reflection, however, occurs at a later time because of the extra distance the light must travel. The difference in the arrival time at the laser system receiver of the two reflections is proportional to twice the depth.

Accuracy of soundings

The airborne laser bathymeter must be able to make soundings which meet the NOS accuracy standards. Those standards allow 0.3 m of error in depths from 0 to 20 m, 1 m of error in depths from 20 to 100 m, and an error of 1 per cent of the depth in depths greater than 100 m.

The ability of laser bathymetry to meet the accuracy standards is being determined through a theoretical/experimental programme. The experimental programme is designed to measure the effect of system and environmental parameters on performance and uses a prototype laser system belonging to NASA as an experimental tool. The theoretical programme is designed to explain the experimentally observed behaviour, to model system performance, and to extrapolate the observed performance to that of an optimally designed laser bathymeter. Preliminary results on accuracy (precision, bias and repeatability) are available from those two programmes.

Precision is a measure of system noise and is, therefore, a fundamental limit on accuracy. A model of precision for the NASA prototype system has been successfully developed. That model predicts poor precision at low signal-to-noise levels and improved precision as the signal-to-noise level increases. Experimental results are in excellent agreement with the theory, and imprecision as little as ± 5 cm RMS has been observed.

Bias is a constant offset between a measured depth and the actual depth. A high density, NOS sonar survey of the test area was used as the most readily available approximation of true depth. Consequently, what was actually determined is not true bias but the disagreement between laser depths and sonar depths. Experimental results show differences between the two techniques on the order of $\pm$ 0.3 m. The theoretical and data analysis efforts are still investigating that difference. It is interesting to note that, except for the offset, the laser and sonar depth profiles agreed to within $\pm$ 7 cm RMS.

Repeatability is the capacity of measuring depth in one

location on two different days, under different conditions, and getting the same answer. Two profiles of laser bathymetry over one flight line have been compared and were found to agree to within ± 15 cm RMS. Considering the slope of the bottom, the error is consistent with that caused by the uncertainty in position.

The preliminary results on accuracy are extremely encouraging, with an explanation of the laser/sonar disagreement being the most important remaining problem. Work still needs to be done, though, to insure that accurate soundings can be made in a routine manner.

Areas suitable for laser bathymetry

The areas which could be surveyed by laser are established by three factors: the penetration capability of the system; the water clarity; and the depth. Penetration capability is defined in terms of a system extinction coefficient αD where α is the beam attenuation coefficient and D is the depth. Extinction coefficients of 10 to 15 have been demonstrated with the NASA prototype system. At the Chesapeake Bay test site, where $\alpha = 2\ m^{-1}$, this means a depth capability of 5 to 7.5 m. Clearer waters of the Atlantic Ocean ($\alpha \simeq 1\ m^{-1}$) and the Caribbean ($\alpha \simeq 0.2\ m^{-1}$) will allow proportionately greater penetration. Based on a theoretical extrapolation from the demonstrated αD capability, it is felt that $\alpha D = 20$ is an achievable goal.

Given a value for the system extinction coefficient, the surveyability of different geographical areas can be determined using local values of depth and water clarity. NOS is using two sources of water clarity data in the assessment of surveyable areas: digital data banks and aerial photography. Water clarity measurements from the digital data banks are combined with depth measurements and then contoured. The area enclosed by a specific αD contour is considered surveyable by a laser system whose extinction coefficient equals that value of αD. Aerial photographs of shallow water are manually scanned to determine "photographic penetration". The area is then extrapolated to deeper water, using the estimated relative capabilities of laser and photo techniques.

Early results from the water clarity investigation show that a significant area could be surveyed with a laser system of extinction coefficient $\alpha D = 20$. For example, in the southern half of the Chesapeake Bay, 80 per cent of the area could be surveyed to depths of 12 to 13 m, and 50 per cent of the northern half of the Chesapeake Bay could also be surveyed. Although quantitative values are still being computed, it appears that significant amounts of Lakes Erie, Ontario, Huron and Superior should be surveyable by laser. Based on extrapolation from aerial photos, depths up to 30 m could be reached in the Gulf of Mexico, and all of Nantucket Sound, Massachusetts, is expected to be surveyable.

There is great uncertainty in the basic water clarity data being used. However, even with such uncertainty, a laser bathymeter is expected to be able to survey large amounts of the turbid United States coastal waters.

Cost effectiveness of airborne laser bathymetry

NOS motivation for being involved in laser bathymetry is the potential for increased production of high-quality bathymetric data at a significantly lower cost than with the existing sonar systems. Because economics are so crucial, several studies are being done on the cost-effectiveness of laser surveying.

A cost model has been developed to study the economics of laser surveying. The model parameterizes the cost per square kilometre of laser surveying in terms of capital or non-recurring costs and operating costs. Estimates of the model's parameters have been made, the model has been exercised and the cost per square kilometre determined. The resulting cost estimate was approximately $100 per square kilometre of laser surveying when the system is used at its maximum capacity of 6,600 km^2 per year. This cost includes operating costs and annualized capital costs.

At $100 per square kilometre, the cost of laser surveying is estimated to be one eighth that of conventional sonar surveys. There are concurrent manpower and time savings achievable by using the laser, and their magnitude is at present being quantified. It is felt that the computed savings are such that, at high annual rates of surveying, potentially significant savings can be realized.

Defense Mapping Agency program

The Defense Mapping Agency has an urgent need to increase its rate of hydrographic data collection. An airborne laser system is regarded as a means by which that can be accomplished. It has also been concluded that a scanning laser system, installed in the helicopters assigned to the Navy coastal survey ships, could be integrated into an aircraft-launch-ship survey operation such that the helicopters could relieve the small launches of time-consuming close in-shore work. Such a system could increase the data collection by 30 to 40 per cent at no increase in ship time cost. The principal reason for use of the ship-based helicopters is that survey operations are frequently conducted in areas too remote to permit use of shore-based, fixed wing aircraft.

Hydrographic Airborne Laser Sounder (HALS)

The DMA system is referred to as the Hydrographic Airborne Laser Sounder (HALS). HALS will be small, lightweight and rugged, and will require minimal power. Because the full capacity of the helicopter must frequently be used for logistics, the laser system will be capable of rapid installation and removal. (Six hours is taken as an allowable time.) The optimum ground speed of the helicopter is about 50 m/sec. At that speed, and an altitude of 150 m, a laser pulse rate of 400 Hz and a scan angle of 624 mrad from the vertical are required in order to optimize data collection and area coverage within international charting accuracy requirements.

To be cost effective, HALS must be capable of detecting a bottom signal to depths of at least 20 m in typical mid-latitude coastal waters where the coefficient (K) of attenuation of diffuse light is about 0.15 m^{-1}. Depth accuracy will meet International Hydrographic Bureau standards: ± 0.3 m in water depths of 20 m or less, and ± 1 m in greater depths. Horizontal positioning, to be provided initially by standard short- or medium-range precise radio navigation aids, and later by the satellite Global Positioning System, must meet the IHB accuracy requirement of 1.5 mm at the scale of the published chart. Thus, HALS positioning by standard radio navigation aids will be suffi-

ciently accurate to permit its use in surveying to a development scale of 1:7,500 for production of a 1:15,000-scale chart. That will suffice for all but the most detailed harbour charts.

The computer in the aircraft will have sufficient capacity, within allowable physical size and power available, to accommodate the high data rate of return laser pulse and orientation and position information, and will be compatible with the ship/launch computer systems for data processing. The entire ship/launch/aircraft system will be capable of producing completed charts in the field.

HALS systems description

The following is a description of how HALS is expected to be configured:

(*a*) Laser transmitter—The neodymium doped yttrium—aluminium—garnet laser (Nd:YAG) has a very favourable power to size and weight ratio and transmits at a wave length of 1,060 nm. With the laser frequency doubled, a wave length of 530 nm is produced, which is excellent for penetration of most coastal water. A peak power output of 350 kW is envisioned, and every attempt will be made to produce a pulse no longer than 10 nsec in order to maximize the signal-to-noise ratio, resolve shallow depths and minimize pulse digitization requirements.

(*b*) Scanner—The scanner arrangement will likely be similar to the nutating mirror with a constant rotation rate, which was satisfactorily demonstrated in the NASA prototype system. The simplicity of the design is advantageous, and the elliptical scan pattern provides both the necessary data coverage and a means of tracking the aircraft and sea surface.

(*c*) Receiver—In general, the receiver component will be an arrangement whereby the return laser pulse is reflected from the nutating mirror into a telescope, the receiver field of view being automatically controllable between 0 and 30 mrad to allow for variable ambient light and signal-to-noise conditions. The pulse will be directed by telescope into an optical delay sufficient to allow activation of gating circuitry in the pulse waveform detection photomultiplier tube (PMT). The gating reduces the initial response of the PMT, preventing its saturation by the large pulse from the sea surface and the suspended particulates just below. Spectral and spatial filters will be included in the optical path.

(*d*) Preprocessor—The function of this component is digitization of the voltage waveform output of the photomultiplier. There are a number of means of doing this. The most promising is a technique of storing the wide band width signal from the PMT at discrete clock intervals in a semiconductor device. When the stored signal is recalled, at a lower rate, a replica of the original signal, reduced in band width by the ratio of the two clock rates, is generated and recorded.

(*e*) Orientation sensing techniques—The direction of the laser beam relative to the aircraft will be recorded for each pulse by a shaft encoder on the mirror mechanism. Aircraft attitude will normally be obtained by analysis of the elliptical pattern of slant ranges to the surface as measured by the laser. Heading will be taken from the aircraft reference system.

(*f*) Horizontal positioning systems—Initially, the HALS aircraft will be positioned using the same type of medium- or short-range shore-based radio navigation aid used for the present boat/ship survey operation in either a hyperbolic or range-range mode. When the NAVSTAR Global Positioning System (GPS) becomes operational in a few years, the very restrictive shore stations will be eliminated. HALS, as most survey systems, will then be navigated by GPS.

(*g*) Clock—A clock is required to produce time of day as a data label, a 400-Hz strobe to activate the laser transmitter and data sensors, plus strobes to activate the waveform digitizer and aircraft positioning systems. A precision timer/counter will precisely record the time interval between the transmitted pulse and initial return pulse for calculation of slant ranges to the surface.

(*h*) Recorder—A digital tape recorder of the necessary capacity will be used to record the return waveform and all associated data.

(*i*) Computer—The computer must perform both arithmetic and data acquisition functions. Its primary arithmetic task is to identify the surface and bottom return pulses by means of a centroid algorithm and calculate the time difference between them, the value being stored in memory for subsequent recording on magnetic tape. Additionally, it must provide navigation information to the pilot and monitoring displays for the system operator. Requirements for the computer are based on the complexity of the real-time algorithms and the speed at which they must be executed; HALS will generate data at a very high rate. It is expected also that the computer will be capable of performing post-flight data reduction, including quick look, analysis and production processing. The selection will probably be a high-speed minicomputer, such as DEC 11/60.

Development schedule

Delivery of the operational system is expected by early 1982. HALS is being developed by the Naval Ocean Research and Development Activity at Bay St. Louis, Mississippi.

NEW BATHYMETRIC CHART OF THE WORLD OCEAN*

Paper presented by the Union of Soviet Socialist Republics

In 1977 the Department of Navigation and Oceanography of the Ministry of Defence, Union of Soviet Socialist Republics, issued a bathymetric chart of the world ocean in eight sheets.

The chart covers the latitudinal zone of our planet from parallel 82°N to parallel 75°S, in the scale 1:10,000,000 by parallels 45°, Mercator projection. The format of one sheet is 114 by 88 cm.

* The original text of this paper, prepared by A. M. Bezuglay, Head, Department of Navigation and Oceanography, Ministry of Defence, appeared as document E/CONF.71/L.56.

The chart is compiled from data resulting from work of numerous Soviet expeditions in oceans and seas and from foreign cartographic materials.

Sea bottom contour is traditionally shown by isobaths (50 m, 100 m, 300 m, 500 m and—farther on—every 500 m), which provides, at the given scale, the most accurate idea of ocean bottom relief in general and morphological features of each region.

The use of shading in drawing isobaths, combined with colouring, gives a three-dimensional perception of the bottom configuration.

Land relief is shown by contours of 200, 500, 1,000, 2,000, 4,000 and 6,000 m, and by a colour scale of seven colours.

Markings of depths and heights supplement drawings of bottom and land relief in characteristic points.

The adopted method of visual representation of the relief of the world ocean bottom is better than physiographic methods, for it practically eliminates the distortions in the positions of all relief elements on the plan.

The new chart, in scale, is close to the General Bathymetric Chart of the Oceans, but more frequent equidistances of isobaths make it possible to show on the chart more details of the bottom configuration.

It is not the aim of the chart to confirm or rebut any hypothesis about the origin of bottom configuration; it merely shows bottom contour according to the data resulting from factual measurements. However, it was not possible to chart with equally high quality all the world ocean, especially the poorly studied regions, without taking into consideration the geomorphological characteristics of each region.

While compiling the chart, the bottom configuration of each region was first analysed on intermediate plotting sheets in a scale of 1:2,000,000 using cartographic materials in larger scales. In most cases the compilers of the chart and intermediate plotting sheets were able to analyse thoroughly the relief of the region shown, using echograms, materials of co-ordinative soundings and sometimes geophysical data. However, many water areas, especially in the southern hemisphere, have not yet been properly investigated.

From measurements and descriptive materials, geomorphological structure, shape complex and the character of relief dissection were revealed.

The methods of identifying structural lines and interpolation of depths and isobaths were chosen on the basis of the characteristics of each element.

All elements were charted with a degree of accuracy standard for navigational charts. An especially complicated task was drawing dissected reliefs of midocean ridges using unequal accuracy measurements. Doubtful objects were carefully analysed; maximum depths of deep-water trenches and minimum depths over sea mountains and other objects were specified more exactly. In many cases the new chart gives more accurate information on such objects than new foreign navigational charts.

The vast ocean basins divided by the arcs of undersea ridges and rises are clearly seen on the chart. The bottoms of the basins with abyssal plains in the Atlantic and the Arctic Oceans differ noticeably from abyssal hill relief in the basins of the Pacific Ocean. The three-dimensional effect is especially good in the case of large positive forms of the ocean bottom contour, such as large swells on which there are groups of undersea volcanoes (Hawaiian Ridge etc.). Midocean ridges with rift forms, especially the North Atlantic and South Atlantic Ridges, are clearly shown. Deep-ocean trenches are well shaded by fronting them from the ocean side by edge swells. The Kuril-Kamchatka, Aleutian and Kermadec Trenches especially attract attention. Zones of numerous fractures cutting midocean ridges differ remarkably in direction in the Atlantic and the Indian Oceans.

One can easily see on the chart the vast shelf zones in the Atlantic and the Arctic Oceans. The continental slopes with undersea canyons may be observed in the regions of North America, Africa etc.

The joint efforts of cartographers, geomorphologists and polygraphists went into the creation of the chart of the world ocean. Original in content and design, it can serve as an aid to mariners, scientists, students and all those wishing to add to their knowledge of the world ocean.

LA ADQUISICION AUTOMATICA DE DATOS EN LEVANTAMIENTOS HIDROGRAFICOS*

Documento presentado por España

SUMMARY

In recent years the Instituto Hidrográfico de la Marina has made a substantial effort to automate its data acquisition techniques to bring them up to the necessary level for keeping Spain's coast and port cartography up to date, with the desired degree of accuracy.

The paper discusses briefly the evolution of this process and provides a description of the techniques utilized, the experience acquired, the projects currently under way and an evaluation of the results achieved to date and those anticipated for the future.

RÉSUMÉ

Ces dernières années, l'Instituto Hidrográfico de la Marina a fait de gros efforts en vue d'automatiser ses techniques d'acquisition de données et les perfectionner au point de pouvoir actualiser avec toute la précision voulue les cartes des côtes et des ports espagnols.

Le document contient un bref exposé de l'évolution suivie, une description des techniques utilisées, de l'expérience acquise et des projets en cours, et une évaluation des résultats obtenus et escomptés.

* El texto original de esta monografía, preparado por el Instituto Hidrográfico de la Marina, se publicó como documento E/CONF. 71/L. 62.

Introducción

En hidrografía es necesario renunciar a seleccionar puntos notables en su conjunto, como es habitual en los levantamientos geodésicos. Por el contrario, el hidrógrafo ha de hacerse una idea de conjunto, a través de medidas individuales: en suma, ha de hacerse un muestreo, completándolo con exploraciones en torno a puntos notables obtenidos en aquél.

Las mediciones efectuadas por los hidrógrafos son de magnitudes físicas, efectuando, de una forma sistemática, enormes cantidades de medidas de las coordenadas espaciales de puntos situados en la superficie del mar, necesarias para la representación del fondo marino.

Al estar el mar en continuo movimiento y no existir en su superficie puntos de referencia, las posiciones geográficas es necesario obtenerlas a partir de puntos geodésicos en tierra, tan próximos a la costa como sea posible.

La tercera dimensión o sonda también viene dificultada por las características del medio acuoso, la variación de la profundidad por efectos de las mareas y la movilidad de la estación desde donde se mide.

A la vista de esta breve exposición quedan patentes los tres pilares en que se apoyan los levantamientos hidrográficos: planificación de las líneas a sondar (muestreo), determinación de situación geográfica y medida de la profundidad. Estas dos últimas nos proporcionan las tres coordenadas que sitúan el punto del fondo marino, y han de estar correlacionadas entre sí y con el tiempo, factor necesario para la reducción de la sonda por marea.

Proceso de evolución en nuestra hidrografía

Hasta 1971, nuestras comisiones hidrográficas se puede decir que fundamentalmente sólo cuentan con dos instrumentos de medidas para realizar su trabajo: el teodolito y el ecosonda sin salida digital. Estos elementos imponían severas limitaciones, tanto en la planificación como en la adquisición de datos y situación de sondas, obligando a :

a) Mantener un numeroso equipo de personal experimentado, capaz de dirigir y situar la embarcación desde tierra, que debía ocupar diferentes posiciones a lo largo del levantamiento;

b) Limitar el alcance de los levantamientos al visual de los teodolitos;

c) Efectuar un caminamiento taquimétrico previo a lo largo de la línea de costa;

d) Recurrir a la interpolación entre dos situaciones consecutivas de sonda para fijar éstas a la densidad previamente fijada;

e) Contar con buenas comunicaciones portátiles entre la embarcación y el personal de tierra.

Hay que señalar, finalmente, que aun hoy en día es necesario recurrir a esta técnica en contadas ocasiones

Aunque a partir de 1966 es cuando se inician experiencias, con más o menos resultados, con equipos de situación radioeléctrica, es en 1971 cuando se comienzan a usar sistemáticamente técnicas de este tipo en nuestra hidrografía, con la adquisición de equipos Raydist.

El Raydist, tipo DR-S, es un sistema de radiolocalización, dos distancias, que suministra y registra con continuidad la situación de un móvil con respecto a dos estaciones fijas, en medias longitudes de ondas.

Estudiadas sus especificaciones, y tras unas primeras experiencias, se le consideró idóneo para cubrir nuestras necesidades hidrográficas, ya que:

a) Su alcance máximo, unas 200 millas de día y 150 de noche, permiten la situación de sondas, salvo en casos muy especiales, en toda la extensión de los levantamientos hidrográficos de nuestras costas, con una precisión de 10 pies;

b) Su transmisión en onda terrestre, aunque nos obliga a situar las estaciones fijas tan próximas a la costa como sea posible, nos permite fijar la posición de la sonda por corte de línea geodésica;

c) Puede ser empleado por más de un usuario hasta un total de cuatro;

d) El modo dos distancias proporciona una zona de alta precisión muy grande;

e) Solución instantánea, sencillez de instalación, facilidad de manejo, posibilidad muy pequeña de averías y error por onda celeste despreciable son características del equipo a tener en cuenta.

Consecuentemente, el Raydist reúne una serie de requisitos que le permiten ser utilizado como elemento fundamental del sistema, presentando limitaciones en las zonas muy próximas a costa y, por supuesto, en alcances superiores a las 200 millas.

Los casos fuera del alcance máximo Raydist son aislados y poco frecuentes, más bien de tipo oceanográfico que hidrográfico; no obstante, quedan totalmente cubiertos por un sistema de navegación satélite (dos frecuencias), con lo cual el alcance es ilimitado y la precisión de 32 metros.

Las limitaciones por demasiada proximidad a la línea de costa, que tienen su origen principalmente en la propia configuración del terreno en esta línea, están en vía de solución inmediata con la adquisición de equipos cuyo principio de funcionamiento ya no sea el de comparación de fases, sino que trabajen con pulso de microondas en frecuencias similares a las de los radares.

Estos equipos, aunque con un alcance inferior a los de comparación de fase, mantienen una misma precisión y presentan mayores posibilidades en las proximidades de la línea de costa.

Una combinación de ambos sistemas, pulso y comparación de fase, cubre todas las opciones e incluso el problema de calibración del segundo queda resuelto con el primero.

Al mismo tiempo que los sistemas de posición, los sondadores sufren un proceso de estudio similar y dentro de las diferentes gamas en precisión y alcance según su uso. Se buscó que, independientemente del registro gráfico, todos tuviesen una salida digital.

Hasta ahora hemos hablado de equipos diferentes, cuya utilización exige la correlación de sus respectivas medidas, y las de éstas con el tiempo. En la década de los 60 se aplica el ordenador a la hidrografía, primeramente en Estados Unidos de América y Canadá y más tarde en otros países.

El uso del ordenador nos lleva al concepto de sistema, que integra en un conjunto armónico a todos los equipos, correlacionando sus mediciones y registrando una exhaustiva cantidad de datos en soporte adecuado para su posterior tratamiento por ordenador. Por otra parte, dichos sistemas permiten la conversión de coordenadas de modo prácticamente instantáneo (tiempo real), lo que proporciona un medio de ayuda a la navegación, que redunda en una mayor seguridad en el muestreo y notable repetibilidad.

La idea de un sistema hidrográfico integrado y su necesidad para dar mayor celeridad al levantamiento de nuestras costas, llevó a la construcción de cuatro nuevos buques, dos oceanográfico-hidrográficos, tipo Tofiño (figu-

ra 99), y otros dos hidrográficos auxiliares de menos porte, tipo Antares.

Sistemas utilizados en nuestros buques

Veamos esquemáticamente el diagrama de bloque de los sistemas instalados en los buques tipo Tofiño (figura 101).

Los datos de posición proceden bien de equipos Raydist DR-S o de equipos Magnavox de navegación por satélite dos frecuencias.

La profundidad es medida por sondadores, bien Atlas Deso-10 o Raytheon de gran profundidad; llevan también un Atlasiechograph, para profundidades intermedias, no integrado aún en el sistema.

Se insertan también en el sistema señales de rumbo y velocidad del buque, procedente respectivamente de la giroscópica Anschutz y de la corredera electromagnética Sagem. Estas señales son necesarias para la resolución del problema que conduce a la obtención de la situación por satélite.

El sistema permite la futura inserción de señales de un gravímetro y de un magnetómetro de protones.

Todos los equipos están integrados en un ordenador Hewlett Packard 2100, de 16K de memoria, que ejecuta los distintos programas dirigiendo el flujo e intercambiando información con todos los equipos periféricos.

Una impresora Texas, que constituye el principal camino de intercambio de información entre el ordenador y el operador del sistema, será el medio a emplear para introducir los parámetros necesarios para inicializar el sistema.

Dos *plotters* con misiones diferentes, uno integrado totalmente en el sistema que permite el trazado continuo de la derrota del barco durante la ejecución del trabajo, otro, con una superficie de trabajo mucho mayor, permiten el dibujo del parcelario de sondas mediante un proceso *off-line* de las cintas magnéticas, como posteriormente veremos.

Dos pantallas video que proporcionan un valioso control a la navegación.

La salida de todos los sistemas consiste en cintas magnéticas donde de modo secuencial se registran datos de situación geográfica, sonda y hora, aparte de otros muchos de tipo administrativo.

En los buques hidrográficos auxiliares tipo Antares, así como en los botes, se han instalado sistemas más simples, pero sustancialmente iguales, desde un punto de vista hidrográfico.

Detallado el diagrama de bloque del sistema integrado, veamos cómo resuelve los problemas de navegación e hidrográfico.

El ordenador recibe del receptor Raydist las variaciones del contador de calle, no las calles propiamente dichas. Esto implica la necesidad de establecer una posición inicial de calibración.

Los datos a introducir, independientemente de los de control de día y hora, serán:

a) Latitud y longitud de esa posición inicial;

b) Latitud y longitud de la estación verde;

c) Latitud y longitud de la estación roja;

d) Las lecturas rojas y verdes del contador de calle, correspondientes a la posición inicial, así como la frecuencia de trabajo del equipo Raydist.

Introducida esta información e inicializado el sistema, los incrementos en calle de las lecturas roja y verde serán convertidos en incrementos de la posición del buque y en todo momento tendremos su posición actualizada, así como su rumbo y velocidad real.

La segunda serie de datos a introducir serán los de principio y fin de la línea a sondar. Una vez introducido estos datos, el ordenador estará en condiciones de resolver el problema hidrográfico, el cual radica en determinar de forma continua la posición geográfica del buque, descomponerla en tres distancias referidas a la línea que previamente habíamos definido por un punto inicial y otro final, y grabar todos estos datos, así como la sonda, en una cinta magnética, con unos intervalos que seleccionamos a voluntad de acuerdo con las necesidades del levantamiento.

Los datos necesarios para la navegación y control del trabajo en ejecución son representados de manera continua en las dos pantallas de video.

La secuencia de registro, dato muy importante a introducir, es seleccionada en función de las características de la zona a sondar y gobierna el modo de interacción entre el ordenador y la unidad de digitalización Edig de los sondadores Atlas Deso-10, pudiendo trabajar en tres modos diferentes:

1) El Edig envía una sonda al ordenador cada dos segundos.

2) El Edig envía una sonda al ordenador cuando recibe un impulso de éste.

3) Finalmente, el modo Echo, que es el de uso más frecuente, en el cual el control de pulso del Edig viene gobernado por un intervalo constante de un cuarto de segundo, que actuando a manera de módulo envía una sonda dependiendo del múltiplo que empleamos.

Cada vez que una sonda se recibe en el ordenador, independientemente del modo de trabajo empleado, se almacena en un *buffer* de diez registros, unida, por supuesto, a todos sus datos de hora y situación. El almacenamiento en cinta se produce cuando los diez registros del *buffer* están llenos.

Dado que la cadencia de impulso del sondador es constante, la cadencia del registro en cintas lógicamente debe ser constante y diez veces superior; no obstante, cuando por alguna razón existe un bloqueo en el Edig y algún impulso no llega al ordenador, la cadencia de registro aumenta, y detecta el fallo en una o más sondas. Este dato viene representado continuamente en la pantalla de video en forma de %, de modo que en todo momento tenemos un control de calidad de la sonda.

Adquisición automática de datos

Visto los diferentes equipos que montan nuestros buques, así como su integración en sistema por ordenador, parece llegado el momento de presentar la aplicación de este conjunto, que constituye la actual técnica de adquisición automática de datos.

La planificación requiere definir unas líneas que, perpendicularmente a los veriles esperados del fondo, recorrerán las embarcaciones de modo continuo con una densidad que oscila entre:

a) Cien metros, para la zona comprendida entre costa y el veril de los 100 metros;

b) Doscientos metros, para la zona comprendida entre los veriles de 100 y 300 metros;

c) Quinientos metros entre el veril de 300 y 1.300 metros.

A partir de este último veril el intervalo es de 5.000 metros.



Figura 99. España · buque hidrográfico tipo Tofiño

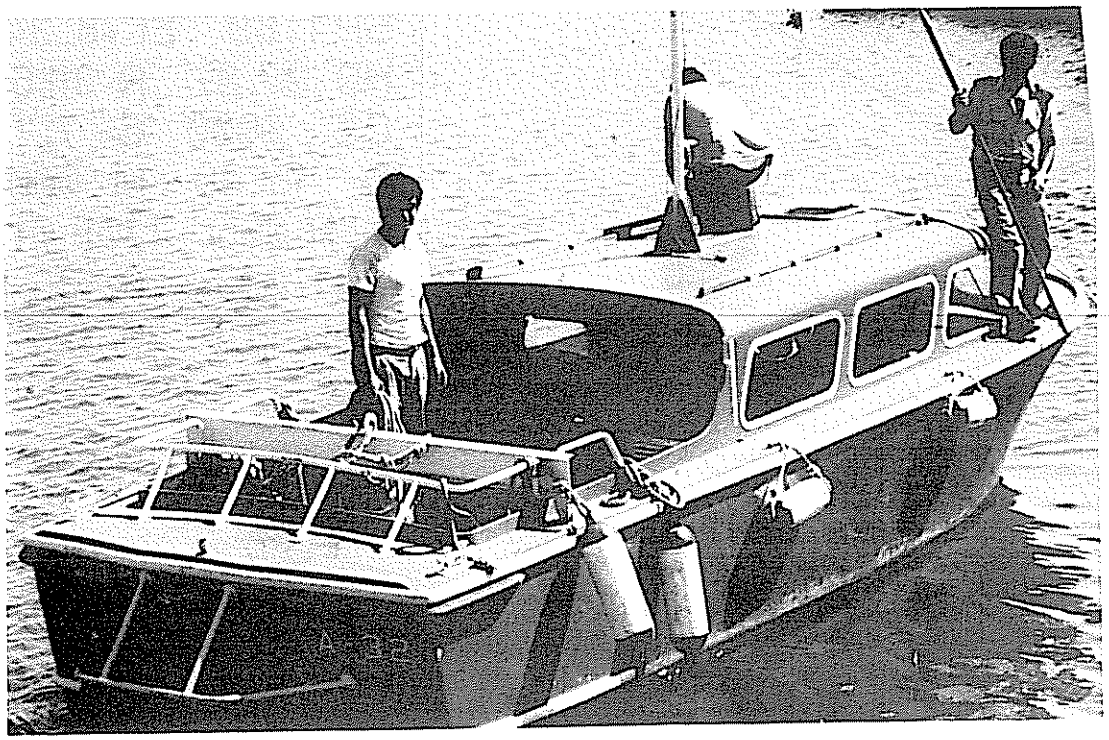


Figura 100. España · bote automatizado

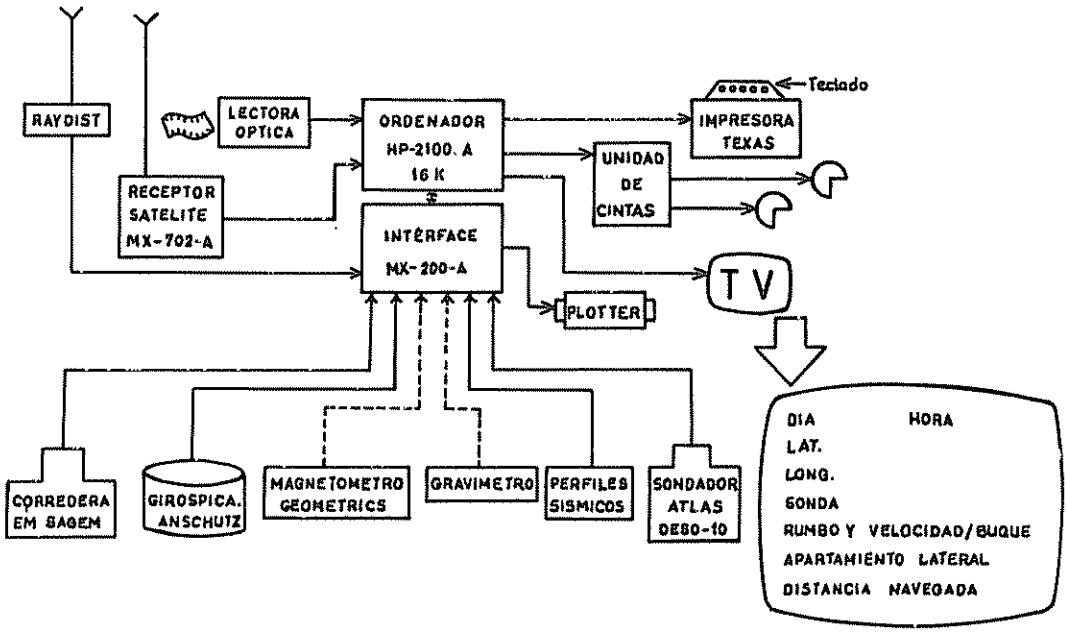


Figura 101. España: diagrama de bloque de los sistemas instalados en los buques tipo Tofiño

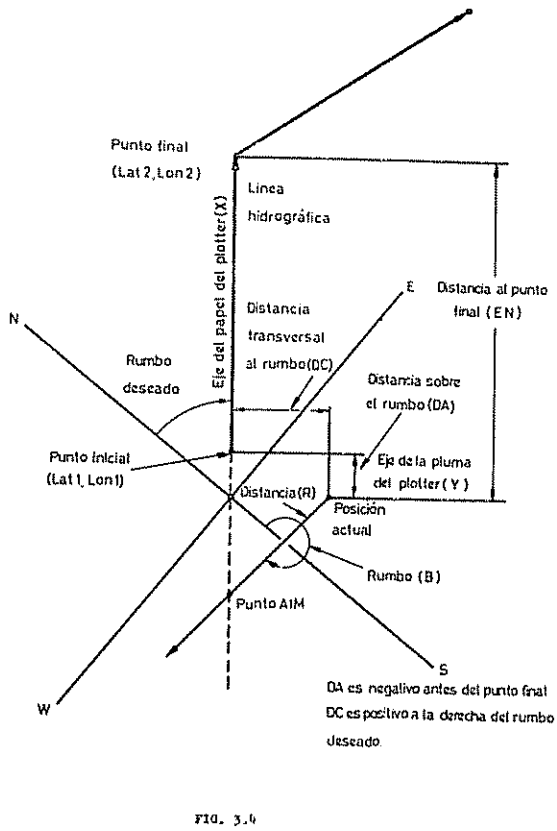


Figura 102. España. solución problema hidrográfico

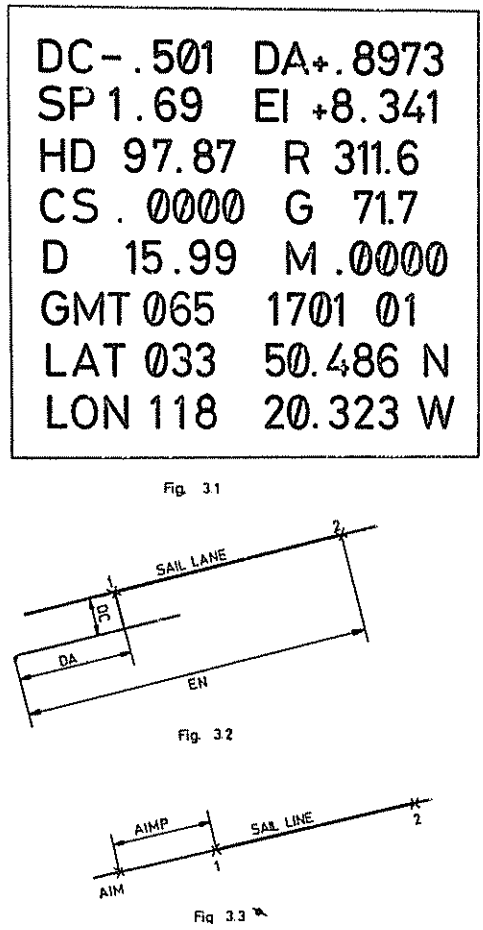


Figura 103. España: datos de la pantalla de video

Naturalmente en aquellas zonas tales como accesos a puerto, canales, bajos, etc., las exploraciones se efectúan con una mayor densidad, habiéndose llegado a efectuar barridos con intervalos de 5 metros.

Como vemos, siempre que no se trata de una exploración determinada, la información es completa a lo largo de la línea de sonda, no ocurriendo lo mismo en el espacio comprendido entre líneas; pero esta información se considera suficiente para el posterior trazado de veriles.

En aquellas zonas que, por su configuración o interés especial, la información deba ser completa, la densidad de líneas será una función de la profundidad y del ancho de barrido del cono de emisión de sondador.

Otro factor importante a la hora de efectuar el proyecto es la elección de la ubicación de las estaciones de tierra del sistema Raydist, de forma que la intersección de las líneas de situación sea lo más ortogonal posible en toda la zona a sondar, previendo que ésta pueda ser barrida por cuatro embarcaciones simultáneamente, dos buques y dos botes.

A modo de control de calidad, al finalizar la exploración de una determinada zona se procede a atravesarla con líneas aisladas de sonda en sentido normalmente diagonal.

Finalmente, las cintas, antes de su envío definitivo al Instituto Hidrográfico, sufren un proceso a bordo que permite el trazado del parcelario, en primera aproximación, en un *plotter* Calcom; esto permite conocer la bondad del trabajo, así como si hubiese necesidad de efectuar alguna corrección o exploración complementaria.

Independientemente de las cintas magnéticas, al Instituto Hidrográfico se le remite toda la documentación que se ha ido recopilando durante el levantamiento, fundamentalmente los registros gráficos de los ecosonda, ya que, hasta la fecha, la revisión exhaustiva de estos ecogramas e incluso su posterior digitalización es lo único que nos confirma la no existencia de fallos o lagunas en las sondas grabadas en las cintas magnéticas.

Aunque la línea de costa e información de tierra necesaria para el navegante se obtiene por restitución fotogramétrica, un punto queda pendiente, sin sufrir ninguna evolución. Las sondas de contorno continúan obteniéndose por procedimientos antiguos, con el consiguiente retraso en nuestros levantamientos; pero tan pronto como nos sea posible pensamos emprender la investigación que nos permita medir la profundidad en aguas poco profundas por procedimientos fotogramétricos.

Consideraciones finales

El sistema aún permite revisiones, y hoy en día es objeto de múltiples trabajos que, basados en la experiencia adquirida, nos lleven a mejorar las técnicas utilizadas, así como los rendimientos actualmente obtenidos.

Hasta la fecha se han logrado resultados muy satisfactorios en zonas difíciles de bajos, cuya calidad y precisión ha quedado de manifiesto en posteriores barridos con Side-Scan-Sonar. Estas exploraciones constituyen el último paso de todo levantamiento hidrográfico, aumentando su fiabilidad.

En la actualidad nuestra flotilla hidrográfica la componen seis buques, de los cuales dos están sin modernizar; constituyendo dos comisiones, con capacidad para mantener actualizada nuestras aproximadamente 3.500 millas de costa, así como efectuar campañas oceanográficas en la plataforma continental.

AGENDA ITEM 8

Map preparation and reproduction (automated cartography, land information bank, computer mapping)

AUTOMATED CARTOGRAPHIC DEVELOPMENT IN THE UNITED STATES OF AMERICA*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

Le recours à l'informatique peut réduire ou éliminer certaines opérations manuelles laborieuses lors de l'établissement des cartes fondamentales. Bien que le coût initial en soit élevé, la production de données cartographiques numériques permet accessoirement de produire des cartogrammes à un coût additionnel relativement faible. La mise en place, à un coût raisonnable, de banques de données cartographiques numériques est à l'heure actuelle l'une des questions qui nous accaparent le plus.

La description du matériel qui a été acquis à des fins opérationnelles par les principaux organismes de cartographie fondamentale donne une idée de la situation en ce qui concerne la cartographie automatisée et la cartographie numérique aux Etats-Unis d'Amérique. Le matériel actuellement utilisé par le United States Geological Survey (Service géologique des Etats-Unis) et la Defense Mapping Agency (Agence de cartographie du Ministère de la défense) comprend des instruments et des appareils pour la saisie, la préparation et la compilation de données et l'établissement de cartogrammes.

En ce qui concerne les appareils servant à la saisie de données, on trouvera des descriptions de restituteurs optomécaniques photogrammétriques, qui sont des restituteurs analytiques perfectionnés, et de tireuses d'orthophotographies en simulé tant optomécaniques qu'électroniques. Les appareils mentionnés pour la saisie de données cartographiques vont des convertisseurs analogiques/numériques manuels et des analyseurs de trames de base jusqu'aux analyseurs de trames plus complexes, capables de différencier les détails selon un code de densité couleurs/lignes. Il est également question de l'intérêt des systèmes d'introduction de données à commande par fréquences vocales.

Les appareils de préparation et de compilation des données sont décrits à la fois du point de vue de leur conception technique et de leur fonction.

Les appareils de restitution graphique qui sont décrits sont particulièrement représentatifs du matériel hautement perfectionné qui est actuellement utilisé en cartographie automatisée. Ces appareils comprennent des restituteurs de vecteurs et de trames, des enregistreurs à faisceau électronique, des positionneuses et des restituteurs à écran cathodique.

La demande naissante de données cartographiques numériques destinées à être utilisées telles quelles et le progrès de la technologie et du matériel numériques constituent des conditions propices à un développement rapide des installations intégrées de cartographie automatisée.

RESUMEN

El uso de equipo acompañado de computadoras puede reducir o eliminar las etapas que requieren gran densidad de mano de obra en la producción de mapas primarios. Aunque los costos iniciales son elevados, la producción de datos cartográficos digitales permite la producción gráfica de mapas como subproducto a un costo incremental relativamente bajo. El establecimiento económico de bancos de datos cartográficos digitales es actualmente uno de nuestros más incitantes objetivos.

La situación de la cartografía automatizada y de la cartografía digital dentro de las principales organizaciones cartográficas primarias de los Estados Unidos de América se examina mediante descripciones del equipo que se ha adquirido para uso operacional. El equipo que se utiliza actualmente en la Dirección de Levantamientos Geológicos de los Estados Unidos y el Organismo Cartográfico de Defensa para la cartografía automatizada puede dividirse en mecanismos para la captación de datos, para su edición y compilación y para la preparacion gráfica.

Dentro de la categoría de la captación de datos se describen trazadores optico-mecánicos fotogramétricos, una familia avanzada de trazadores analíticos e impresores ortofotográficos de imagenes optico-mecánicos y electrónicos. Los mecanismos de captación de datos cartográficos que se examinan van desde digitalizadores manuales, pasando por barredoras de trama básicas, hasta barredoras de trama complejas capaces de diferenciar entre accidentes codificados por el color y el grosor de la línea. También se examina la significación de la entrada de datos vocal para la captación de datos.

Los mecanismos de edición y compilación de datos se describen en términos de sus componentes y sus funciones.

Los mecanismos de preparación gráfica descritos son los ejemplos más acabados de equipo cartográfico automatizado complejo. Estos mecanismos incluyen trazadores de vector y de trama, registradores de haz de electrones, equipo de colocación de nombres y trazadores de tubos de rayos catódicos.

La aparición de necesidades de datos digitales como producto final y la evolución de la tecnología y el equipo digital constituyen una base sólida para el desarrollo rápido de capacidades cartográficas automatizadas integradas.

* The original text of this paper, prepared by Paul E. Needham, United States Geological Survey, and Robert A. Penny, Defense Mapping Agency, appeared as document E/CONF.71/L.6

Introduction

In its infancy, automation in cartography was a somewhat controversial concept. There was little question that procedures organized around computer-aided equipment could replace labour-intensive and tedious steps in map production. The controversy revolved around the cost benefits of automation. Initial costs were high, and in many applications substantial cost benefits could not be immediately foreseen either in new map production or in initial automated revision efforts. The long-term prospects, as evaluated by the optimists, were nevertheless sufficiently bright to encourage research and development into more cost-effective methods

Digitized cartographic data is an essential intermediate product in most automated cartographic processes. Cartography is, however, just one use of such data. Both the cartographers and a much larger user community have recognized the value of such data in a computer-oriented society and, in recent years, the demand for those data has far outstripped production capacity. Within the past few years, digital data files have become one of the cartographer's most important end products. The United States Geological Survey (USGS) and the Defense Mapping Agency (DMA) devote major portions of their resources to the development of digital cartographic data. The data—properly collected, standardized, formatted and archived—can be used for many different applications. One of the most challenging goals is the economical establishment of digital data banks with the widest possible application.

The dramatic emergence of requirements for digital data has not been accompanied by any decrease in the need for conventional map products. The dual demand—for digital cartographic data and for maps—presents a severe challenge in the face of resources allocated to the United States mapping agencies. The duality has, however, altered perception of some economic considerations regarding the automation of cartographic processes. For example, if automated procedures are used in revising a map, the map content must first be digitized, a step that may be more costly than the entire traditional revision process. If, however, there is an independent requirement for current digital information of the same area, then one representation—either the digital data or the map—is a by-product available at relatively low incremental cost.

The United States primary mapping programme, both civil and military, has two mutually supporting thrusts. Automated cartography in the context of primary mapping has become inextricably mixed with the concept of digital cartography and with the broader goal of creating computer-accessible geographical data banks. That development in the United States can be described in terms of the changes in the equipment used for data capture, data editing or compilation and grapnic preparation by USGS and DMA. The intent of the present review is to describe the state of automated cartography in the major primary mapping agencies and not to give a catalogue of exotic devices that are under development or that are used in very limited or specialized applications.

Data capture

Digital data acquisition methods fall into two broad categories: those in which the data are acquired directly from photographic source materials; and those that use published maps, compilation manuscripts, orthophotographs or colour separates as source materials. The first category may be termed photogrammetric, and the second cartographic. For convenience, orthophotography is included with the photogrammetric methods of data acquisition even though an argument could be made that the preparation of an orthophoto is actually an automated step in map compilation.

Photogrammetric acquisition

Photogrammetric instrumentation suitable for collecting digital data exists in a wide variety of forms and has been in use for several years. Several types of direct-viewing optomechanical analog stereoplotters (such as the Kern PG2, Wild B8, and Zeiss F2) are used by USGS on a limited scale to acquire digital data. They are fitted with three-axis digitizing systems that can collect data on magnetic tape in both point and stream modes. Similar systems have been fitted to projection type plotters and to Orthophotoscopes, but those are not currently a significant source of digital data.

Both the military and civil mapping agencies obtain digital data from analytical stereoplotters. The AS-11 family of plotters, originally developed for military use, is representative of those instruments. The basic manual versions (AS-11A) are more flexible in operating characteristics than optomechanical stereoplotters but provide the same basic digitizing capabilities The more advanced versions (AS-11B1) with automated correlators can be programmed to profile a model under computer control and are considerably more cost-effective collectors of digital terrain data. The ACE (Advanced Compilation Equipment) is the latest version and correlates using a laser that scans profile strips in an epipolar plane to increase the data rate over that obtained with the spot correlation of the AS-11B1. The automated correlating instruments are fast, but the "noisy" raw data must pass through an extensive validation and reformatting procedure before it can be archived. Validating and reformatting are accomplished off line, using mainframe computers, plotters, manual editing systems and iterative data collection to remove anomalies.

The DMA is assembling an Integrated Photogrammetric Instrumentation Network (IPIN) which will interconnect AS-11 and ACE instruments with on-line editing and processing subsystems. The editing subsystem consists of a central computer, six editing stations and an X-Y plotter. Each editing station has a computer, a controller, two cathode ray tubes (CRT), two data tablets and associated keyboard and controls. The digital data will be reviewed interactively, errors detected and corrected and the data merged and reformatted to produce final data files.

Orthophoto equipment

Orthophotography is a form of automated cartography that is well established in the United States USGS pioneered in that area and has had an active development programme since the 1950s. Instrumentation includes USGS-developed T-64 Orthophotoscopes and commercially developed devices such as the Wild PP08 and OR1, the Gigas-Zeiss GZ1, the Jenoptik Orthophot, and the Gestalt GPM2 Photo Mapper.

The GZ1 orthoprinter has been modified so that the diapositive scan is automatically controlled by digital terrain profile data recorded on magnetic tape. The digital profile data is recorded on the Digital Profile Recording and Output System (DPROS) developed by USGS, using photogrammetric plotters adapted for digital data acquisition. The control tapes can also be processed to yield digital terrain elevation files.

DMA uses the Off-line Orthophoto System (OLOPS). As with DPROS, digital elevation data required for differential rectification are obtained off line and are recorded on mag-

netic tape. The aerial photographs are scanned by CRT, and the density differences are converted to a video signal. Information on the input image absolute orientation and on the imaged terrain elevation alters the scan to account for image distortion and positional displacement. The resulting video signal controls a second CRT that prints the orthophoto as an array of rectangular pixels. That system accepts a variety of input materials and produces a wide range of output scales.

Two GPM2s are now in use at USGS and are primarily devoted to 7.5-minute quadrangle orthophoto production. The computer-controlled GPM2 System produces orthophotos by systematic patch-by-patch differential rectification of a stereomodel and consists of the following modules:

(*a*) Two CRT input scanners;
(*b*) Operator's console;
(*c*) Image correlator;
(*d*) Control computer and peripherals;
(*e*) Two CRT output printers.

Light from the CRT input scanners is transmitted through the model diapositives and focused on photomultiplier tubes to form video signals. An electronic correlator measures the displacement between corresponding images in the left and right video signals. The displacement represents X parallax and thus can be used to determine ground elevations and orthographic positions. Parallax values are computed at a 182 μm spacing within each 9- × 8-mm patch of the stereomodel. The CRT printer can output orthophotographs, stereomate prints, or contour plates. The individual elevation values are recorded on magnetic tape.

Average scan time on the GPM2 is about four hours per quadrangle for all types of imagery and relief. Approximately 2,000 quadrangles can be produced annually by using each system on a two-shift basis. When quadrangle-centred high-altitude photographs are used, the output is fixed at 1:80,000 scale. Output from the two models comprising a quad is mosaicked and enlarged to produce a 1:24,000-scale orthophotograph. One use of that scaled and control-led orthophoto base is as a compilation manuscript for line-map production. Clearly identifiable planimetric features are final scribed on scribe coat overprinted with the orthophoto image. Features not clearly visible on the orthophoto are compiled as required from low-altitude stereomodels or other source material. A study conducted in 1978 indicated that 1:24,000-scale mapping could be compiled by that method at a rate of 1.8 hours per square kilometre, yielding a savings of $2,000 per quadrangle as compared to conventional procedures. A separate corresponding contour plot is formed on line as the orthophoto is exposed.

A third product from GPM2 orthophoto generation is a digital terrain data tape that is simultaneously produced. Over 1 million elevations are recorded for each quadrangle. The elevation tapes can be processed for entry into a digital elevation data bank.

Cartographic acquisition

The digitizing of map graphics plays an important part in automated cartography and digital data-base development. A vast amount of cartographic data exists only in analog form and those data must be digitized before entry into a computer data-base. In addition, many map features such as political boundaries, cadastral information, geologic information and thematic data must be digitized from analog records.

Manual digitizers

Both USGS and DMA employ manual systems in major programmes devoted to digital data-base development. Currently, USGS uses manual Gradicon and Altek digitizing systems. Both systems are two-dimensional digitizers designed to collect and output point and line data to punched cards or magnetic tape. They employ free cursors and have a resolution of 0.025 mm.

The Gradicon digitizing system has a microcomputer controller, a magnetic tape drive, a floating display keyboard, an operator console, and a 36 × 48 inch digitizing table. Functions include independent translation, scaling and rotation of each axis, display and edit of textual data, incremental and absolute recording mode selection, variable sampling rates and programmable output format control. The Altek system is similar to the Gradicon in its capabilities; however, it does not have a microcomputer controller; all functions are hard-wired in the system.

The DMA primary digitizing capability is provided by multiple-work-station Linear Input Systems. Those second-generation systems contain four subsystems: digitizing tables, minicomputer displays, system control computer and proofing plotter. The digitizing table has a free stylus and can be used either with the reticle on top of the digitizing surface or with a reticle projected from below the surface. The table resolution is 0.01 mm, accurate to within 0.05 mm.

The map feature is recorded by moving the digitizing stylus along it. The data are stored in the 8K-word memory of the display minicomputer. The minicomputer functions basically as a work station controller. It drives a CRT that both provides a menu for selecting data headers or labels before digitizing and displays the data as digitized.

The system control computer indexes the data and stores them in disk files. It has a 64K-word memory, and peripherals, including three industry-compatible tape drives, three 250K-word fixed-head disks, from two to eight (depending on the installation) 10.25M-word disk packs, and a line printer. As the name implies, the computer controls the function of the entire digitizing system and can handle up to 10 work stations simultaneously with a maximum response time of 5 seconds.

The digitized data can be plotted for verification on the proofing plotter. Overlays of the plot are made, and corrections annotated. The plot is then registered to the source from which the digital data were derived, and necessary corrections are digitized.

Several years of experience with manual digitizing systems have shown rather conclusively that those systems will not satisfy the high-volume production requirements of organizations such as DMA and USGS. Manual digitizing tables will probably always be a necessary part of data collection systems, but more efficient means must be found to deal with the masses of analog data that must be digitized before automation can play a significant part in the routine production and maintenance operations of the major mapping agencies. Improvements can and will be made in manual systems—for example, the development of error-correcting cursors—but those improvements will not produce the necessary digitizer throughput capability. Cost studies have shown throughput rates for complex data to be as low as 25 cm of finished tagged digitized linear data per table hour. As a result, considerable effort has been expended on finding more economical means of digitizing data.

Automated digitizers

Several types of radically different digitizers have been proposed or actually tested. They include automated line-following and raster-scanner digitizers, of both the flatbed and drum types. Although line-following techniques show promise, the raster techniques tested seem to offer the surest route to a major advance in digitizing capacity. As an additional advantage, some raster devices separate and record features coded on the source material by colour density or line weight.

Both DMA and USGS have purchased raster digitizers within the past few months. Those acquisitions portend some rather significant changes in the way data are gathered and the way maps are compiled or revised. It is too early to report on either of the changes or on the cost-effectiveness of raster systems. In general, the effectiveness of the systems will depend on the ingenuity shown in developing software to manipulate raster data economically and perform raster-to-vector conversions. The optimization of such software has a high priority in United States mapping agencies.

DMA and USGS have, in a joint procurement, recently obtained Sci-Tex raster scanners and processing systems that can automatically differentiate between and digitize different colours of feature data shown on a map or colour-coded manuscript.

The USGS system is made up of two large-format document scanners, two interactive colour editing terminals, a raster-to-vector converter, and a raster plotter. The Sci-Tex systems were initially designed for the textile and commercial art industries; however, USGS had the manufacturer add refinements—such as higher resolution scanning and plotting and vacuum hold-down systems—that are required for the higher-accuracy cartographic requirements.

The Sci-Tex can scan both raw and finished map manuscripts that contain as many as 12 colours and that can be as large as 91 × 91 cm. Single-pass multicolour scanning is sampled at intervals that range from 40 points per centimetre to 50 points per millimetre. Beam diameters from 25 μm to 2.5 mm may be used for both scanning and photoplotting.

The colour-coded digital raster data are stored in disk files that can be called up by the operator and displayed on a three-colour CRT for editing. The system operator can then use a manual cursor, special-function entry keyboard and software interactively to analyse and modify the digital raster data sets, as needed. The modifications may include:

(*a*) Addition and deletion of points, areas, lines and line segments;

(*b*) Assignment, change or deletion of colour of areas and lines;

(*c*) Addition or deletion of text or other symbology;

(*d*) Selective adjustment of the width of lines and sizes of areas.

The edited data files may be stored on magnetic tape, or they may remain stored as disk files before reformatting or raster-to-vector conversion of the data for other applications. The modified data files can also be transferred to the raster plotter to be colour-sorted, scaled, and photographically printed to selectively generate positive or negative reproduction film separates.

The Sci-Tex equipment will be used to:

(*a*) Generate single-colour map separates from multicolour proof copy;

(*b*) Generate digital map feature data files, both raster and vector;

(*c*) Convert raw penciled draft map compilation copy into finished-quality manuscript copy;

(*d*) Interactively design and photographically reproduce special-purpose map graphics;

(*e*) Rapidly scan and digitize map graphics.

The DMA has procured three other models of raster-scanner digitizers. The Large Format Colour Raster Scanner is a drum-type machine that was procured specifically to aid in the conversion of foreign five-colour nautical charts to United States editions. The system will accept source materials as large as 125 by 155 cm. It will discriminate reliably among five colours plus black on a single scan of the source chart. The colours may be line-work, continuous tone or screened. The laser scanner has a selectable spot size of 0.025, 0.050 and 0.100 mm, and can scan a full format chart in three hours at a resolution of 40 lines/mm.

The Black/White Scanner/Plotter is a raster drum-type machine that is capable of distinguishing between 16 gray levels of manuscript information. It will scan and digitize manuscripts up to 127 × 178 cm in size. Scanning is done by laser at resolutions of 0.025, 0.050 or 0.100 mm. The system can also be used as a raster plotter.

The final new system to be described is the Automated Graphic Digitizing System (AGDS). This is a high-volume system that is specifically oriented towards the digitization of line graphics. It consists of three subsystems: scanning, vectorizing and editing/tagging. The scanner subsystem consists of a flatbed raster scanner, a minicomputer, disk and tape drives and an operator console. The scanner will digitize documents up to 137 × 193 cm at operator-selectable resolutions of 0.025, 0.050, or 0.100 mm. The scanning subsystem operation requires minimum operator assistance. The operator enters the system parameters via the console, windows the area to be scanned and waits for completion of the scan.

The scanned data in raster form are transferred to a vectorizing subsystem, consisting of a minicomputer, two disk drives, a magnetic-tape station and a console. The raster data is converted to vector form using proprietary software.

The editing/tagging subsystem consists of a minicomputer, disk and tape drives and from four to five editing stations. Each station consists of a digitizer and two CRTs on which the vectorized data are reviewed, edited, corrected and tagged.

AGDS is expected to increase the productivity of the digitizing workforce by several hundred per cent. The scanner subsystem operates at 77 cm^2 per minute at the system's best resolution, and that rate is independent of feature density. The vectorizing subsystem can handle up to 3,000 lineal centimetres of data per hour. The editing system capacity is a function of the number and types of features. Careful tailoring of system configuration is necessary to achieve optimum utilization of the various subsystems.

Voice data entry

In all digital data capture systems, provision must be made to tag the recorded co-ordinates with feature codes, descriptive data and editing instructions or processing commands. This is an especially onerous task in applications such as photogrammetric digitizing, where the operator's attention and full manual capabilities must be devoted to plotter operation. It also becomes a significant bottleneck where masses of point locations must be individually

tagged, as, for example, in digitizing hydrographic soundings. Voice data entry systems are now being used to relieve the problems. A typical voice data entry system comprises a microphone, a minicomputer, a magnetic cassette tape unit, a voice analyser and a means of interfacing with the digitizing equipment. An operator trains the system by speaking a selected vocabulary into the recorder and programming the system response to the individual words in that vocabulary. Because all individuals have unique voiceprints, each operator records a separate vocabulary tape. In operation, the system compares the operator's spoken words to the recorded vocabulary and selects the appropriate response. The systems have been used to tag features and points, to control mechanical motions and to record geographical names.

Data editing and compilation

The digital data capture devices in use in USGS and DMA perform varying levels of data processing, which in some cases approach a data editing capability. For example, various systems feature techniques for blunder detection and correction, joining of feature files through "paneling" operations, feature addition and deletion and co-ordinate system modifications and transformations. In general, those capabilities are related to file development rather than to the manipulation of digital files to create a cartographic presentation.

The cartographic manipulation of digital data is now primarily accomplished in batch mode, using main-frame computers and a variety of raster and vector plotters. Plots are made of data, and edits are performed to assure agreement of related features, to generalize, to deconflict symbols, to identify errors and to make necessary additions and deletions. The data are then modified, as required, and the process is iterated until data files are suitable for producing the final map product. This is obviously an inefficient process involving a long production time. True interactive computer graphic devices are being introduced into the editing and compilation process to reduce the effect of this choke point.

USGS has two commercially developed stand-alone interactive computer graphic systems, developed to support engineering design activities by providing means interactively to compose original design drawings, and to digitize, modify and store and receive drawings. The systems have proved to be surprisingly adaptable to cartographic operations, and in that application have been designated as Digital Data Editing Systems (DDES).

The larger DDES operated by USGS is made up of the following components:

(*a*) Central processor with 256K 16-bit words of core memory;
(*b*) Three dual-density tape drives;
(*c*) Two 80-megabyte disc drives;
(*d*) Two 300-megabyte disc drives;
(*e*) Line printer;
(*f*) Five editing stations, each composed of a digitizer table and two direct-storage CRTs.

The system is capable of performing many cartographic editing and formatting functions. Various topographic features, such as streams and roads, can be partially or totally deleted, moved, copied and scaled. Features can be interactively redigitized from a manuscript oriented with the graphics file. Cartographic symbols can be assigned to linear, area and point features. Symbols tables can be generated and complex symbols, such as road shields and control symbols, can be placed and scaled interactively with the data file. Data files initially digitized off line can also be least-squares-transformed into DDES in a common co-ordinate system.

The use of the system can best be described by outlining the steps used recently to compile colour separates for a standard 1:24,000-scale 7.5-minute quadrangle map. In that operation, digital data were acquired for 28 stereomodels using second-order optomechanical stereoplotters equipped with three-axis digitizers. The data were tagged with attribute codes during acquisition so that the encoded features could later be assigned to the appropriate colour separate. Model co-ordinates of the photo-identifiable control points used to orient and scale each stereomodel were also digitized. Those points were subsequently used to transform the independent model co-ordinates into state plane co-ordinates.

The digital data were then batch processed on the DDES by a program that detects and flags input errors and converts the data to a format suited to the editing systems. The data were also filtered by point thinning to optimize the subsequent processing steps. The filtering algorithm deletes non-critical vertices on the basis of the degree of curvature of the line. Tests have shown that as much as 89 to 94 per cent of the raw data collected, depending on the colour separate, can be eliminated without impairing the visual quality or accuracy of the final 1:24,000-scale map data.

The data from all of the stereomodels were then entered into the disk files of the editing system. The feature data and their associated attribute codes were automatically assigned to separate internal files for each stereomodel. Those files were further divided into "levels" to segregate the data appearing on each colour separate.

A composite base file was allocated on the disk and sized to accommodate all of the model data. The interactive terminal was used to establish an array of state plane co-ordinates in the blank composite base file. Using information on the digitized control points, all of the disk-resident model data were transformed and entered into the state plane co-ordinate system of the base file through a six-parameter affine least-squares coordinate-transformation program. Interactive editing was then performed within that file.

The interactive editing functions performed included line clipping, extending and smoothing to eliminate model join discontinuities, separate-to-separate feature correlation to perfect colour composite register, eliminating conflict of symbology and placing names and other text.

The edited data were then extracted from the composite base file and formatted into plot tapes for automated machine drawing or scribing of the colour separates.

Those procedures are not yet used on a routine basis in the 1:24,000-scale program. Investigations are now under way to determine the optimum way to incorporate those capabilities into the production program.

Graphic preparation

Automation proved its economic value early as a means of graphic preparation. As a result, both USGS and DMA use many pieces of automated equipment in that area and have procured the second and third generation of some types.

Currently, both DMA and USGS use a variety of flatbed plotters to produce reproduction-quality materials from stored digital data. Those materials are either scribed directly, using scribing tools of varying width, or pho-

tographically drawn by a photohead equipped with apertures of appropriate size. The materials generated on the plotters range from relatively simple grid and projection plots that require great accuracy to very complex contour plates where plotting speed requirements are more important than the ultimate degree of accuracy. Both agencies have plotters optimized to meet the different requirements.

Both agencies also have laser drum plotters that are capable of producing reproduction-quality materials. The Sci-Tex colour scanner systems include a laser plotter used off line to create colour separates from the colour-sorted, scaled and edited data acquired in the scanning process. That plotter actually has wider application and is in fact a multipurpose high-accuracy high-resolution plotter. It plots on high-contrast graphic arts film or paper with a maximum plot size of 101 × 185 cm. The resolution or data point spacing is continuously variable from 0.030 to 0.250 mm, with a dot size or line width continuously variable from 0.060 to 0.500 mm. It has an incremental accuracy of ±0.025 mm, an absolute accuracy of ±0.060 mm and a repeatability of ±0.020 mm. The plotter has a full-format plotting speed of approximately 30 minutes.

In addition, DMA also operates the Black/White Scanner/Plotter, which was discussed above, as a scanner.

DMA is installing an electron Beam Recorder (EBR) in each of its production centres as another means of exploiting digital data files. That new technology will permit the production of small-format products to extremely high accuracy and permit chips to be blown up for larger-size products.

The EBR accepts digital data in either lineal or raster format and exposes film using a 6 μm beam diameter. It offers a variety of film holder sizes, ranging from standard 35 mm to 12.7 × 20.3 cm. The EBR has a beam addressability of 32,768 × 32,768 points, with a vector plotting speed of 125,000 points per second. For photography, it has a dynamic range of 64 shades of gray. The geometric fidelity is 0.01 per cent.

Although the EBR has a spot size option of both 3 and 6 μm, the larger size appears to be adequate for DMA applications. For graphic products, 6 μm lines are smaller by a factor of four than the minimum line weights normally utilized in even the finest detail in cartographic products. Characters and symbols may be generated by vector techniques as well as raster techniques. A substantial amount of software has been developed to allow for the recording of graphic arts quality symbology and characters.

The raster plotting mode of the EBR can accommodate analog images in which tonal control is of great importance. It is possible to control exposure to density units of the order of 0.01. Normally, the minimum density achievable (base plus fog) is of the order of 0.1 density units. Maximum densities of 3 are possible, but in normal practice a maximum density of 2.1 to 2.4 is used. Thus, the EBR can offer a dynamic range limited primarily by the sensitometric characteristics of the recording medium. Human observers perceive the output of the EBR in its analog recording mode as a continuous-tone image.

DMA is completely modifying its automated type-placement capability with the addition of two major systems. A new type composition system is replacing the equipment that composes the name and locates it for subsequent exposure in the production of names positives. In addition, CRT printheads are replacing the photohead plotters.

The type composition system contains two basic work stations. The names input station contains a teletypewriter and a small CRT at which the name is entered into the system, along with size, type font and similar information. The other work station accepts the names data from either a card, magnetic tape or keyboard input and allows the operator working at a digitizing table and CRT to select or change the position and orientation of each piece of type.

A computer with 32K words of memory controls both the typewriter and the digitizer with its CRT display. Once a type overlay is completed, the system outputs the names data onto magnetic tape in a format that will drive a CRT printhead.

The CRT printhead was procured primarily to improve the type placement systems; however, it is also expected to provide significant improvements in the exposure of symbology and all other data on a complete map or chart. It can be mounted on any finishing plotter and in DMA will be interchangeable with existing photohead devices.

The CRT printheads use peripheral equipment appropriate for each production centre application. That basically includes a minicomputer with 32K to 128K words of memory, a disk storage of 2.4 million words, a symbol and character generator with direct-access memory, and magnetic tape drive. The speed and efficiency of the CRT printhead is made possible through special software that performs a preprocessing operation, sorting the input data and segmenting it into "pages" that correspond to area on the plotter bed surface of squares approximately 5 cm on a side.

A series of "page" data records containing all digital information within the pages is stored on magnetic tape. The sorted page-oriented data is then retrieved a page at a time. The printhead is positioned over the centre of the page area on the plotter, and the electron beam is intensified and moved to expose the film for either type or lineal and point features resident on that page. The actual movement of the beam is effected in a raster mode for each letter, symbol or line trace being exposed. The next data page is retrieved, and the process is repeated until all data pages are processed. It is anticipated that all names, symbols or linework on a 100 × 150 cm map or chart, once sorted into data pages, can be completely exposed in approximately 15 minutes.

Conclusion

The present review has covered a number of new instruments that are being used in the production centres of DMA and USGS. Many of the devices are individually impressive, but work remains to be done to integrate them into a sophisticated automated cartographic capability. The foundation of the capability does exist. After several years of steady development of hardware and technology, we have:

(*a*) Requirements for digital data that are independent of internal needs to support automated cartography;

(*b*) A sound base of experience in digital technology;

(*c*) A variety of instruments, developed both within and outside the cartographic community, that provide the major capabilities needed to make automated cartography a reality.

The missions of DMA and USGS are to make maps economically in response to national needs. Automation, in the past, has been adapted incrementally only when it furthered those missions. The factors outlined above have, however, created a new climate in which a rapid development of integrated automated cartographic systems is now the key to effective accomplishment of those missions.

A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR LAND-USE DATA IN THE UNITED STATES OF AMERICA*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

Aux Etats-Unis d'Amérique, il est de plus en plus nécessaire de faciliter la planification, la gestion et l'utilisation rationnelles des ressources naturelles et de l'environnement. Ces dernières années, on a en outre ressenti le besoin concomitant de techniques et de méthodes améliorées de mise en mémoire, d'analyse et de visualisation des nombreuses données spatiales concernant l'environnement. Simultanément, les progrès techniques réalisés au cours de la dernière décennie en informatique et dans le domaine de l'utilisation des ordinateurs pour le traitement des données concernant l'environnement et les ressources naturelles ont favorisé la création de systèmes de plus en plus raffinés de présentation de l'information par référence aux coordonnées géographiques. Naturellement, les services compétents du Gouvernement fédéral, les organismes de planification des régions et des Etats des Etats-Unis ainsi que les sociétés privées qui s'occupent de la planification et de la gestion de l'environnement et des ressources naturelles de la nation ont activement participé à la mise au point de ces systèmes.

RESUMEN

Hay una necesidad cada vez más urgente de facilitar la planificación, ordenamiento y utilización racional de los recursos naturales y del medio ambiente en los Estados Unidos de América. Esto ha estado vinculado en años recientes a una necesidad paralela de mejores técnicas y métodos para el almacenamiento, el análisis y la presentación de grandes cantidades de datos ambientales espaciales. Junto con estas necesidades, los progresos realizados en el último decenio en la tecnología de computadoras y en las aplicaciones de las computadoras al manejo de datos ambientales y sobre los recursos naturales fomentaron la creación de sistemas de información espacialmente orientados cada vez más complejos. Es comprensible que organismos del Gobierno Federal, órganos de planificación de las regiones y Estados de los Estados Unidos y del sector privado que se ocupan de la planificación y gestión de los recursos ambientales y naturales de la región hayan participado intensamente en el desarrollo de esos sistemas.

LAND USE MAPPING PROGRAMME

Information on current land use, which is an important tool for planners, is being addressed by the United States Geological Survey (USGS). A mapping programme was implemented in 1974 to provide systematic and comprehensive collection and analysis of land use and land cover data on a nation-wide basis. It was designed to complete the initial data sets by 1982 and to provide periodic but selective revisions of the original sets, starting in 1979. The basic set of data produced in the programme includes:

(*a*) Land Use and Land Cover Map;
(*b*) Political Unit Map;
(*c*) Hydrologic Unit Map;
(*d*) Census County Subdivision Map;
(*e*) Federal Land Ownership Map.

The land use and land cover mapping and data compilation was initiated late in 1974 to provide a systematic and comprehensive collection and analysis of land use and land cover on a nation-wide basis. Most land use and land cover maps are being compiled at a scale of 1:125,000 for publication at 1:250,000 scale. By October 1978, land use and land cover mapping had been completed for more than 2.5 million km^2, or nearly 30 per cent of the country. Priority has been given to the mapping of coastal areas, energy production areas, areas undergoing rapid urbanization, and areas for which cost-sharing arrangements have been made with states and regional commissions. The availability of suitable source materials also played a role in the selection of areas to be mapped first. Completion of mapping for the entire country is planned by the end of 1982. The status of mapping as of 1978 is shown by figure 104.

Land use and land cover data are categorized according to the USGS classification system (Anderson and others, 1976), together with other established specifications. The minimum mapping unit is 10 acres (4 ha) for urban or built-up uses, water areas, transitional areas in an urban situation, confined feeding operations, certain other types of agricultural land and strip mines, quarries and gravel pits. All other categories are delineated with a minimum unit of 40 acres (16 ha). Federal land holdings (surface ownership only) are shown for tracts of 40 acres or larger. An example of a land use and land cover map is given in figure 105.

GEOGRAPHIC INFORMATION RETRIEVAL AND ANALYSIS SYSTEM

The Geographic Information Retrieval and Analysis System (GIRAS) was designed to input, store, retrieve, manipulate and analyse digital spatial data developed from the land use and land cover mapping programme.

GIRAS comprises three basic subsystems: data input and editing; data retrieval and manipulation; and data display and output. It incorporates a data-base structure designed specifically for handling spatial data and provides comprehensive facilities for data editing, manipulation and graphic display, and statistical output. The current production mode of GIRAS uses standardized batch computer routines for input and output processing. An interactive GIRAS with extended data manipulation and analysis procedures is currently under development.

* The original text of this paper, prepared by K. Eric Anderson, United States Geological Survey, appeared as document E/CONF.71/L.12

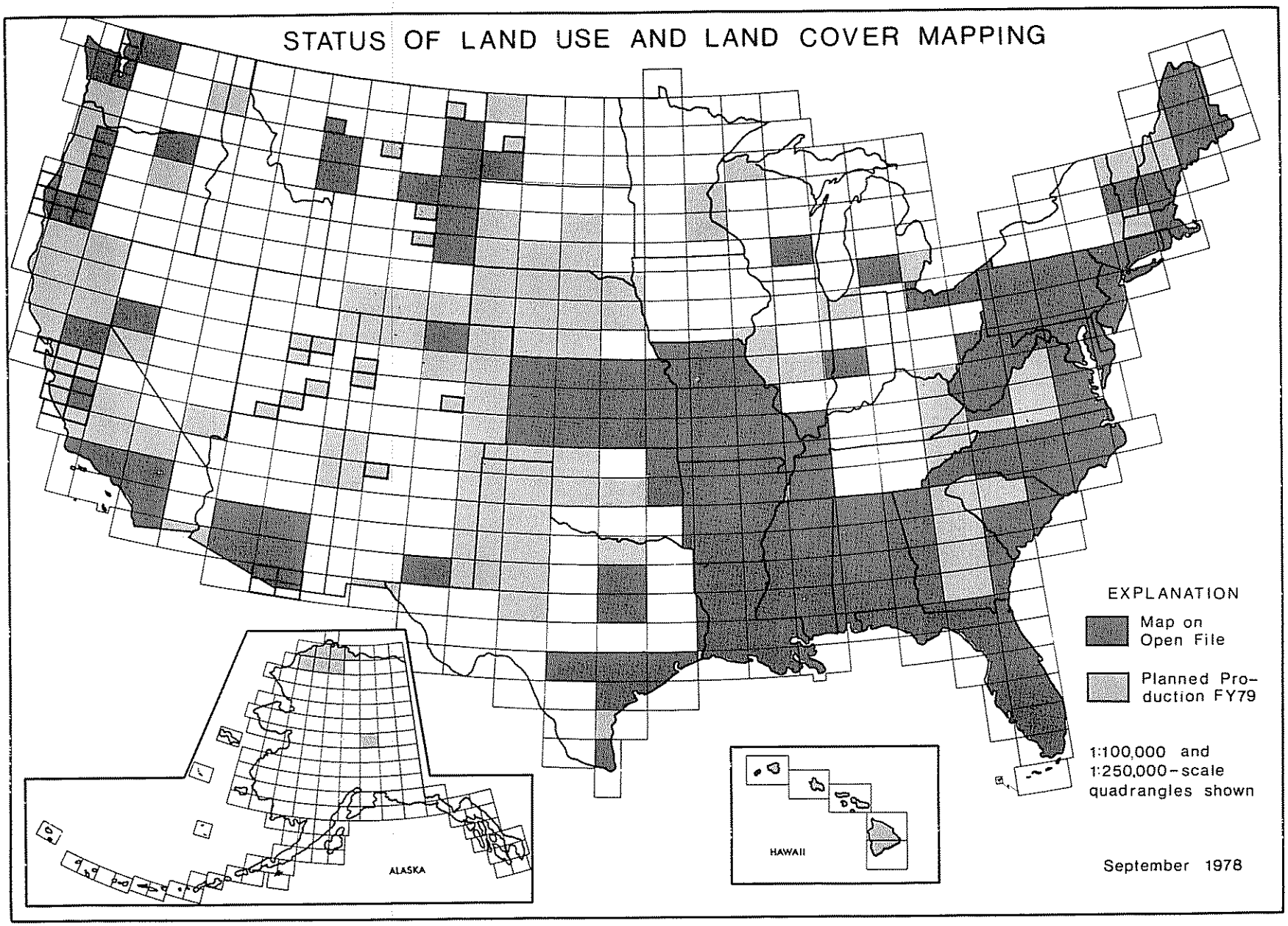
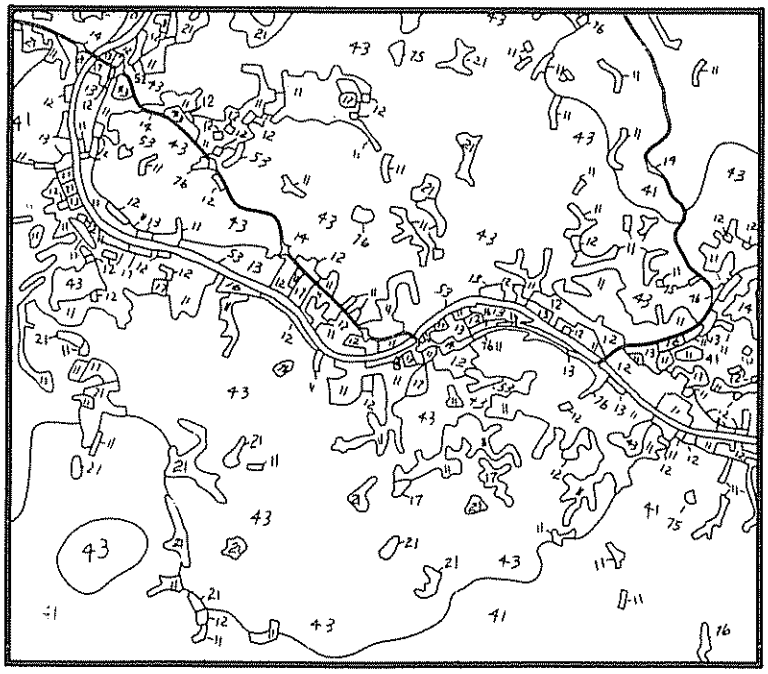


Figure 104. United States of America: status of land use and land cover mapping



0 5 MILES
0 5 KILOMETERS

KEY

11	Residential
12	Commercial and services
13	Industrial
14	Transportation, communications and utilities
16	Mixed urban or built-up land
17	Other urban or built-up land
21	Cropland and pasture
41	Deciduous forest land
42	Evergreen forest land
43	Mixed forest land
53	Reservoirs
61	Forested wetland
76	Transitional areas
77	Mixed barren land

Figure 105. United States of America: part of a land use and land cover map, Charleston, West Virginia, 1:250,000 scale

Data structures

The handling of spatial data, particularly large quantities, has not been explored very thoroughly. Researchers have typically dealt with either small quantities of complex data or large quantities of simple data. Under those circumstances, questions of data organization have not been critical. As large sets of spatial data are compiled, the necessity of having an efficient, comprehensive data structure becomes apparent.

The problems of data organization that appear minor to a researcher working with what he views as a manageable data set become large obstacles to someone who is dealing with large amounts of data in a production mode. The economics of the system are such that they are very sensitive to forms of data organization. A well thought out and optimized logical and physical structuring of the data may mean the difference between the success and failure of a large project.

The GIRAS data structure is the latest in a series of evolving structures used to represent digital land use data. As such, it reflects the designers' (and the users') biases concerning the information to be presented and its format.

Since all maps compiled in the land use and land cover mapping and data programme are polygon maps, the data structure was designed to expedite the handling of that data type. The topological elements associated with polygon maps are shown in figure 106. In the GIRAS structure, the common boundaries, or arcs, are digitized only once. The arcs are then linked together to form polygons. Arcs are line segments defined by a series of x, y co-ordinate pairs. Topologically the structure is similar to the DIME format used by the Bureau of the Census (Cooke and Maxfield, 1968), and to the structure described by Puecker and Chrisman (1975). In dealing with spatial data, it is often more desirable to store certain data rather than to recompute them. Thus, a large amount of ancillary data (e.g., polygon area, perimeter etc.) is carried along in the data structure. The storage of such information not only eliminates redundant computations, but also facilitates data retrieval and analysis tasks. The general structure of a map file is shown in figure 107.

The map header contains a substantial amount of information, including the amount of data in the map, the date of the source material, title and control-point information. The details of the contents of the map header are shown in figure 107. A map may be sectioned for more economical processing by constraining the amount of data processed at one time. It also facilitates geographic retrieval of subsets of the data.

Within each map section there are four subfiles: arc records; co-ordinate data; polygon records; and a subfile assigning arcs to polygons (called FAP). Figure 107 shows the contents of the arc and polygon records. The subfiles are highly interrelated to facilitate analysis. The polygon record contains a pointer to the FAP subfile (PLA), which, in turn, points to those arcs comprising the polygon. The arc records point to co-ordinate strings describing that arc. Both the arc and polygon records contain information to simplify analysis further. For example, an arc record contains the attribute codes left and right of the arc. If an analysis requires the extraction of boundaries between two types of land use, then that information can be retrieved directly from the arc records. In addition, if the areas of the polygon adjacent to the boundary are desired, the arc record points to the appropriate polygon records where the areas are recorded.

The TEXT file relates to the entire map and contains definitions of attribute codes which can be used in the manipulation procedures. The associated data file is provided to enable users to carry with the map additional information for their own purposes.

The design of the data structure was guided to some extent by the fact that the programme is in a production mode for land use and land cover and associated maps. At present, map editing operates in a batch mode on sequential files. The editing process necessarily operates upon all the data, often employing insertions and deletions to the data. That operation is amenable to sequential processing. However, the data structure has been designed so that random access methods could be implemented. This would probably be the desired method when the maps are placed in a data base and the manipulations are focused upon retrieval and analysis rather than modification.

Data capture

The conversion of land use and land cover and associated data from manually produced maps to digital form is the first and most difficult step towards using computer technology effectively for helping to plan and manage land resources. That graphic-to-digital conversion is perhaps one of the least appreciated problems in the field of environmental data-handling today. It is a task that requires good planning and design if it is to be done in a cost-effective manner.

Once a particular data structure has been determined, a procedure must be established to capture data and place them into that structure. The data capture procedure described here involves the conversion of polygon/line maps into digital format. The digitization process includes not only the initial conversion to digital form but also the editing process by which "clean" or logically correct data are produced.

The input documents for digitization are single theme maps consisting of lines and polygon labels (a polygon is an area which is homogeneous in the characteristic being mapped). Each line to be digitized describes a boundary either between two polygons or between a polygon and the outside of the map. Such a boundary—key to the GIRAS structure—is termed an arc. Further defined, an arc begins at one node or point common to three or more arcs, and ends at another node, but does not pass through any node (see fig. 108). A special case is a simple island polygon totally surrounded by a larger polygon. For purposes of digitizing, an arbitrary point on the boundary of the island is chosen as the beginning and ending node of the arc. The polygon labels on the map are codes, not necessarily unique, that identify or describe the polygons in which they are placed or to which they point.

In digitizing, arcs are not tagged in any way; all that is required while digitizing lines is the ability to recognize line intersections (nodes). The lines of the map are completely defined when each arc, including the arcs which are the boundaries of the map, has been digitized at least once. The only points that need to be digitized more than once are the nodes. A polygon is completely defined when its label has been recorded at least once, followed

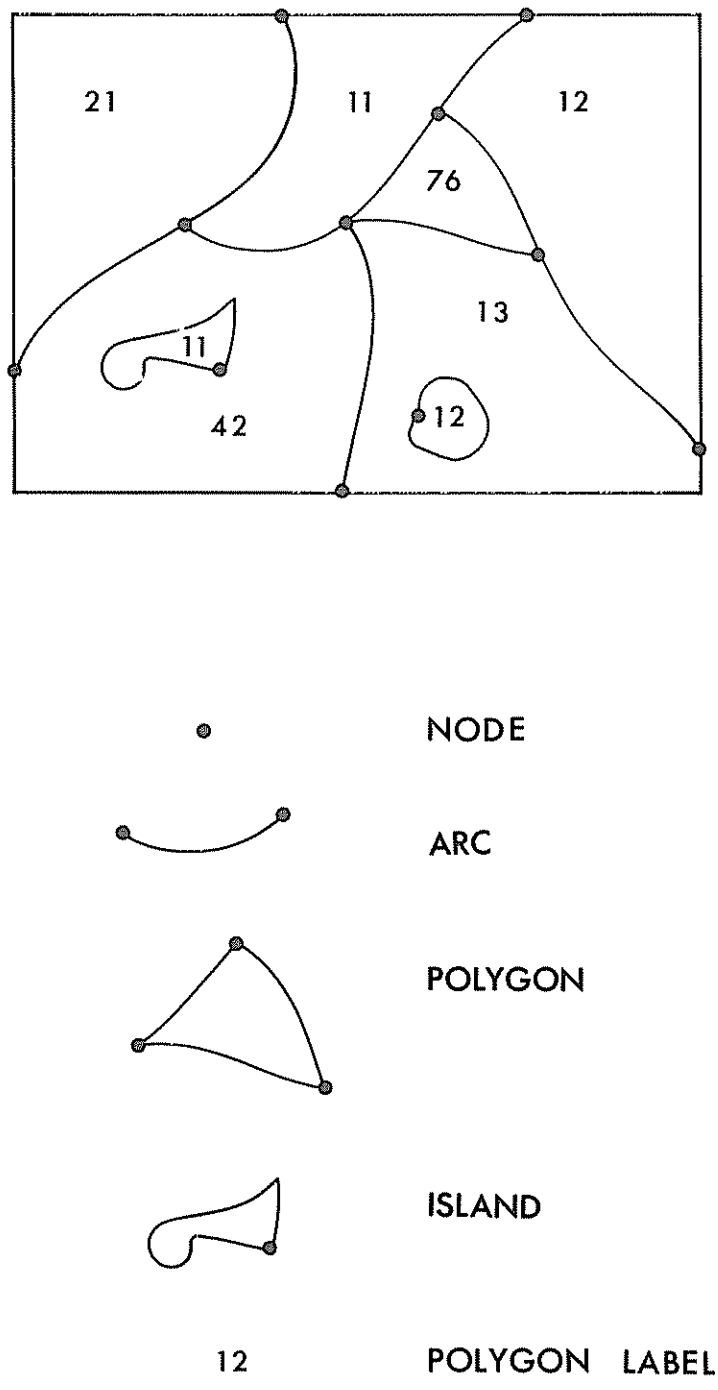


Figure 106. United States of America: topological elements of a polygon map

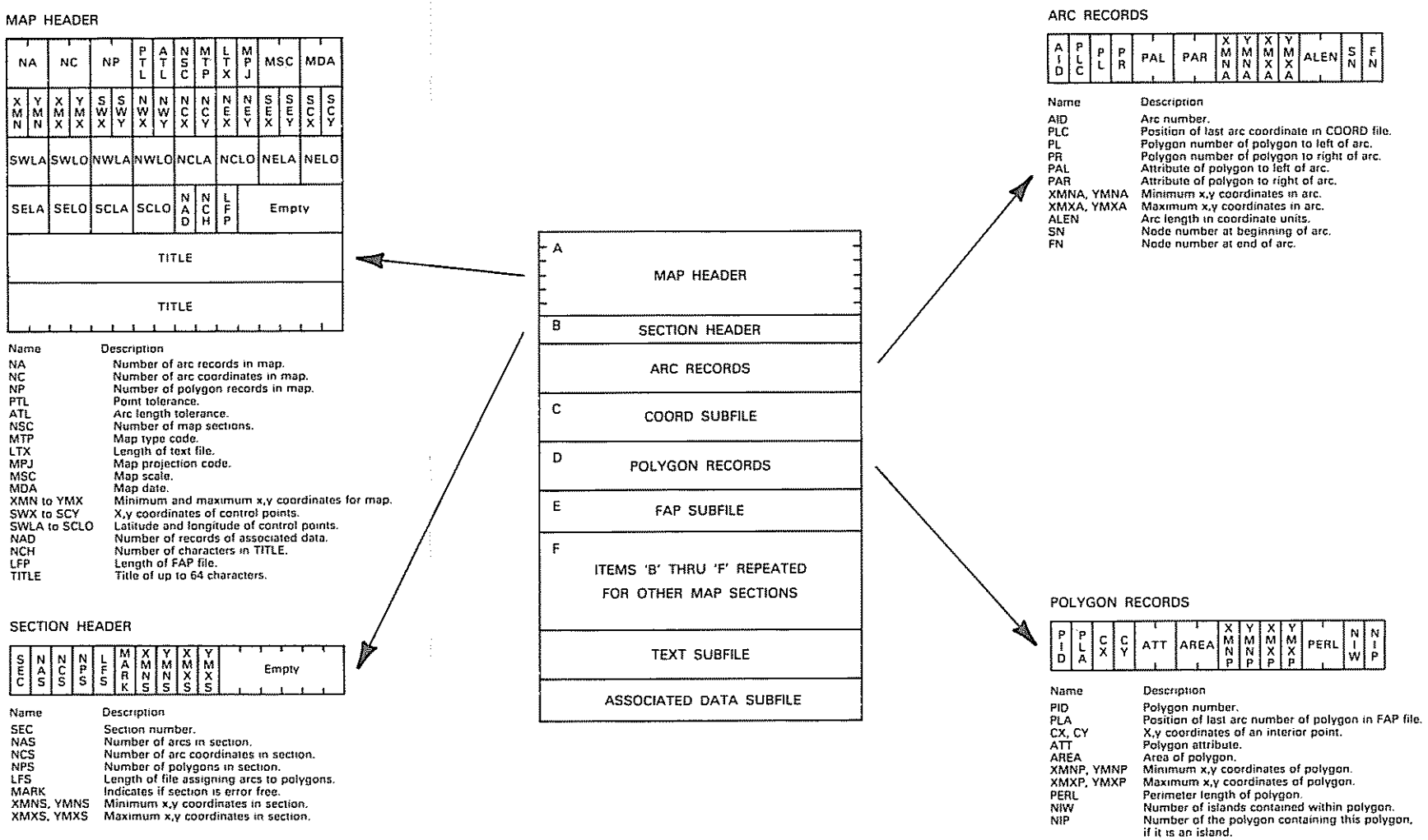


Figure 107. United States of America: general structure of a map file of the Geographic Information Retrieval and Analysis System (GIRAS)

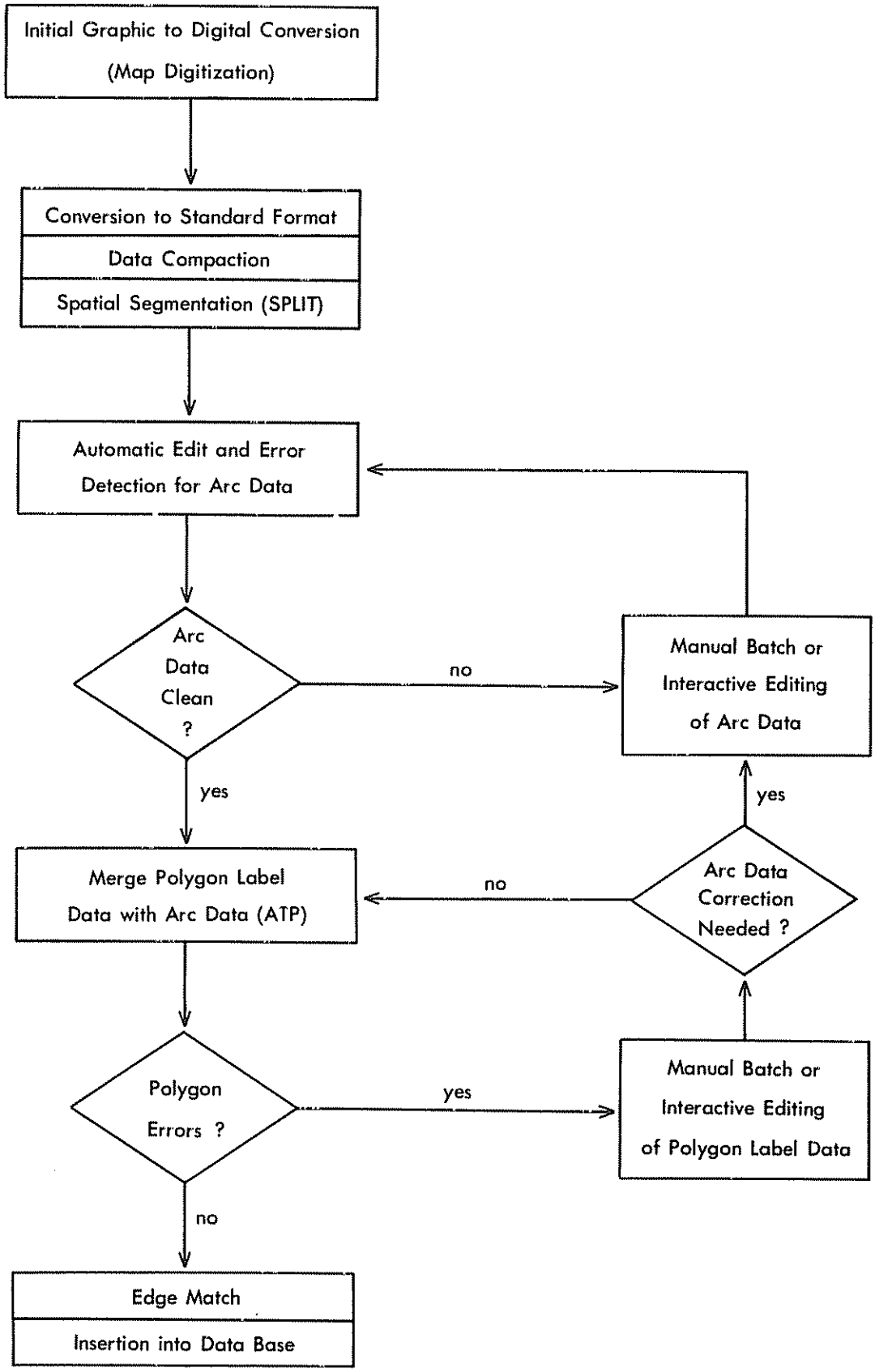


Figure 108. United States of America: graphic input procedures for GIRAS

by the co-ordinates of some arbitrary interior point within the polygon.

After the necessary data have been captured by the digitizer, the data go through the following steps to produce a final clean file:

(*a*) Conversion of data files to standard GIRAS format;

(*b*) Data reduction—i.e., elimination of points not needed to define lines within a given spatial tolerance;

(*c*) Splitting of data sets into sections, if necessary;

(*d*) Automatic editing and error detection for the arc data;

(*e*) Manual batch or interactive editing of arc data, with returns to step (*d*) until all data are error-free;

(*f*) Merging of labeled polygon points with the arc data, resulting in either further error detection or clean files (arc-to-polygon or ATP programme);

(*g*) Manual batch or interactive editing of polygon label data with returns to steps (*e*) or (*d*) if necessary;

(*h*) Edge matching of each map section with neighbouring map sections.

This process is diagrammed in figure 108.

The heart of the graphic input procedure is the arc-to-polygon (ATP) programme. ATP ties the labeled polygon interior points to the arc data, creating the cross-references polygon-arc files of the final "clean" data sets. The programme also serves as the final stage of topological checking and verification. Most of the polygon label errors are flagged in ATP as well as false arc crossings and duplicate arcs. The errors listed may indicate the need for more arc editing and/or editing of labeled interior points. Since the programme deletes duplicate and misplaced labels, the editing of labeled polygon points consists of either changing a label or adding a labeled point.

The final step in building the GIRAS file involves the edge-matching of the outside boundary arcs of each map section with neighbouring map sections, either from the same map sheet or from other maps previously digitized and filed. The edge match process entails not only the completion of the map being processed but also the update of the edge information of maps already stored. Upon completion of the graphic input procedure, the data can be declared topologically "error-free" and ready for information retrieval and analysis.

It can be seen that the conversion of land use and land cover and associated maps into digital form is an exacting process. That must be the case, however, in order not only to ensure the integrity of the digital data being produced but also to enhance the value of the data in applying them to problem-solving tasks.

Data volumes

The digitizing operation of GIRAS has been functional since mid-1975. The records of the data-editing procedures have been used to estimate the data volumes that will be involved in future operations. The table shows some measures of data volumes for the categories of land use and land cover, political units, census county subdivisions, hydrologic units, and federal land ownership for selected samples of 1:250,000 map quadrangles. The statistics show the number of arcs and digitizer co-ordinates input to the system as a result of digitizing as well as the number of arcs and co-ordinates output after a data reduction process in the editing stage. In addition, the number of polygons and the arc line lengths for the quadrangles are shown. The average and high counts and measurements are also shown for each.

Data volumes of a sample of digitized map overlay categories

	Sample size	*Average*	*High*
Land use and land cover			
Input arcs	54	7 765	27 686
Output arcs	54	7 340	27 339
Input co-ordinates	54	877 003	2 170 480
Output co-ordinates	54	165 384	435 540
Polygons	51	2 986	9 865
Arc lengths (m)	50	59 91	138 61
Political units			
Input arcs	49	42	101
Output arcs	47	42	101
Input co-ordinates	48	43 512	89 124
Output co-ordinates	47	3 526	7 834
Polygons	54	16	37
Arc length (m)	34	8 90	12 72
Census county subdivisions			
Input arcs	48	509	2 259
Output arcs	43	419	2 259
Input co-ordinates	48	106 812	258 456
Output co-ordinates	45	10 283	29 088
Polygons	49	156	642
Arc length (m)	33	12 24	20 68
Hydrologic units			
Input arcs	48	34	67
Output arcs	43	36	72
Input co-ordinates	50	45 205	82 480
Output co-ordinates	45	4 850	10 966
Polygons	54	12	23
Arc length (m)	34	5 27	7 92
Federal land ownership			
Input arcs	33	47	604
Output arcs	32	59	604
Input co-ordinates	35	36 536	181 250
Output co-ordinates	33	5 492	13 896
Polygons	37	31	222
Arc length (m)	24	3 65	16 25

The most dramatic variations indicated are the digitizer co-ordinates reduced in the editing process while not basically affecting the number of arcs. The greater complexity of the land use and land cover maps is demonstrated by the average number of polygons recorded for them as compared to those recorded for other overlays. Equally instructive are the wide variations in the number of polygons and the arc line length for quadrangles sampled.

Applications

The major benefits of digital spatial data result from their use with programmes to answer land use planning and resource management questions. More time and effort must be expended in developing such programmes if the long-term benefits of collecting and retrieving digital data are to be realized.

Some programmes of that type have been developed in the United States Geological Survey. Many of the procedures produce graphic products. Hard copy graphics output is produced on a variety of output devices, including drum plotter, flatbed plotter and line printers.

One of the most common products is a colour pen plot of land use and land cover maps. Each land use and land cover category is represented by a unique colour-pattern combination. Some of the criteria and options available in the plotting programme are as follows:

(*a*) Selective boundary plotting criteria

Attributes on either side (by polygon)

Attributes not on either side (by polygon)

Attributes on one side and another set of attributes on the other side (by boundary type)

Attributes on one side and another set of attributes not on the other side (by boundary type)

Attributes not on one side and attributes not on the other side (by boundary type)

(*b*) Polygon plotting options

Boundaries only of a given polygon attribute(s)

Polygon labels and/or polygon sequence numbers

Polygons selectively shaded and each selected attribute shaded with a unique user-specified colour-pattern combination

Any scale

The selective use of plotting criteria allows the user to generate specific graphic displays. For example, an investigator interested in wetlands preservation might display only wetland, residential and transitional categories. From the resulting display, the researcher can visually assess the encroachment of residential areas on the wetlands.

A procedure also exists for creating open-window press-plate negatives from scribe coats generated on a high-precision Gerber[1] plotter using GIRAS digital data. Solid colours are used to portray level-I land use and land cover data.

Separate plot files are generated on tape for the Gerber plotter, one file for each of the level-I categories, and a file of all level-II land use and land cover boundaries. For each level-I category, only external boundaries (those separating level-I category polygons from each other) and not internal boundaries (those separating different level-II subcategories of the same level-I use) are selected for plotting.

A 150 μm scribing tool is used to cut sets of scribe coat material. Photo-sensitive peel coats are exposed, using the scribed material from the level-I category plate for each set, and open-window negatives are made for each colour. The level-II land use and land cover boundary scribe coats are used to print the black land use and land cover boundaries. A screened standard 1:250,000-scale quadrangle black line base is added for reference.

Many existing spatial data systems can utilize only data stored in grid cells. Thus, a programme to convert the polygon structure to a grid cell format has been devised. The latest version of the programme takes advantage of the information in the GIRAS data structure and greatly reduces computational time, compared to earlier techniques. Previous methods were based upon a point-in-polygon search routine that determines if the centre of a grid cell was within a specified polygon. The technique used by the present programme, polygon-to-grid (PTG), uses the data associated with arcs but not with polygons. The intersection point between each horizontal scan line of the grid system and the arc is calculated. The attribute data carried with each arc are then used to determine the categories of the cells along the scan line. That causes the relationship between grid size and the computation time to be linear rather than exponential. This is important because a small grid size (specifically, one half of the smallest feature) is required to retain the detail of the map. Any size grid cell can be chosen.

A method has been developed for evaluating gridded data sets on the basis of the possibility of a certain cell state occurring, given the states of the neighbouring cells.

Using the PTG programme, a composite grid cell data base can be created. Each map overlay is converted to grid cell form; then the grid cell files are merged to create the composite data set. The information in the data base can be retrieved and then tabulated by combinations of attributes and geographical units. Standard tabulations include land use and land cover by county or by hydrologic unit, and census county subdivision and census tract in standard metropolitan statistical areas. Other combinations, such as federal land ownership by county, are possible.

Conclusions

In recent years digital spatial data sets have expanded in size, complexity and variety. At the same time a wide range of computer hardware and software has become available to store, manipulate and display the data. The rapid growth in data base size and the increasing demand for data mandate the need for continuing development of digital data bases and innovative and sophisticated geographical information systems. The United States Geological Survey has accepted a role as a major provider of digital spatial data and, as such, will continue to be in the forefront of geographical information systems development.

[1] The use of trademarks and trade names in the present paper is for descriptive purposes only and does not constitute endorsement by the United States Geological Survey

References

A land use and land cover classification system for use with remote sensor data *By* J R Anderson *and others*. United States Geological Survey professional paper 964, 1976. 28 p.

Anderson, K E. Spatial analysis in a data base environment. Proceedings of the First International Advanced Study Symposium on Topological Data Structures for Geographic Information Systems, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 1978, vol 2.

———. Developing and using a geographic information system for handling and analyzing land resources data. *By* K E Anderson *and others*. *Remote sensing of the electro-magnetic spectrum* 4 No. 4:67–83, 1977

Cooke, D F. *and* W H Maxfield. The development of a geographic base file and its uses for mapping. Papers from the Fifth Annual Conference of the Urban and Regional Information Systems Association, Kent State University, Akron, Ohio, 1968.

Fegeas, R G. The graphic input procedure: an operational line segment/polygon graphic to digital conversion. Proceedings of the First International Advanced Study Symposium on Topological Data Structures

for Geographic Information Systems. Harvard University. Cambridge, Massachusetts, 1978, vol 7

———, *and* P. M Kewer. Transfer of land use and land cover and associated maps into digital format. *Remote sensing of the electromagnetic spectrum* 4 No. 4:55–66, 1977

Guptill. S C The impact of computer graphics, data manipulation software, and computing equipment on spatial data structures Proceedings of the First International Advanced Study Symposium on Topological Data Structures for Geographic Information Systems, Harvard University. Cambridge. Massachusetts. 1978. vol 2

International Geographical Union, Commission on Geographical Data Sensing and Processing First interim report on digital cartographic data handling activities in the United States Geological Survey. Prepared for the United States Geological Survey, Department of the Interior, under grant No 14-08-0001-G-215, 1976 365 p.

———. Second interim report on digital spatial data handling in the United States Geological Survey Prepared for the United States Geological Survey, Department of the Interior, under grant No 14-08-0001-G-215, 1976 255 p.

Milazzo, V A , C A Hallam *and* K. E Anderson An integrated system of graphic and digital data production Association of American Geographers Program Abstracts New Orleans. Louisiana, 1978, p. 230

Mitchell, W. B Geographic information systems in a federal government environment Proceedings of the First International Advanced Study Symposium on Topological Data Structures for Geographic Information Systems, Harvard University, Cambridge. Massachusetts, 1978, vol 2

———. GIRAS—a geographic information retrieval and analysis system for handling land use and land cover data *By* W. B Mitchell *and others* United States Geological Survey professional paper 1059, 1976. 16 p.

Puecker. T K *and* N Chrisman. Cartographic data structures. *The American cartographer* 2 No 1:55–69, 1975

Tomlinson, R. F., H. W. Calkins *and* D F Marble Computer handling of geographical data Paris, National Resources Research, Series XIII, 1976 214 p.

THE ORDNANCE SURVEY TOPOGRAPHIC DATA BASE CONCEPTS FOR THE 1980s*

Paper presented by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

RÉSUMÉ

Les progrès réalisés en informatique et dans le domaine voisin de la cartographie numérique sont tels qu'au cours des années 70 une méthode cartographique entièrement nouvelle a été adoptée au Service géographique de l'Armée britannique. Dans les années 80, la primauté appartiendra aux données proprement dites, qui s'imposent avec force comme un nouveau véhicule de l'information topographique. Ces données auront une structure plus complexe que nécessaire pour l'établissement de cartes, ce qui permettra leur analyse par ordinateur, par exemple dans des systèmes d'information cadastrale. Pour établir les cartes, on utilisera des méthodes beaucoup plus efficaces afin de pouvoir transformer en une dizaine d'années les cartes existantes à grande échelle du territoire du Royaume-Uni en fonds de données topographiques numériques. Ce fonds de données ne sera utile que si les possibilités de mise à jour sont au moins comparables aux procédures actuelles de révision permanente. A long terme, grâce aux systèmes de transmission de données, le fonds de données topographiques pourra être relié aux autres fonds de données utilisant des données topographiques.

Dans l'avenir immédiat, le plus urgent est de mettre au point un système cartographique plus perfectionné, qui réponde à la nécessité d'une efficacité accrue. Ce système sera basé sur la numéralisation automatique, et des études de réalisation ont été effectuées pour déterminer si le système Laser-Scan FASTRAK peut répondre aux besoins du Service géographique de l'armée. Le document contient une description de ces besoins ainsi qu'une analyse des premiers résultats.

RESUMEN

El progreso que se ha logrado en la tecnología de computadoras, y en la esfera conexa del levantamiento digital de mapas, ha sido tal que durante el decenio de 1970 se ha establecido un método completamente nuevo de producción de mapas en el Servicio Oficial de Topografía. En el decenio de 1980 predominará la importancia de los datos en sí, como un medio nuevo y muy eficaz de presentar la información topográfica adquirida. La estructura de los datos será más compleja que la que se requiere para la producción de mapas, a fin de que se puedan utilizar los datos para el análisis mediante computadoras, por ejemplo, en los sistemas de información sobre tierra y propiedad. Se mejorará considerablemente la eficiencia de los métodos de producción para que en un decenio se puedan convertir los archivos existentes de mapas del Reino Unido en gran escala en una base de datos topográficos digitales. La eficacia de la base de datos dependerá de la capacidad de actualizar los datos, que por lo menos es comparable con los procedimientos actuales de revisión constante. A más largo plazo, los vínculos para la transmisión de datos harán posible la vinculación de la base de datos topográficos con otras bases de datos que requieren datos topográficos.

Para el futuro inmediato la necesidad prioritaria es la de elaborar un sistema de producción de segunda generación para lograr la mayor eficiencia necesaria. El sistema estará basado en la digitalización automática y se han llevado a cabo estudios avanzados de diseño para evaluar la capacidad del sistema de láser de barrido FASTRAK para satisfacer las necesidades del Servicio Oficial de Topografía. Los estudios se describen junto con un examen de los resultados obtenidos hasta el presente.

INTRODUCTION

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland is one of the best mapped countries in the world and, as such, is better placed than most to undertake the major step of converting its existing large-scale mapping into a digital topographic data base to meet the needs of the computer age. The two main functions of the Ordnance Survey, as the national mapping organization, are:

(*a*) To produce and maintain up-to-date "basic"-scale

* The original text of this paper, prepared by C N Thompson, Ordnance Survey, Southampton, and P A. Woodsford, Laser-Scan Limited, Cambridge, appeared as document E/CONF 71/L 26

topographic surveys at 1:1,250 for major urban areas, and at 1:2,500 or 1:10,000 for the remainder of the country;

(*b*) To make that survey information available at the basic scales in forms appropriate to users' needs.

The fundamental task of establishing the basic-scale surveys and associated mapping is virtually complete. It is the second function that has particular relevance today, as user needs move increasingly towards the presentation of survey information in computer-compatible form. The methods of large-scale surveys and mapping at the Ordnance Survey have evolved over a period of time, largely in response to the need of users such as planners, engineers and administrators in local government and the public utilities and those involved in the registration and conveyancing of land. During the 1970s digital mapping emerged as a routine, if rather expensive, production method (1).* Although there is every expectation that digital map production costs can be reduced in the next two to three years, that is of relatively minor significance in a country already comprehensively mapped. The conversion of the existing map archive to a digital topographic data base is a very different matter, requiring considerable resources and a need for much greater efficiency in digitizing, with map production becoming one of many by-products of the data base. However, digitizing cannot be considered in isolation from the uses and methods of presentation of the data, transmission of the data, and the whole panoply of maintenance and management of the data base.

In discussing the digital topographic data base, it is first necessary to make a distinction between the present Ordnance Survey digital map data bank and what is envisaged in the data base of the future. The data bank consists of a series of records containing both the co-ordinates defining the alignment of a feature and a code for describing the feature. Those records are arranged sequentially in the order in which features are digitized. For plotting or other outputs of the data, the relationship between items in the data bank follows the order of digitizing, and it is therefore necessary for the whole file to be accessed sequentially. On the other hand in the data base the data are structured so that any item or feature is related to several others, thereby cutting across any "natural" ordering there might be in storage. That structuring of the data can encompass both the spatial relationship between features and a hierarchical classification of feature types.

The present paper discusses the overall requirements of the Ordnance Survey Topographic Data Base and the advanced design studies commissioned by the Ordnance Survey to assess the capabilities of the Laser-Scan FASTRAK system as the basis of a production system for the data base.

The digital topographic data base

Presentation of surveyed topographic information

The digital topographic data base will constitute a new means of making surveyed topographic information available to users. As such, it will be complementary to, rather than a replacement for, other methods which have been in regular use for many years and which depend on the ability to present the information in graphic form, be it as a high quality map, a diazo copy of a survey document or on microfilm (2). It is therefore necessary to review existing procedures for the presentation of survey information at present in use at the Ordnance Survey.

Table 1. Ordnance Survey basic-scale surveys and mapping

Scale of map	*Area of map*	*Maps in series*	*Coverage of the United Kingdom (percentage)*
1:1 250	½ × ½ km	53 536	5
1:2 500	1 × 1 km	164 555	60
1:10 000	5 × 5 km	3 859	35

The main archive, or data base, or surveyed information is held, by map sheets (see table 1) on master survey drawings (MSD), which are retained in permanent "field" offices located in, or near to, centres of population. The MSD itself is produced on a transparent, stable base material and is used as a working document to record or delete all change as it is surveyed (see table 2). The MSD is used as the base for the following:

(*a*) *Level 1*—Supply of unpublished survey information (SUSI), which involves diazo copying of the MSD itself in the field office. This service provides users with the most up-to-date surveyed information.

(*b*) *Level 2*—Supply of information on microfilm (SIM), which involves returning the MSD to Ordnance Survey headquarters for microfilming when the change on a map has reached certain specified levels. The microfilm can be provided directly (or through agents) to users, or may be used to provide paper or film copies.

(*c*) *Level 3*—Conventional map production, from which a master negative is retained at Ordnance Survey headquarters.

Table 2. Ordnance Survey procedures for presentation of surveyed topographic information

Data base	*Location*	*Output*	*Currency*
Level 1 MSD	Field office	SUSI diazo copy	0-6 months
Level 2 SIM	Headquarters or agents	Microfilm edition, SIM diazo copy	0-10 years
Level 3 Master negative	Headquarters	Printed map edition, film transparencies	1-50 years

Where digital map production methods are used, the MSD is normally the source document used for digitizing, which is done centrally at Ordnance Survey headquarters. In addition to providing the normal range of graphic products, the digitized data are incorporated into the digital map data bank. Updating of the data bank occurs by further digitizing whenever the MSD is subsequently returned to headquarters for microfilming for SIM. At present, there is no digital update capability with the SUSI service.

All the above-mentioned facilities reflect varying requirements that users have for surveyed topograpic information and the varying levels at which the data bank is maintained. However, it is not yet possible to satisfy the needs of those who require the information in advance of the physical appearance on the ground of, for example, a new development—and nor is it likely to be.

The present brief overview, although not a justification in itself, is *de facto* recognition that a need exists for the

* Numbers in parentheses are keyed to the reference list

type of topographic information provided by the Ordnance Survey and that in the main that has satisfied the majority of the traditional, and largely specialist, users of Ordnance Survey large-scale products.

Applications of digital data

The need for digital data has been discussed at length elsewhere (1), and it is necessary here only to indicate the type of facilities that users of Ordnance Survey large-scale maps will require once the archive has been converted to a digital topographic data base. Examples of the two main areas of application for digital data—graphic representations of data from one or more sources and use of the data for spatial referencing in computer-based information systems—together with the needs of map production, are discussed below.

A major conventional use of Ordnance Survey large-scale maps is for the recording of public utility networks such as gas and water mains, electricity and telephone cables etc. In most cases the network record has been directly drawn on the map, and although updating of the network is routinely carried out, the quality of the map over a period of time is progressively degraded. Considerations of cost normally preclude frequent replacement of the base map, since that would require redrawing of the network information. Consequently, a map may remain in use for 20 or 30 years or even longer. There are clear advantages in being able to digitize both the map and the public utility networks and to merge the different data sets when and as required. Updating of any one record can be equally easily incorporated into a combined record. As detail on the ground, particularly road alignments, is frequently used as the reference to record the position of a main or cable, it is important that such topographic detail should be surveyed and incorporated into the digital topographic data base at the earliest opportunity. It is also important that there should be no delay in the transmission of the data to other users, and that can be facilitated by data transmission networks.

The use of digital topographic data for spatial referencing in computer-based information systems is more directly the result of computer technology and cannot be so readily compared with existing uses of mapping. The Local Authority Management Information System (LAMIS) (3) is one such system for which Ordnance Survey is providing digital topographic data to be incorporated in a land and property data base. The hub of the data base is the Unique Property Reference Number (UPRN) and other files which may be directly linked are shown in figure 109. The Boundaries File, for example, holds the national grid co-ordinates of both the centroids and the boundaries of all plots of land and properties in the data base. The Areas File contains grid co-ordinates of predefined areas within the local authority—smoke control areas, improvement areas, enumeration districts etc —which facilitates the geographical/spatial retrieval of data related to those areas. The predominant need of such systems is that the information that they hold must be completely up to date, and this imposes a need not only to provide updated topographic data on a regular and timely basis but to provide the centroids and boundary co-ordinates as well.

Although map production will not be the primary reason for establishing the Topographic Data Base, it will undoubtedly be a main beneficiary of the data once it is available. It will be possible, for example, to use the data for derived mapping at smaller scales, as described by Searle and Waters (4) for the production of the Ordnance Survey digitally derived 1:10,000 and 1:25,000 maps, and of the same currency and quality as the Data Base. There will also be scope for improvement in the whole range and quality of map products. However, map production requirements will impose some constraints, and even conflicts of interest, in the methods adopted to create and maintain the Data Base. Potentially a data base can be produced to a higher standard of accuracy than a map, where varying degrees of convention and generalization can quickly degrade the accuracy of the original survey. High-quality line work is essential for large-scale mapping; not so obvious is that buildings must appear "square" and street edges straight. "Improvements" of that nature, although readily made by the draughtsman, are not so easily accomplished with digitizing. Although most problems can be overcome now with the existing manual digitizing procedures, it is almost certain that there will need to be some compromises in the representation of graphic detail.

Characteristics of the Topographic Data Base

The Ordnance Survey Restructuring Project (1) is designed to enable the use of the map data for applications such as LAMIS so as to ensure compatability of the data between a wide range of uses (both graphics and computer-based) and users and to avoid duplication in the production of spatial data.

The essential requirement for computer-based applications is that the data must be "structured" so that it is possible for an item of topographic information to be directly related to others, thereby cutting across any "natural" ordering there might be in storage. For example, the digital map data are sequentially stored in the order in which they were digitized, and although it is possible to select by feature code, or even within a defined geographical boundary, it is necessary to access sequentially the whole file each time a request is made. On the other hand, the Ordnance Survey "restructured" data consist of two main files:

(*a*) The "nodes", created at each detail intersection, with pointers to the links that meet at the intersection and the feature codes of those links;

(*b*) The "links", which contain the co-ordinate data and feature codes of the detail segment between two intersections, and pointers to the nodes at either end of the link.

It is therefore possible to select paths through a network, as illustrated in figure 110, without having to access all data on the file. It is that data structure that will most probably be adopted for the Digital Topographic Data Base, as opposed to the present Digital Map Data Bank. A specific application is the automatic extraction of land parcels (see fig. 111), which is achieved by applications software, known as the User Language (Land) of the Restructuring Project, operating on the restructured data.

From the foregoing discussion it is clear that the Topographic Data Base will have to cater for the following:

(*a*) Provision of geographical/spatial referencing in computer based information systems;

(*b*) Provision of user specialist maps and graphics

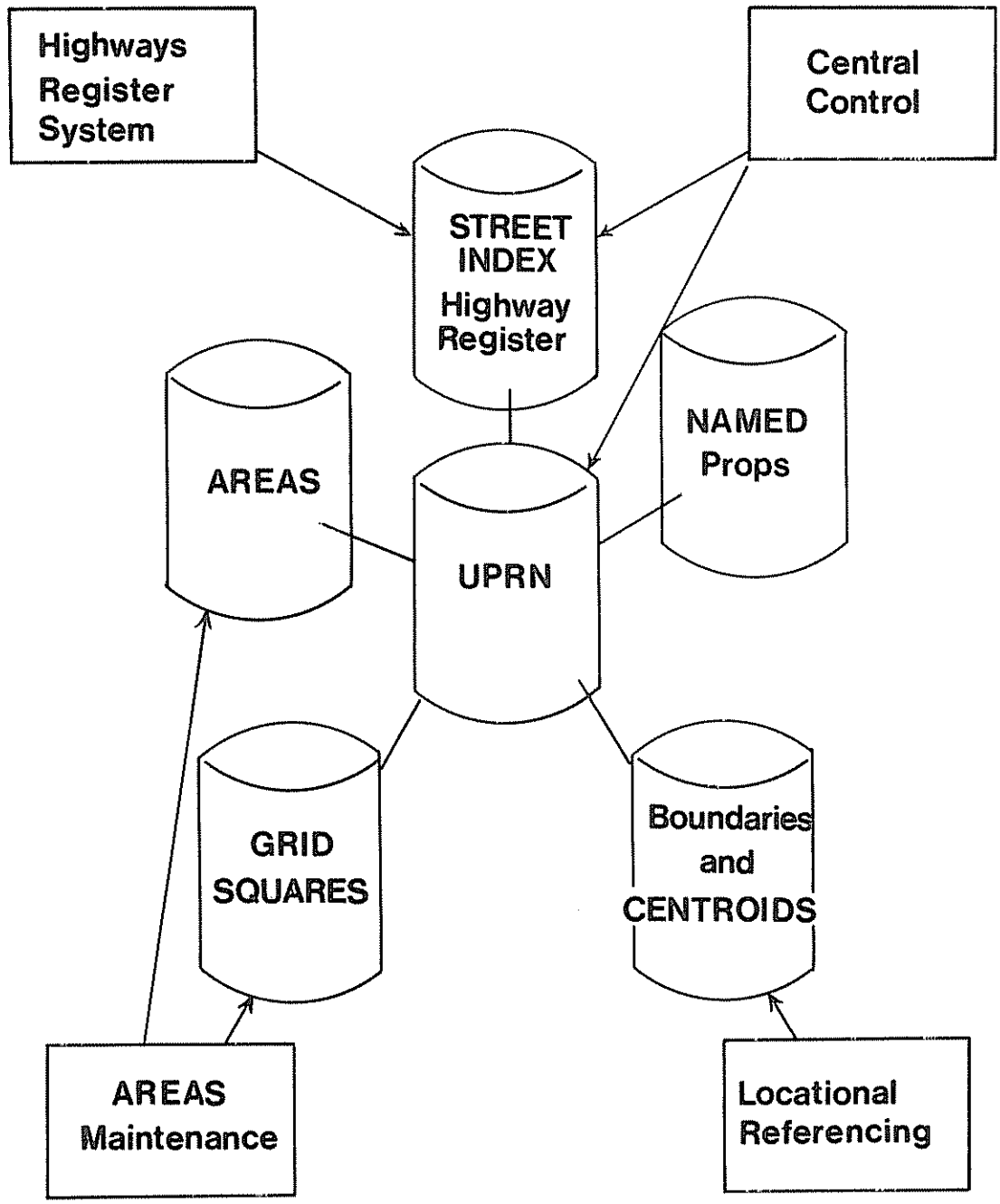


Figure 109. United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland: Local Authority Management Information System (LAMIS)

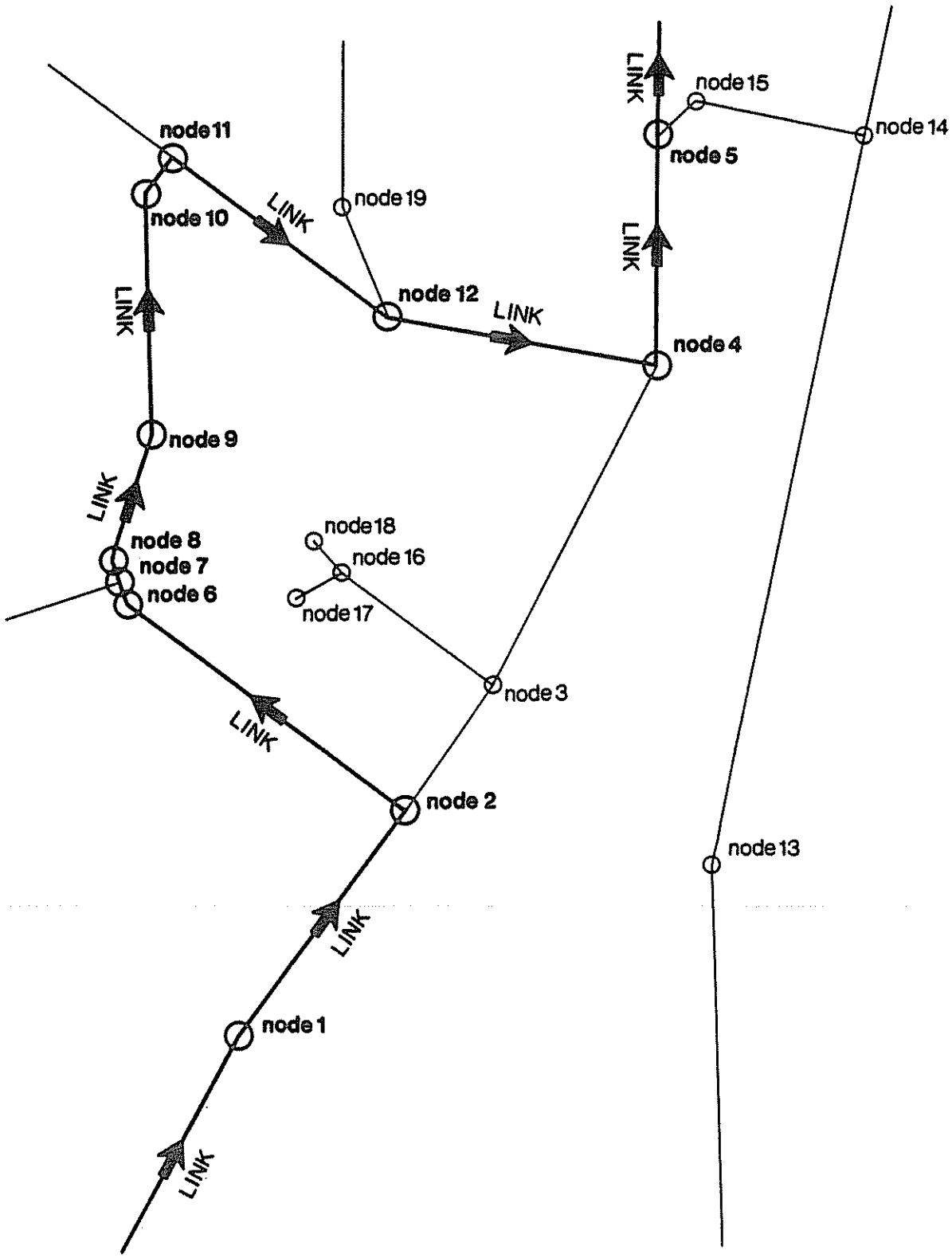


Figure 110. United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland: example of a path selection through a network

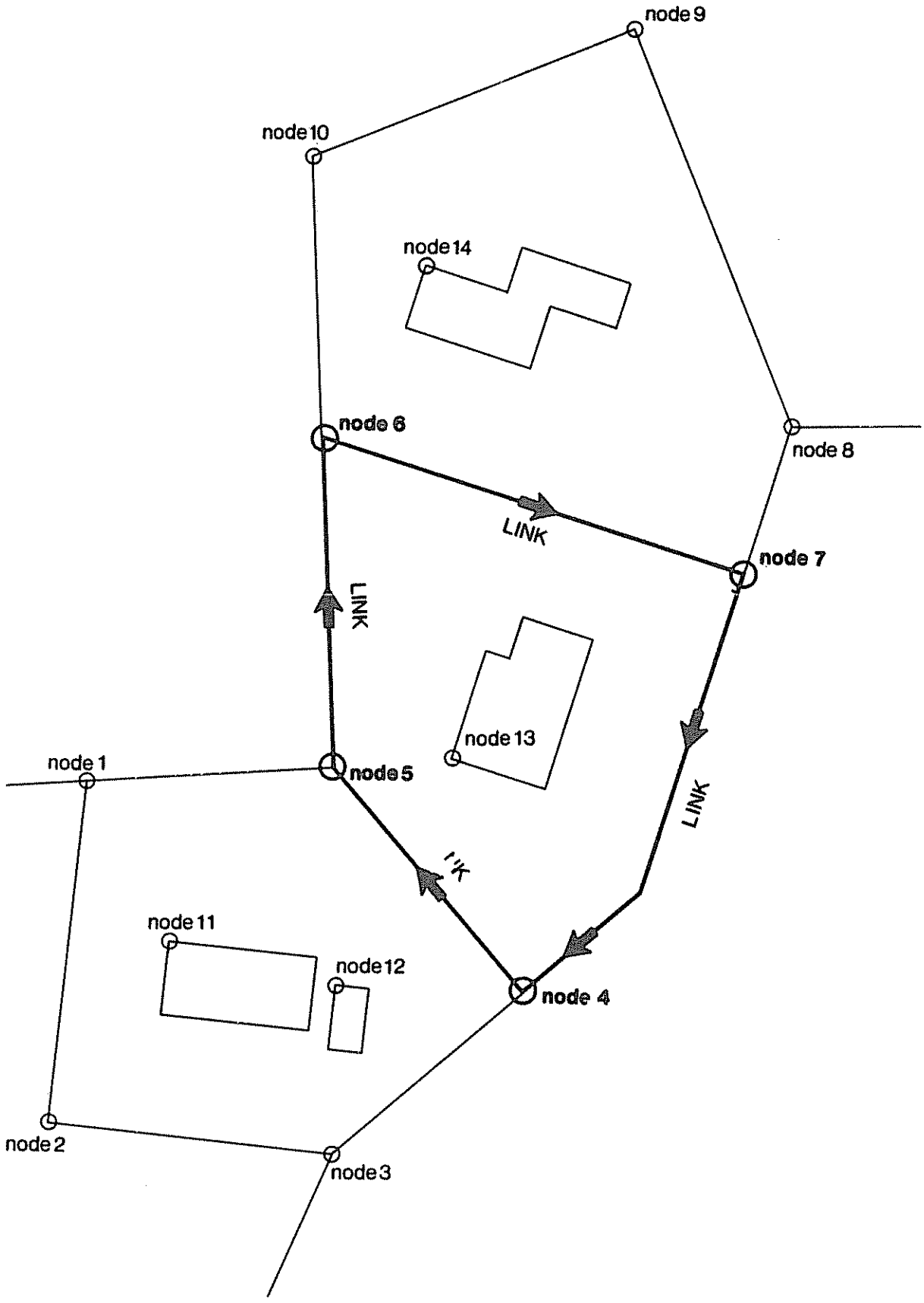


Figure 111. United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland: example of network path

where data can be selected from one or more sources and overlaid on the map base;

(*c*) Production and maintenance of high-quality topographic maps and map substitutes.

To achieve this, the Data Base must have the following characteristics:

(*a*) Data must be structured so that any one item of topographic information is related to several others, thereby cutting across any "natural" ordering there might be in data storage;

(*b*) The accuracy and content of the data must be consistent with the most stringent applications of the Data Base;

(*c*) There must be provisions for updating the content of the Data Base that are at least the equivalent of the present graphic methods;

(*d*) There must be provision for the security of the Data Base.

The main components that will be required in the production, maintenance and exploitation of the Digital Topographic Data Base, together with the main data files either in use or under development by the Ordnance Survey, were discussed in a paper presented at the 1979 Conference of Commonwealth Surveyors (5). Of overriding importance are the means whereby the data base will be established in the first place. The methods used must not only be efficient in terms of cost and production time, but the conversion of the existing large-scale map archive must result directly in data with the appropriate content, structure and accuracy to satisfy all potential uses of the data base. It was to establish the feasibility of the use of automatic digitizing that the Ordnance Survey commissioned a study by Laser-Scan Ltd. to assess the suitability of the FASTRAK system.

THE FASTRAK AUTOMATIC DIGITIZING SYSTEM AND OS DIGITAL MAPPING

The Laser-Scan FASTRAK Automatic Digitizing System

FASTRAK is an interactive, automatic digitizing system developed primarily for cartographic applications. The key elements of the FASTRAK philosophy are:

(*a*) Direct capture of information in feature form by line-following; the operation of FASTRAK is similar to that of a manual table, but with automatic following of lines or edges;

(*b*) Large-screen display of source material and of the progress of data capture, with operator interaction to direct the sequence of events and to interpret and resolve areas of difficulty;

(*c*) A built-in progress and accuracy check;

(*d*) Direct selection and classification of features during data capture;

(*e*) Integral microfilm hard-copy output and interactive editing facilities.

Line-following has the advantage of economy—in that only those areas where information exists are scanned—and of selectivity—in that features to be captured can be chosen as required.

The interactive philosophy retains the human operator in a supervisory and interpretive role, while removing the tedium of measurement. It allows the system to be used for production work, in that manual operation is always available for problems that cannot be solved by machine. At the same time the system can evolve both by increases in efficiency (reduction of manual interventions) and by extending the range of the graphic information that can be captured. Since the operator can indicate the class of feature (curved line, point feature, rectilinear and so on), algorithms can be tuned to each feature class without the need for elaborate pattern recognition capabilities.

A description of the FASTRAK system and its use for small-scale topographic and culture maps is to be found in the paper by Howman and Woodsford (6). The investigation into the use of FASTRAK for large-scale urban mapping, such as the Ordnance Survey maps in the scale 1:1,250 and 1:2,500 is discussed below.

Automatic digitization of Ordnance Survey large-scale mapping

A trial digitization was performed using ×6 photo-reduction of the source document. That photo-reduction is displayed on the operator console at ×10 magnification, providing a 5:3 enlarged image of the source document. The operator controls the sequence of data capture, which proceeds on a feature-by-feature basis.

In the trial a representative 1:1,250 sheet (see fig. 112) was digitized, with certain omissions, in 4 hours 48 minutes. The resulting raw digital data are shown in figure 113. The same sheet was digitized manually in 38 hours on the current digital flowline (using a manual table) after 5 hours of pre-edit work. The omissions were texts, centre lines of roads, spot heights and glass houses (hatched areas). Those could have been digitized manually at the FASTRAK console but were omitted on the grounds that it would be more eonomical to digitize them manually and merge the two data sets.

The digital data consisted of 1,400 features, comprising 36.85 m of line and 10,168 data points. Although the FASTRAK samples data at intervals less than the line weight being followed, the output data representation is optimal for each feature type, rectilineal features being represented by vertices only and curves by a density of points varying with the curvature. A squaring routine was applied selectively to buildings. A particular problem arose from the stippled areas used to represent buildings on Ordnance Survey maps. They were successfully digitized by using the hardware thresholding to suppress the stipple from the view of the scanning hardware.

The resulting digital data were shown to be acceptable in accuracy and form for Ordnance Survey purposes. Point accuracy for repeated measurements of well defined points (vertices) was better than 0.03 mm (mean error in either co-ordinate).

Errors were evident in the handling of junctions (or nodes), arising from the fact that the software used in the trial does not recognize junctions and returns line segments that are slightly truncated at a junction. The solution lies in merging X and Y scans at a junction in order to determine accurately all the line segments involved, and in extracting a single value for the intersection point. Development work is in hand to solve this problem. Some problems were also evident in following broken lines, but they were overcome by invoking the operator.



Figure 112. United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland: Ordnance Survey map, 1:1,250

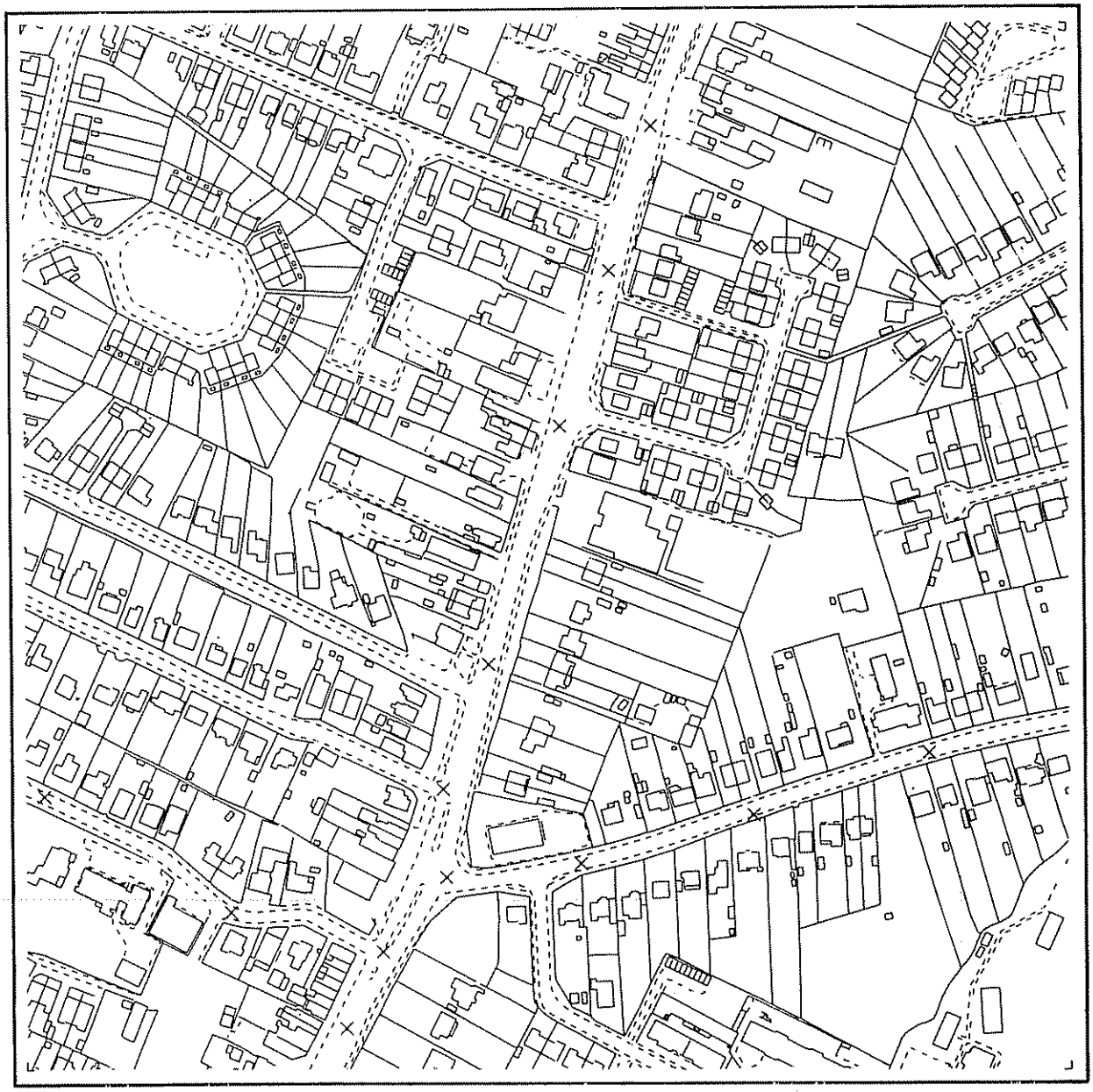


Figure 113. United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland: raw data from FASTRAK digitization of Ordnance Survey map 1:1,250

A particular concern arises from the feature coding requirement. Each feature has to be assigned a single numeric feature code. Although the population of codes is quite large, in practice the majority of features are covered by a small number of codes. Experiments were carried out in precoding and postcoding, but the conclusion reached was that the most efficient method was on-line feature coding, with the operator assigning the code (using a simple junction button layout) when each new feature is selected. In practice groups of features with the same code are captured together, so the operator has to change the current feature code selection only at infrequent intervals. The overhead of using on-line feature coding is less than one second per feature.

The experiments on post-coding led to a powerful technique for checking the correctness of feature coding. Using the large console screen (1.0×0.7 m) of the FASTRAK in display mode, all the features in each feature code class can be rapidly displayed in round-robin fashion, highlighted against the background of the original source document. This gives a very rapid and comprehensive check on the validity of the feature coding.

The potential of a FASTRAK flowline for Ordnance Survey digital mapping

The study has shown that digitizing times of a few hours per sheet are feasible. Throughput appears to be governed quite accurately by a simple relationship:

$$T = \frac{L}{12.5} + \frac{N}{720}$$

where T is the time to digitize, in hours
L is the line length, in metres
N is the feature count

Development work remains to be completed to remove some geometrical errors, but it can be expected that when that is successful, the error rate—and hence the editing requirement—will probably be less than that achieved with the present manual digitizer-based system. As the FASTRAK system incorporates the capability to generate edit plots via an intermediate diazo plot in a few minutes and also provides operator interaction to undertake most, if not all, of the corrections that may be necessary, a substantial saving in time and cost for the edit procedure is attainable. Overall savings compared with manual digitizing and edit procedures of the order of 40 per cent are anticipated.

An advanced production system based on FASTRAK also has potential for further development to generate "restructured" data directly from the digitizing process, as that capability will in essence be provided by the solution to the junction recognition problem. Such further enhancement of the FASTRAK system to meet the overall requirements for production of the Ordnance Survey Digital Topographic Data Base is now under consideration.

References

1 Thompson, C. N. Digital mapping in the Ordnance Survey 1968-1978. Paper presented at the Symposium on New Technology for Mapping of the International Society of Photogrammetry, Ottawa, October 1978.

2 Marles, A. C. The place of miniaturisation in map production. Paper presented at the Conference of Commonwealth Survey Officers, Cambridge, August 1971.

3 LAMIS—an introduction. ICL *Local government and transport* (December 1975)

4 Searle, P. R. *and* R. S. Waters. The Ordnance Survey 1:10,000 and 1:25,000 digital maps. Paper presented at the Conference of Commonwealth Surveyors, Cambridge, July 1979.

5 Thompson, C. N. The need for a large-scale topographic database. Paper presented at the Conference of Commonwealth Surveyors, Cambridge, July 1979.

6 Howman, C. *and* P. A. Woodsford. The laser-scan FASTRAK automatic digitising system. Paper presented at the Ninth International Conference on Cartography, University of Maryland, College Park, Maryland, 1978

DESCRIPCION DE UN SISTEMA PARA PROCESAMIENTO DE INFORMACION GEOGRAFICA*

Documento presentado por México

SUMMARY

The main task of the National Land Survey Office (DETENAL) is to inventory the country's available and potential natural resources and to provide the data obtained to official agencies and private bodies which request it in connection with their efforts to promote the harmonious development of the country through suitable planning.

A wealth of useful data is thus obtained and, consequently, the use of electronic computer technology to process it is desirable. The paper describes the SICA system (Integrated Automated Mapping System) for handling large quantities of geographical data.

SICA correlates geographical and socio-economic data for the preparation of maps from secondary sources, decision making and planning.

RÉSUMÉ

L'objectif principal de la Direction générale des études du territoire national est d'établir l'inventaire des ressources naturelles et potentielles du pays et de fournir des renseignements à ce sujet aux services officiels et aux organismes particuliers qui en font la demande afin d'amener un développement harmonieux du pays par une planification bien conçue.

Les informations fournies sont riches et abondantes, c'est pourquoi il est recommandé d'utiliser des dispositifs électroniques pour les traiter; dans le document, on trouvera la description d'un système appelé SICA (Système intégré de cartographie automatisée) pour la gestion générale de toutes les informations géographiques.

Le SICA combine les informations géographiques et socio-économiques reçues pour établir des cartes du type voulu et pour aider à la prise de décisions et à la planification.

* El texto original de esta monografía, preparado por Ernesto Bribiesca Correa, se publicó como documento E/CONF.71/L.39

GEOLOGIA

Rocas Igneas

D - Diorita

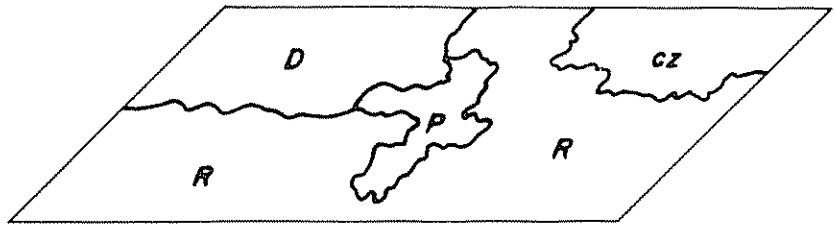
R - Riolita

Rocas Sedimentarias

cz - Caliza

Rocas Metamórficas

P - Pizarra



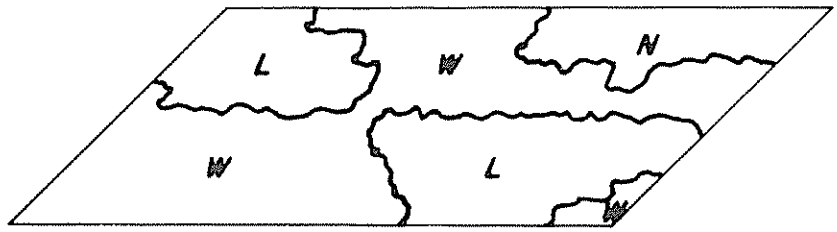
EDAFOLOGIA

Unidades de Suelo

L - Luvisol

N - Nitosol

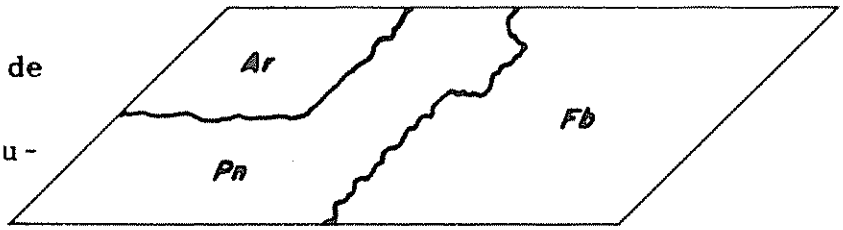
W - Planosol



USO DEL SUELO

Ar - Agricultura de Riego.

Pn - Pastizal natural.



VIAS DE COMUNICACION

El - Energía Eléctrica

cp - Carretera pavimentada

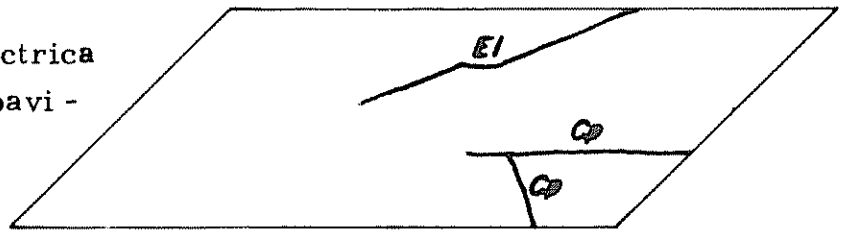


Figura 114. México: descripción del universo físico en temas de interés

Introducción

El Sistema Integral de Cartografía Automatizada (SICA) es una herramienta para el proceso de datos geográficos en la generación de mapas derivados a partir de información de mapas básicos.

En el diseño de las bases de datos geográficos se usan generalmente dos tipos de estructuras: estructuras reticulares a base de celdas y estructuras poligonales a base de ventanas, arcos y nodos como elementos de una red. El SICA es un sistema de estructura híbrida, el cual usa las ventajas de las estructuras reticulares y poligonales aprovechando las ventajas de cada una de ellas. La estructura reticular tiene la ventaja de un rápido acceso a los datos y la estructura poligonal tiene la ventaja de una precisión aceptable.

El SICA está diseñado para producir mapas derivados a la misma precisión con que son digitalizados los mapas básicos.

Descripción

Dada una región cualquiera que se desee accesar al sistema, se le considerará como el universo físico. Este universo físico se puede describir cualitativa y cuantitativamente en algunas de sus características, por ejemplo: la química del suelo, los tipos de rocas, la geomorfología, las clases de vegetación, la magnetometría, la energía reflejada, etc. Cada una de estas características se asociará como tema. Los temas ahora considerados en el sistema son aquellos que nos describen características asociadas a procesos taxonómicos; o sea, información que ya ha sido analizada e interpretada por un especialista.

Así, el universo físico queda descrito en diferentes temas, dependiendo de los estudios que se quieran realizar en el mismo. En el sistema, cada tema tiene propiedades excluyentes; es decir, dentro del mismo tema existe una propiedad u otra, pero no ambas. Por ejemplo, en el tema de geología las rocas metamórficas, riolitas y sedimentarias son representadas en un documento cartográfico en forma excluyente. Además, cada una de estas propiedades está cualificada y ubicada en espacio y tiempo. En el sistema esto se conoce como evento natural.

Al SICA se le pueden accesar tantos diferentes temas como sean necesarios: cada uno con propiedades excluyentes como eventos naturales definidos por su propiedad, coordenadas y fechas de actualización. Es lógico suponer que cualquier clase de información de índole cartográfico o socioeconómico puede ser accesada: por ejemplo, área de agricultura de riego, número de estudiantes que padecieron más de tres caries en la escuela Licenciado Benito Juárez en 1970, líneas de energía eléctrica, etc.

La información almacenada en el SICA es información de la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL) en sus diferentes temas. Así, el universo físico será descrito con los temas usados por DETENAL, y las aplicaciones y usos serán a través de estas variables. El sistema tiene el compromiso con el usuario de proporcionarle esta información en forma rápida, confiable y combinada para la solución adecuada de sus necesidades.

Diseño del sistema

Con las definiciones del capítulo anterior se simplifica el estudio del diseño del sistema. Como se vio, el universo físico puede ser descrito en varios temas, cada uno con sus eventos naturales excluyentes definidos por su propiedad o característica en el espacio y en el tiempo (ver figura 114).

Captura de datos

Una vez seleccionados los temas de interés para la descripción del universo físico, éstos deben ser representados digitalmente para ser introducidos a la base de datos del sistema. A un tema se le asigna su clave y se digitalizan los contornos de las propiedades, no importando el orden de las mismas. Esto genera sus coordenadas —(x, y) o $(\phi, 2)$— a la precisión deseada. A continuación se digitaliza un punto dentro del área, asignándole su propiedad (ver figura 115). De esta forma, cada tema es digitalizado y almacenado en cinta magnética.

Proceso de datos

La información digitalizada es leída y dividida en dos archivos, llamados el archivo de matrices y el archivo de líneas. El archivo de matrices o mapas numéricos es generado tomando un tema y normalizándolo al tamaño de una matriz (el tamaño de la matriz lo define la menor área digitalizada, que será el elemento de resolución de la matriz) etiquetando cada contorno (ver figura 116).

Una vez normalizadas las propiedades de un tema en la matriz se procede a "pintarla", que consiste en extender su propiedad hasta el contorno que la define; el algoritmo usado es una rutina llamada "Torre de Ajedrez" que "pinta" usando un movimiento ortogonal; los contornos marcados con 1's son eliminados promediando las propiedades de los vecinos (ver figuras 117 y 118).

Los mapas numéricos son los que constituyen el archivo de matrices; cierta clase de información debe tener otros preprocesos. La información topográfica representada por curvas de nivel es transformada a un modelo digital del terreno usando interpolación; esto a su vez ya constituye un mapa numérico. Las redes de caminos y vías de comunicación son accesadas directamente. Así, cualquier tipo de información ubicada en espacio y tiempo es digitalizada, normalizada y transformada a un mapa numérico. El archivo de líneas se obtiene vaciando la información digitalizada al mismo; este archivo se usa al final del proceso para recuperar la precisión de la información.

Generación del árbol reconfigurable

Ya con los temas representados por mapas numéricos se puede describir el universo físico a determinada precisión; ahora el sistema generará su propio árbol de descriptores que permitirá al usuario tener una rápida respuesta a sus consultas. Para reconstruir el árbol reconfigurable se genera la raíz del árbol haciendo una lista de todas las propiedades consideradas en los diferentes temas del universo físico (ver figura 119). Esto es a partir del archivo de mapas numéricos. El universo físico es dividido en cuatro partes iguales, llamadas los hijos; en cada hijo se coloca también una lista de todas las propiedades de todos los temas considerados y contenidos en el mismo. Así sucesivamente se siguen dividiendo los hijos y marcando sus propiedades, hasta que una propiedad alcance el 100%, o solamente existan dos propiedades excluyentes del mismo tema o de otros. Cuando sucede esto, se consulta el archivo de líneas, las cuales son "rociadas" sobre

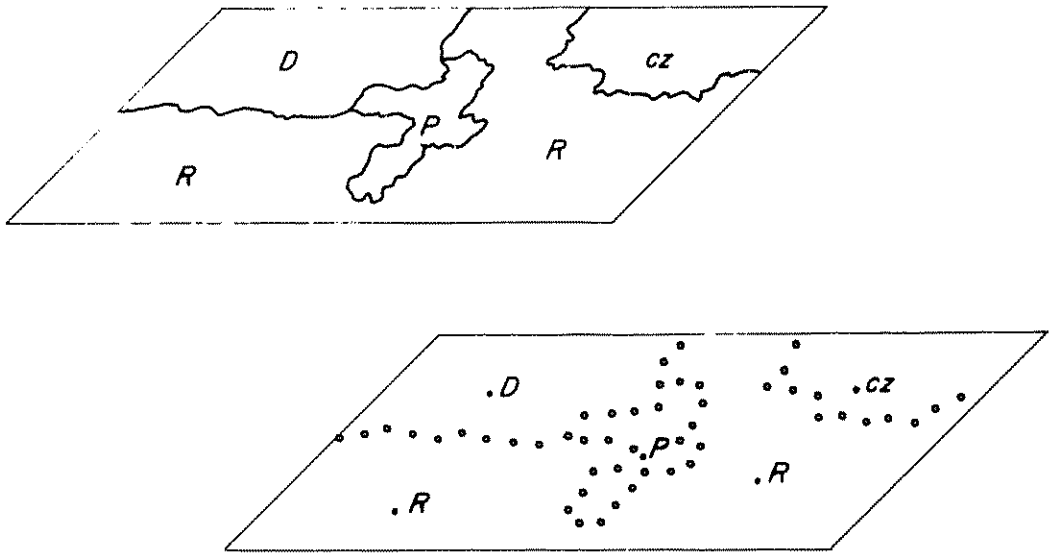


Figura 115. México: digitalización de propiedades

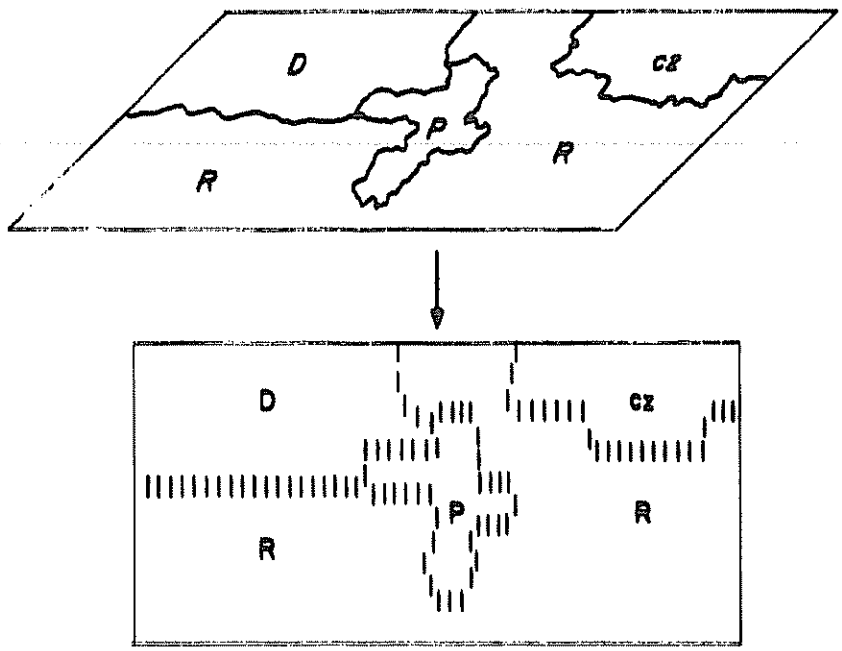


Figura 116. México: normalización de un tema

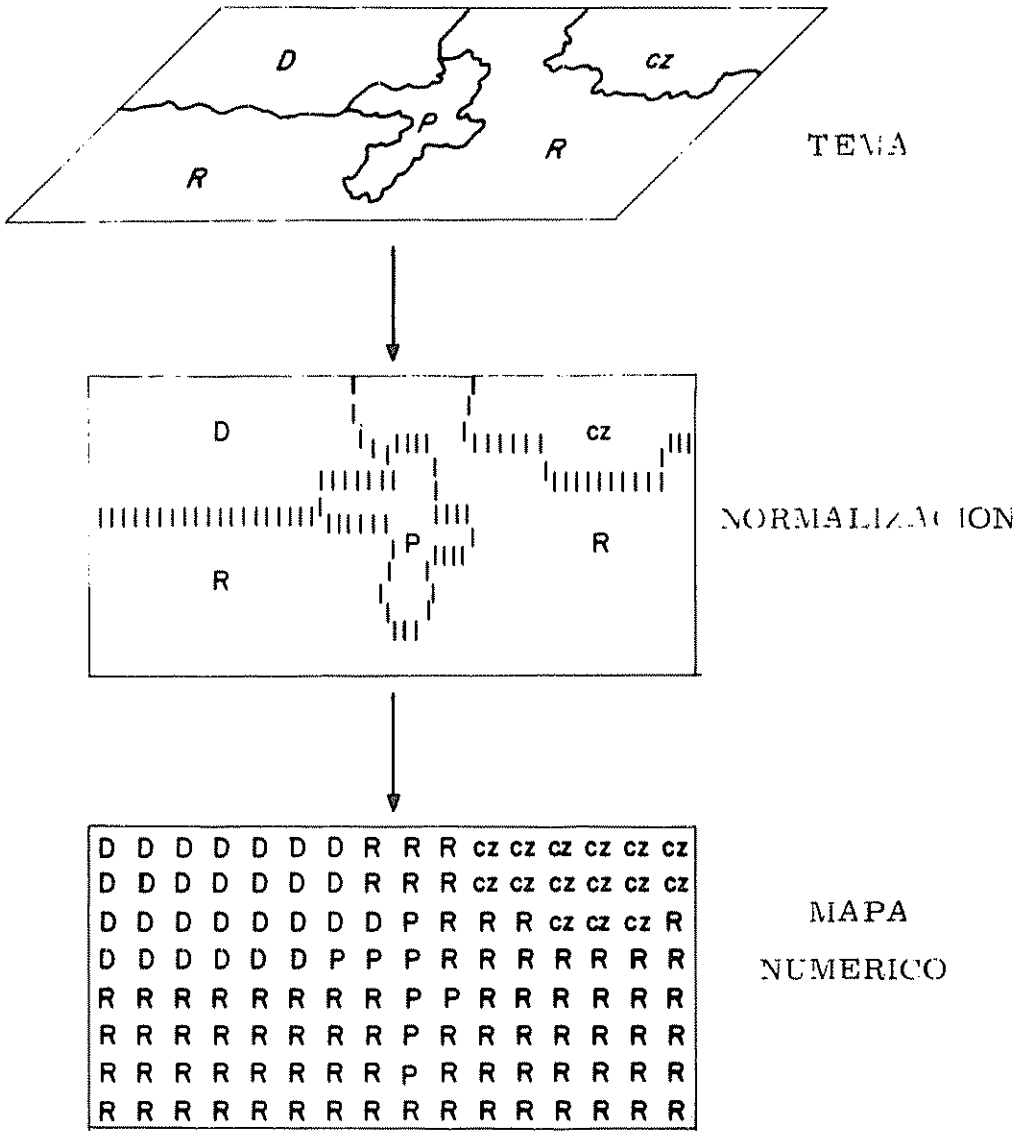


Figura 117. México: generación del mapa numérico

GEOLOGIA

Rocas Igneas.

D - Diorita

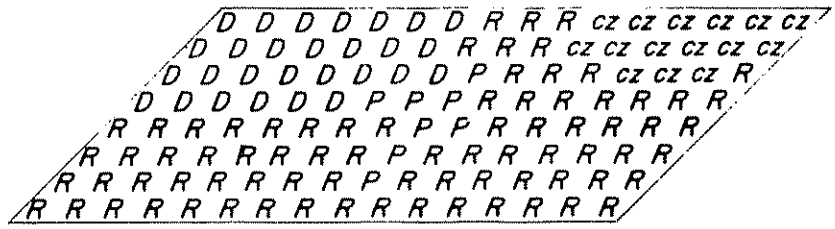
R - Riolita

Rocas Sedimentarias.

cz - Caliza

Rocas Metamórficas.

P - Pizarra.



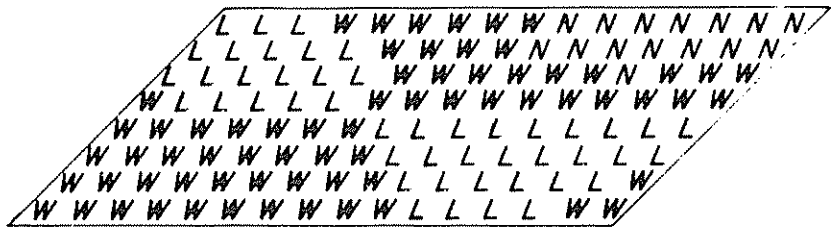
EDAFOLOGIA

Unidades de Suelo

L - Luvisol.

N - Nitosol.

W - Planosol.

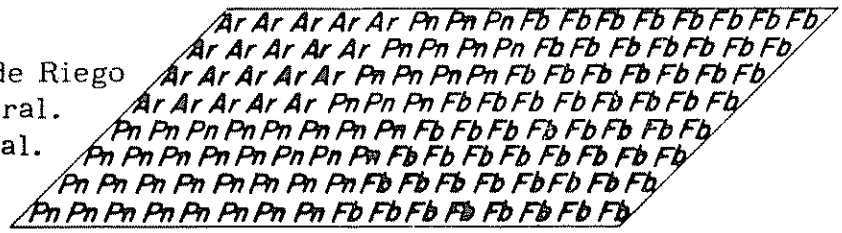


USO DEL SUELO

Ar - Agricultura de Riego

Pn - Pastizal natural.

Fb - Bosque natural.



VIAS DE COMUNICACION

El - Energía Eléctrica.

Cp - Carretera Pavimentada.

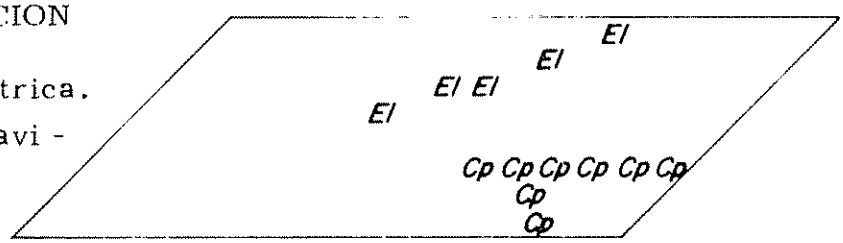


Figura 118. México: mapas numéricos de los temas de interés

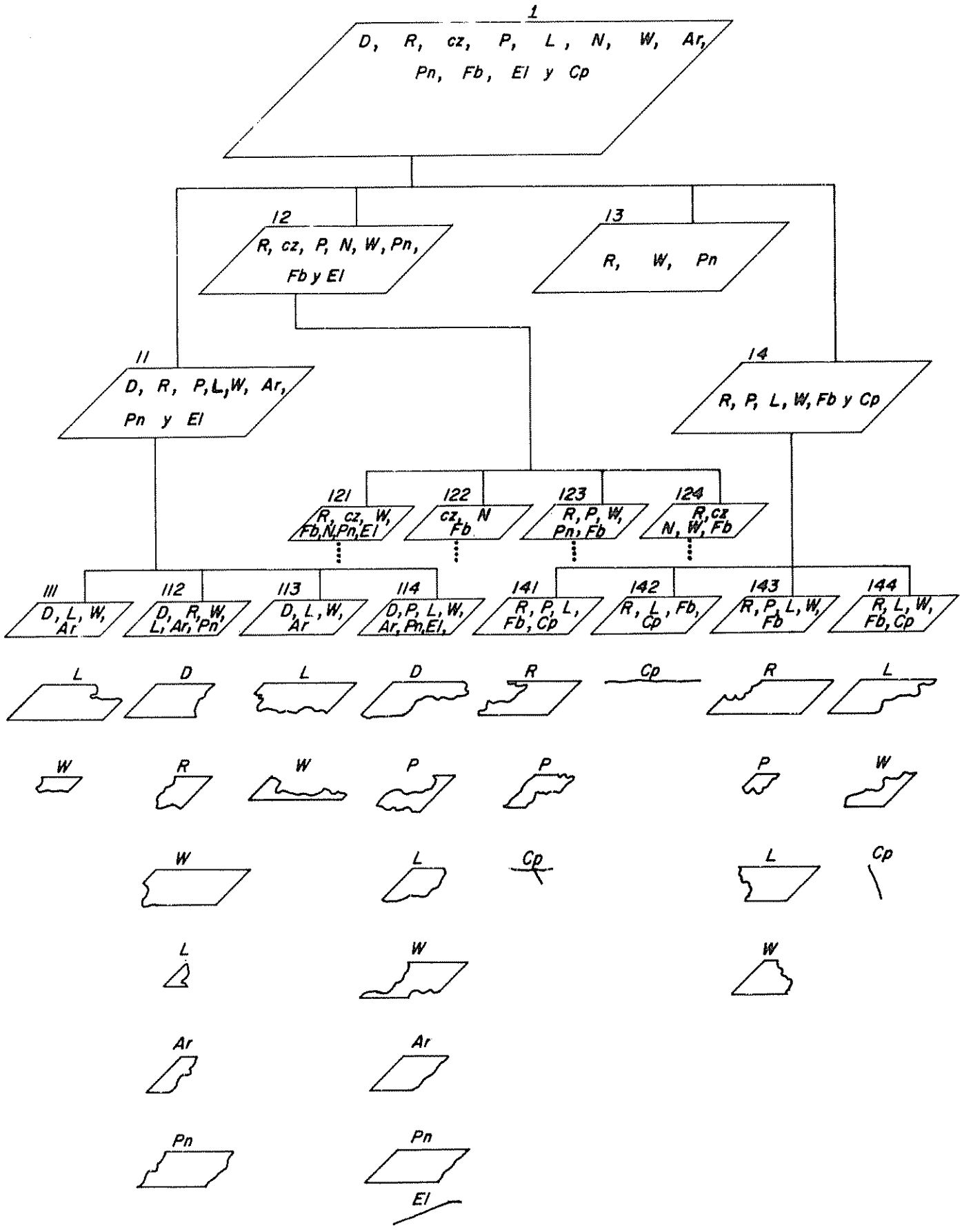


Figura 119. México: generación del árbol reconfigurable

esta estructura reticular no uniforme (de celdas grandes y pequeñas), donde son almacenadas en cada hijo correspondiente; aquí es donde se almacena la precisión original con que se digitalizó la información.

La raíz del árbol es etiquetada con 1; sus hijos, o sea, sus cuatro ramas, con 11, 12, 13 y 14 respectivamente, y así sucesivamente por todo el árbol.

La generación del árbol reconfigurable es la parte más interesante del sistema, ya que aquí se conjugan diferentes estructuras. La estructura arborescente permite llegar directamente a través de los descriptores a los sitios de interés, o sea, a las intersecciones entre polígonos, las cuales son calculadas en el lugar donde existen, eliminándose una gran búsqueda innecesaria.

Como se ve en el árbol ya no existen matrices o mapas numéricos, solamente listas que indican el camino hacia las intersecciones de áreas de interés; en consecuencia, se usa poca memoria y se tiene un rápido acceso.

En esta parte se describe un ejemplo de consulta al sistema. El ejemplo propuesto, llamado ejemplo SICA, es aclaratorio de la rapidez del sistema y de los conceptos definidos anteriormente.

Ejemplo SICA: ¿dónde existen rocas metamórficas (pizarra (P)) y Luvisol (L)?

Viendo la figura 119: la raíz 1 sí tiene P y L; esto se hace consultando solamente el descriptor de propiedades. Dado un caso en que no hubiera alguna de estas propiedades, el sistema inmediatamente responde "no" y ya no hay más búsqueda; posteriormente el sistema procede a buscar en los siguientes cuatro hijos: 11, 12, 13 y 14, 11 y 14 tienen P y L. Ahora se busca en sus respectivos hijos: 111, 112, 113, 114, 141, 142, 143 y 144; en los hijos de 11 no hay intersección, en 143 tampoco; en 141 sí hay intersección y, por lo tanto, éste es el resultado. Ahora se usa cualquier método simple de intersección y el resultado se muestra en la figura 120.

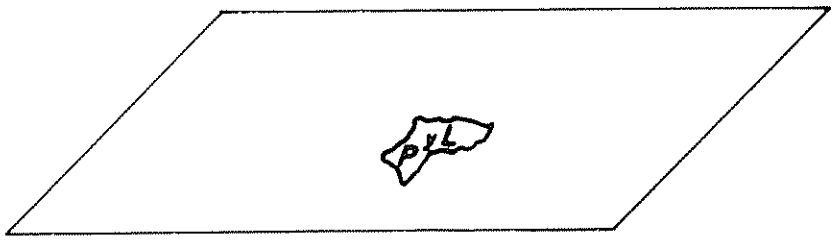


Figura 120. México: Consultas

Conclusiones y recomendaciones

1. El diseño del SICA está enfocado para el procesamiento de información geográfica abundante y, por tanto, se considera recomendable su utilización, ya que su método de búsqueda permite la eliminación inmediata de zonas improbables.

2. El árbol reconfigurable es definido por el sistema en base a los datos como la mejor estructura del mismo.

3. Este diseño puede ser aplicable a problemas de clasificación en imágenes multiespectrales digitales, ya sean de avión o satélite, agilizando el acceso a la información de cualquier método de clasificación.

4. El usuario puede detener en cualquier momento la consulta al sistema, permitiéndole resultados a diferente precisión.

Referencias

Bribiesca, E. "Manual de utilización del banco de datos DETENAL." México. 1977

Martin, J. Principles of data-base management. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1976.

Salman, C. "Tecnología y materiales de DETENAL en el establecimiento de sistemas estatales de información para el desarrollo". México, 1977.

DETENAL. System of automated cartography DETENAL. México, 1978.

CARTOGRAFIA CON COMPUTADORA Y SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA*

Documento presentado por México

SUMMARY

The paper outlines the needs which digital techniques for geographical data processing are used to meet.

It describes the range of possible applications of such techniques and discusses their advantages and disadvantages.

The paper then reviews the available technological equipment and examines its applicability at all stages of computerized mapping.

It also analyses the potential of geographical information systems and outlines how such systems can be set up and operated.

RÉSUMÉ

L'auteur décrit les besoins auxquels les techniques numériques de gestion de l'information géographique doivent permettre de répondre.

Il présente l'éventail des applications possibles et analyse leurs avantages et inconvénients.

Puis il passe en revue les matériels disponibles et leurs possibilités d'utilisation pour toutes les étapes de la cartographie automatisée.

Il examine également les possibilités qu'offrent les systèmes d'information géographique ainsi que leurs modes de construction et de gestion.

* El texto original de esta monografía, preparado por Alberto Torfer Martell, se publicó como documento E/CONF.71/L.40

Introducción

La sociedad moderna se caracteriza por el incremento explosivo de los elementos que la conforman; excesivo crecimiento demográfico, evolución técnica incontrolada, consumo desmedido de recursos, bienes y servicios, complejas relaciones políticas, sociales, económicas y tecnológicas, son algunas realidades con que tienen que enfrentarse las sociedades y especialmente sus líderes.

Todos estos factores dificultan su óptimo desarrollo y surge la necesidad de establecer un cierto orden, expresando la intención por medio de políticas, planes, programas y desarrollo de inversiones. Este orden y la magnitud de la intervención de los líderes queda determinado por el conjunto de valores de cada sociedad en particular, pero también es aparente, aun entre las más liberales, la necesidad de establecer la función de previsión y planeación que busque la armonía presente y futura entre los factores que conforman a la sociedad.

Frente a la creciente complejidad de la sociedad han surgido métodos y equipos que pueden usarse con provecho para mejorar los procesos de obtención, análisis, síntesis, y transferencia de información. Específicamente, las computadoras electrónicas han venido a revolucionar el campo de la informática.

Dentro de este ámbito de manejo electrónico ha tenido un desarrollo muy propio una serie de dispositivos electrónicos que ha dado origen a lo que se denomina "representación gráfica computarizada".

Es innegable que la representación gráfica de información ofrece múltiples posibilidades para el análisis comparativo, ya sea en el tiempo o en el espacio, de grandes volúmenes de información que representen el estado de las variables indicativas de la situación de una sociedad o de aspectos de ella.

El campo de la representación gráfica de la información por medio de computadoras se establece en la confluencia de dos técnicas informáticas, viéndose, por lo tanto, empujada en su desarrollo por los progresos de la computación y los de las artes gráficas.

Veremos las posibilidades de desarrollo de la cartografía y el análisis de información geográfica en lo que actualmente se denominan cartografía con computadoras y sistemas de información geográfica, que están estrechamente interrelacionados entre sí.

Sólo a través del uso de estas técnicas pueden establecerse los procedimientos que permitan la visualización conjunta de una gran cantidad de variables, así como de sus interrelaciones. También es posible la uniformización de información recabada por distintas unidades funcionales o jurisdiccionales, tarea que, de tenerse que efectuar manualmente, consumiría cientos de horas-hombre. Esta dificultad hace que los tomadores de decisiones rehúyan este trabajo de recopilación de información y tomen decisiones de una forma empírica.

Alcances de las técnicas de cartografía con computadoras

Las posibilidades de producción de mapas por medio de computadoras es muy variada y, por lo tanto, la aplicación específica en cada organismo gubernamental o privado quedará determinada por las necesidades y por la inversión que se quiera realizar en el equipo.

La posibilidad más elemental se podría señalar como la de producir mapas temáticos por medio de la impresora de líneas de una computadora. Generalmente en esta aplicación se producen mapas socioeconómicos, donde los límites entre las diversas unidades cartografiadas son constantes y únicamente varían los valores de las diversas variables cartografiadas. Frecuentemente se denomina a este campo como el de "cartografía computarizada".

El otro extremo dentro de las técnicas de cartografía auxiliada por computadoras es la sofisticada aplicación de equipos de digitalización, computadoras dedicadas, unidades de visualización de rayos catódicos (pantallas de despliegue) y graficadores de muy diversos tipos y posibilidades.

Este extremo de la técnica generalmente se dedica a producir mapas topográficos a diversas escalas y los equipos más utilizados por lo general se desarrollaron para aplicaciones de graficación con computadora, como el diseño de circuitos electrónicos y de planos de ingeniería.

A este campo se le denominaba anteriormente como el de cartografía automatizada, aun cuando el empleo de este término y el de cartografía computarizada han quedado relegados por el de cartografía auxiliada por computadoras, que abarca ambas técnicas y que actualmente se considera más apropiado.

Paralelamente con el desarrollo de la cartografía con computadoras, aparecen las técnicas de bases de datos donde se pretende almacenar toda la información relevante para los estudios atacados por las dependencias y que frecuentemente tienen la aspiración de ser bases de datos universales para la planeación.

Ventajas

La inversión que han realizado los gobiernos de los países desarrollados podría considerarse impresionante y probablemente, con muy pocas excepciones, la redituabilidad de las inversiones ha sido baja. Sin embargo, el interés en la automatización se justifica de acuerdo a las siguientes ventajas previstas:

Realizar los mapas del tipo existente más rápidamente

Esto es evidente en los mapas del tipo socioeconómico, sobre todo en los basados en censos, ya que la información ya está en computadora y se tienen los programas y formatos disponibles con anticipación.

Con relación a la cartografía topográfica, también puede esperarse un incremento en la velocidad de producción, aun cuando aquí las etapas de compilación de información, revisión, edición y prueba son considerables y no es fácil su optimización.

En este campo se han desarrollado un gran número de aparatos fotográficos que proporcionan la información en forma numérica, al mismo tiempo que lo hacen en forma gráfica.

Obtener mapas más económicamente

La determinación del costo de un mapa siempre ha sido una tarea compleja, que se dificulta aún más si se introducen técnicas computarizadas. La posibilidad de producir mapas a diferentes escalas por medio de una simple regraficación complica la situación. Sin embargo, ambas posibilidades definen campos en los cuales la automatización es deseable.

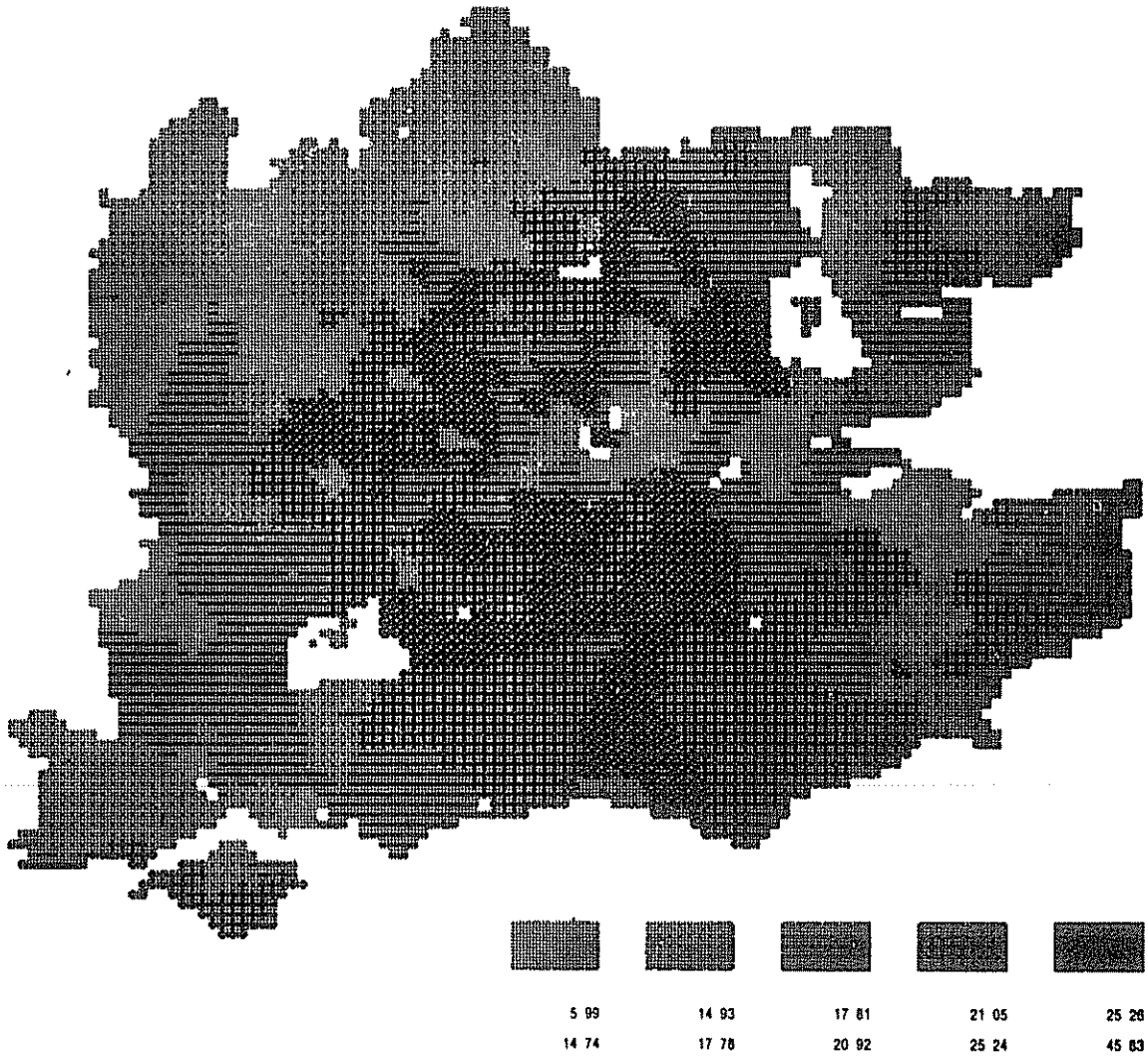


Figura 121. México: mapa con impresora de líneas y caracteres especiales

Al presente no se puede encontrar una ventaja inequívoca y universal para la automatización en términos de costo. Pero hay aplicaciones concretas en las que se ha logrado un beneficio económico indudable.

Producir mapas cuyo contenido sea el requerido por el usuario y nada más

La primera posibilidad que se ocurre es la de que el usuario seleccione, de varias hojas, las que cubren el área de estudio y nada más, ya sea que esté delimitada por un polígono irregular o áreas rectangulares que no van de acuerdo al formato de los mapas originales. Pero también se pueden especificar otros criterios, como el de que no se desplieguen vivendas aisladas, etc.

Esta solución es posible sólo si se clasifican los elementos del mapa de manera adecuada desde el principio.

Facilitar la experimentación en la representación gráfica

Aun cuando pudiera parecer extraño, gran parte del simbolismo gráfico usado en cartografía no ha demostrado que sea el mejor para transmitir información. Por medio de estas técnicas es posible la rápida y económica experimentación de diversos simbolismos.

Facilitar la actualización

Contando con bases digitales, el problema de actualización de los mapas se simplifica. También se está expandiendo la tendencia hacia la geocodificación, esto es, la inclusión de una referencia geográfica universal dentro de todo tipo de archivos, como los de censos, encuestas y administrativos de diversas dependencias.

Así, por ejemplo, actualizar los mapas derivados de censos será una tarea trivial, puesto que se cuenta con la base anterior y la información en forma digital.

Facilitar los análisis de información donde se requiera iterar entre el análisis estadístico y el mapeo; minimizar el uso de los mapas como almacenes de información.

Aunque debatido, existe el concepto de que los mapas son una forma de almacenar información. Pero pueden tenerse problemas de actualización y recuperación con ellos.

Esto se puede comprender mejor si consideramos que en algunos organismos se usan para almacenar información como la distribución y localización de líneas eléctricas, transformadores, subestaciones, etc.

En áreas de cambio rápido estos mapas tienen que actualizarse frecuentemente, con la posibilidad de cometer errores.

El almacenamiento de información en forma digital asegura que la información redibujada sea correcta y los mapas pueden actualizarse a voluntad.

Producir mapas extremadamente difíciles o imposibles de hacer a mano

Esto puede suceder con algunos sistemas de proyecciones

Dificultades

Las principales dificultades con que se enfrentan los proyectos de automatización son los siguientes:

Para obtener la asignación inicial de dinero, frecuentemente se han hecho promesas de resultados rápidos.

Son pocos los sistemas de cartografía automatizada que están en producción y virtualmente ningún sistema experimental ha trabajado tan eficientemente como se ha prometido o en menos del doble del tiempo estimado.

La aceptación de métodos computarizados y la compra de equipo y selección de personal hacen casi imposible el regreso a métodos manuales.

Sólo en pocas instancias se han tenido sistemas que sean efectivos desde el punto de vista del costo.

Existe el peligro de producir nuevos mapas simplemente porque se tienen las facilidades y son fáciles de usar.

En una situación en la cual la tecnología y la programación cambian rápidamente, la selección del equipo más adecuado es una decisión muy difícil.

Pueden tener problemas para obtener personal capacitado a un sueldo razonable.

Con todos estos argumentos podemos ver que el uso de computadoras es potencialmente y, en algunos casos, prácticamente una poderosa ayuda en la producción de diversos tipos de mapas. Sin embargo, es necesario realizar una completa y competente planeación de la implementación y operación de cualquier sistema.

Estado actual de la tecnología

Para considerar los aspectos mecánicos de la cartografía auxiliada por computadora, consideremos básicamente dos procesos, el de entrada de información y el de salida.

Por entrada de información se considera la conversión de información gráfica a numérica y por salida de información se considera la conversión inversa.

Genéricamente se denominan digitalizadores a los equipos de entrada y graficadores a los de salida, teniéndose también pantallas de despliegue.

Veamos una descripción de los tipos de equipos disponibles, omitiendo la descripción de las computadoras, minicomputadoras y microprocesadores, que son el alma de los sistemas de cartografía con computadoras, pero cuya descripción sería muy prolija para un trabajo de esta naturaleza.

Digitalizadores

Un digitalizador que convierte la información gráfica a una forma compatible con un computador, es un elemento básico en cualquier sistema de cartografía con computadora.

Un digitalizador manual tiene un cursor que puede moverse sobre la superficie de una mesa y la posición del cursor se despliega en un indicador digital o se transmite a una computadora. La precisión y la repetibilidad de los digitalizadores manuales disponibles comercialmente varía entre 0.001″ y 0.01″.

El lector barredor automático se usa para digitalizar fotografías de tono continuo y dibujos a línea. Algunas firmas ofrecen programación que extrae información vectorial de información de barrido y ninguna ofrece programación que pueda reconocer texto en un mapa.

El seguidor de líneas automático reduce un dibujo a una serie de líneas mientras digitaliza. Recorre una línea mecánica o electrónicamente y registra sólo la informa-

ción requerida para reproducir esa línea. Los seguidores de líneas producen una información más destilada de la que producen los sensores de barrido. Sin embargo, se requiere un operador en el proceso de entrada para resolver ambigüedades en los nodos, donde se intersectan las líneas.

Una vez digitalizada, la salida de un sistema de CCC (cartografía con computadora) puede despegarse en dos diferentes formas: graficadores o pantallas de despliegue.

Graficadores

Los graficadores pueden clasificarse en tres grupos:

a) Graficadores de pluma, que dibujan líneas continuas en papel de dibujo estándar;

b) Impresores/graficadores matriciales;

c) Graficadores de película.

La mayoría de los graficadores que hay actualmente en el mercado son dispositivos digitales con precisión y repetibilidad del orden de 0.0001″ a 0.005″.

Un graficador de pluma tiene un sostén para una pluma o herramienta de grabado; la mayoría de los graficadores del mercado trabajan con varias plumas con diferentes colores. El movimiento se controla por medio de cables y poleas en la mayoría de los graficadores de mesa, otros usan el llamado principio de Sawyer. En un graficador de tambor, la pluma se mueve y el papel gira.

El fotograficador es un pariente cercano del graficador de pluma y usa luz en lugar de tinta y película en lugar de papel.

Los graficadores/impresores más efectivos actualmente son las impresoras electrostáticas de matrices de punto. Muchos ofrecen densidades hasta de 200 puntos por pulgada, con un traslape en los puntos para lograr continuidad. Estas unidades pueden producir dibujos de alta calidad y a bajo costo rápida y silenciosamente.

La principal desventaja de los graficadores electrostáticos es la necesidad de cambiar a formato de barrido el dibujo original antes de poder graficar los datos. Esto es, convertir los archivos de vectores en una serie consecutiva de líneas impresas, compuesta cada una de puntos discretos.

Sin embargo, algunas impresoras de caracteres y matrices imprimen puntos a intervalos de 0.01″ y mueven el papel para adelante y atrás y estas unidades pueden graficar las líneas de punto a punto sin necesidad de convertir un dibujo a formato de barrido.

Hay tres tipos comercialmente disponibles de graficadores computarizados de película (GCP); de pantalla de rayos catódicos, de láser y de registrador de rayo de electrones. El GCP de rayos catódicos grafica en una pantalla de alta resolución que se fotografía bajo control de computadora para producir la gráfica en la película.

El RRE (registrador de rayo de electrones) y las unidades de láser registran directamente en película.

La graficación con equipo computarizado en película es más rápida que la graficación en papel o en impresora.

En otra técnica la computadora dibuja separaciones de color en película y selecciona el filtro de color para cada separación.

Despliegues

Un despliegue gráfico es el medio más conveniente para alimentar y modificar información gráfica almacenada en computadora.

La terminal de despliegue tiene tres elementos básicos: un accesorio para meter información de posición al computador, un teclado para meter información alfanumérica y un despliegue transitorio que puede alterarse en tiempo real por medio de la computadora de control.

Otros accesorios, como tableta digitalizadora, palanca de posicionamiento, una bola de trazado, ruedas para ejes X y Y y una pluma de luz, pueden controlar la posición de un cursor en una pantalla de despliegue.

Con tales aditamentos, un usuario puede introducir información posicional directamente en la computadora sin tener que teclear coordenadas.

Un teclado de caracteres se usa comúnmente para alimentar información complementaria que identifica y describe los datos gráficos.

Los dispositivos de despliegue incluyen tubo de rayos catódicos (TRC) de barrido, tubo de rayos catódicos de vector, panel de plasma, tubo de almacenamiento de visión y tubo de almacenamiento de barrido.

En un despliegue de barrido de rayos catódicos, el rayo electrónico cubre la pantalla con una trama de líneas paralelas, manteniendo un número constante de líneas y una velocidad de barrido constante; el rayo se enciende y se apaga para producir la imagen deseada.

La imagen se almacena en memoria digital y se transmite a la terminal.

Si la imagen completa se refresca (retransmite) por lo menos 50 veces por segundo, no tendrá parpadeo. Los despliegues de barrido se usan en análisis de imágenes de satélite y otras aplicaciones de tono continuo. Hay despliegues de color en TRC de raster.

En una TRC vectorial, un rayo dibuja cada línea en una serie de trazos, de manera semejante como una persona dibuja con un lápiz. El despliegue debe refrescarse 50 veces por segundo para mantener una imagen sin parpadeo, de la misma forma como el despliegue raster. Los despliegues de TRC vectoriales de refrescamiento son caros, pero fáciles de usar cuando se crean dibujos a línea.

La imagen es brillante y no tiene rayas de barrido que distraigan la atención. La resolución también es buena, hasta de 4,096 × 4,096 puntos. La operación interactiva es conveniente; las líneas pueden moverse, añadirse o eliminarse selectivamente sin necesidad de reconstruir todo el despliegue. Un TRC vectorial estándar ofrece un despliegue negro y blanco; los despliegues a cuatro colores están disponibles en un dispositivo especial, llamado TRC de rayo de penetración.

Un panel de plasma típico se compone de una matriz de 512 × 512 puntos en una área de nueve pulgadas cuadradas. La definición de la imagen no es tan precisa como en las TRC. Sin embargo, hay disponibles paneles de plasma delgados y transparentes que permiten la proyección trasera de sobrepuestos ópticos sobre el área de observación; ésta es una característica importante en algunas aplicaciones.

El tubo de almacenamiento de observación directa (TAOD) es, y con mucho, el dispositivo de despliegue más popular usado actualmente. El TAOD es un tubo de

rayos catódicos con fósforo biestable en la pantalla. El cañón de electrones se aumenta con varios cañones de inundación.

Una vez que el rayo de electrones principal activa el fósforo, los cañones de inundación generan suficiente voltaje para mantener el fósforo encendido. En esta forma se mantiene una imagen libre de parpadeo sobre la pantalla sin necesidad de almacenar la imagen en un dispositivo de memoria separado.

Las resoluciones son hasta de 4,096 × 4,096 puntos direccionables.

La TAOD tiene una inconveniencia significativa: las líneas no pueden borrarse o alterarse individualmente. Toda la pantalla debe reescribirse cuando se desea modificar cualquier porción de la imagen.

Configuraciones de sistemas

El Sistema Gráfico interactivo o SGI es un sistema de computación completo; una configuración mínima tiene una minicomputadora con 64 K de memoria, un disco de cabezas movibles de 10 megabytes, un despliegue de tubo de rayos de almacenamiento, una tableta de 11″ × 11″ para el menú y otra de 36″ × 48″ para digitalización y un graficador de tambor de velocidad media (10 pulgadas por segundo).

La programación del sistema generalmente incluye un paquete de programación gráfico interactivo que permite al usuario producir, digitalizar y manipular, archivar, graficar, y recuperar dibujos de forma interactiva.

Las opciones incluyen un subsistema de comunicación, un compilador de alto nivel, un sistema de administración de bases de datos que se interconecta al sistema gráfico, etcétera.

Actualmente hay más de una docena de sistemas gráficos interactivos de "propósitos generales". Ninguno es realmente de propósito general, la mayoría han evolucionado de sistemas de dibujo electrónico o de sistemas para diseño de circuitos integrados.

La mayoría de los vendedores están experimentando con terminales basadas en microprocesadoras para reducir la tarea computacional del procesador central.

La gran tendencia en la programación ha sido hacia sistemas gráficos que operen bajo control de un sistema operativo de propósito general.

Este arreglo permite al vendedor de sistemas aprovechar las subrutinas de E/S, administración de archivos y de contabilidad de los sistemas operativos establecidos. También permite al usuario la posibilidad de interconectar subrutinas de telecomunicación y programas al sistema de graficación y efectuar desarrollo de programas concurrentemente con las operaciones gráficas.

Etapas de proceso de cartografía con computadoras

Las actividades del proceso automatizado de cartografía se pueden agrupar en los siguientes rubros:

a) Digitalización;
b) Revisión y edición de la información;
c) Recuperación y manipulación;
d) Despliegue de la información.

Digitalización

La primera etapa normalmente requiere de la creación y almacenamiento de dos tipos de descripción.

El primero es la localización de la unidad espacial, sea ésta un punto, una línea, un área o un volumen. Para ello se requiere un sistema de coordenadas euclidianas o geográficas. La segunda etapa involucra la asignación de un significado o un atributo a la descripción espacial.

Frecuentemente la información se almacena en una forma diferente a la que se usó para obtenerla para minimizar los requerimientos de espacio y/o la velocidad de procesamiento.

Los problemas enfrentados en esta tarea son los grandes volúmenes de información que se obtienen, la lentitud del procedimiento (con digitalización manual), la precisión con la que se sigue la línea original y las distorsiones del original y los errores de operación.

Se puede intentar minimizar estos problemas a través de procedimientos operacionales apropiados, pero se presentarán, y entonces será necesaria la revisión y edición de la informacion.

Para acelerar el proceso de digitalización es que se han construido los seguidores de líneas y la digitalización de barrido. Aunque haya algunos éxitos reportados con el uso de estas tecnologías, aún no han sido empleados de manera general.

En la digitalización por barrido, un original es analizado dividiéndolo en áreas muy pequeñas, detectando la presencia o ausencia de una línea que se encima sobre un área determinada y después reagrupando las áreas donde se ha detectado la presencia de una línea, en un proceso llamado vectorización. Este proceso es complejo y toma bastante tiempo de máquina, pero se ha encontrado apropiado para situaciones que requieren gran cantidad de digitalización, la forma de entrada sea uniforme y se tenga la separación de los colores de un mapa.

Como procesos de recuperación de información también se consideran los derivados de sensores remotos que proporcionan información en forma digital, como las cintas digitales de los satélites LANDSAT.

Otro procedimiento más tradicional de percepción remota que ha sido automatizado y ya tiene impacto en la cartografía es el basado en la estereo-fotografía, que puede producir un mapa a línea tradicional o una ortofoto y, al mismo tiempo, la descripción digital en un dispositivo digital.

Y por último, cabe ampliar el término digitalización al de conversión de información tabular a forma digital con objeto de producir un mapa completo de sistemas como el SYMAP.

Revisión y edición

Este es un proceso interactivo en el cual los errores se detectan y eliminan gradualmente.

Algunos pueden corregirse automáticamente a través de la programación, pero hay algunas tareas que sólo pueden hacerse comparando con el original.

En la edición se requieren algunas funciones generales como "elimina", "mueve", "une", "añade", y normalmente son realizadas con mayor eficacia de una manera interactiva, aun cuando el no disponer de algunos elementos descriptivos puede dificultar la revisión. Esto es, si se revisa un mapa de geología, convendrá tener la topografía disponible en la pantalla de despliegue o la graficación de prueba.

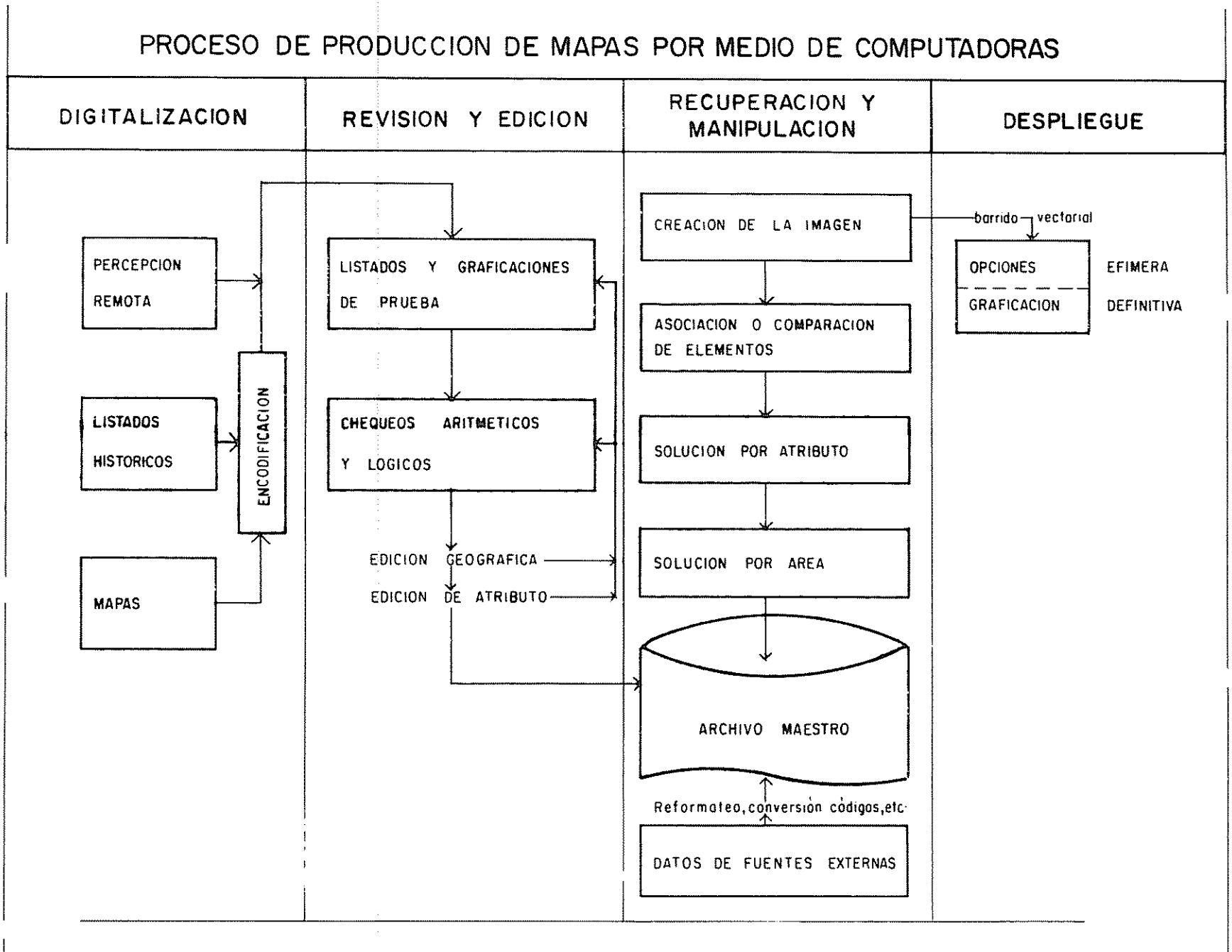


Figura 122. México: proceso de producción de mapas por medio de computadoras

Recuperación y manipulación de la información

Los primeros sistemas de cartografía con computadora no proporcionaban a los datos una estructura de consulta apropiada, haciendo muy tardada la recuperación de información. Recientemente se ha logrado el desarrollo de sistemas de información geográficos, que se verán más adelante.

Dentro de los procedimientos de manipulación de información, uno de los más antiguos y más empleados es el de interpolación de superficies, en donde se pueden obtener en algunas circuntancias, mejores resultados que por el método manual. Otros procedimientos comunes son el cambio de escala y el cambio de proyección.

Como posibilidades de explotación de la información digital topográfica se podrían mencionar, además de los mapas derivados a otras ecalas y proyecciones, la construcción de modelos digitales del terreno que permitan obtener perfiles del terreno, mapas de pendientes, estudios de visibilidad, cálculo de volúmenes y eventualmente la automatización del diseño de canales, presas, carreteras, etcétera.

Existe la tendencia actual de manipular la información de manera que se tenga un archivo de graficación universal, que pueda enviarse a cualquier tipo de despliegue o graficador, de manera que permita la construcción de sistemas modulares.

Sin embargo, siempre se requerirá de una interfase para cada graficador específico y en el caso de graficadores de barrido, la conversión de información en formato vectorial a formato raster no es una tarea trivial.

Despliegue de la información

Como se vio al presentar la tecnología de los equipos de salida, hay graficadores de tambor, de mesa, vectoriales y de barrido, así como una amplia gama de pantallas de despliegue. También se puede considerar que las impresoras de las computadoras son otro tipo de unidad de salida para información gráfica.

Naturalmente, la calidad de la gráfica y la velocidad con que es producida dependen del costo del graficador.

La relativa rapidez con que se obtienen las gráficas ha permitido la experimentación de diversos métodos de representación. Esto es particularmente cierto en el caso de superficies.

Sistemas geográficos de información

Un sistema de información geográfico o sistema de geoprocesamiento es todo aquel sistema de computación donde la información que se maneja tiene el atributo de posición geográfica de la entidad generadora de la información, haciendo uso de ella de forma eficiente, para relacionar la información entre sí.

Algunos ejemplos de las operaciones que se pueden realizar son:

a) La correlación de información, donde el sistema nos puede proporcionar automáticamente los datos de las entidades vecinas, o de las que están comunicadas entre sí, por carretera, teléfono u otro medio.

b) La generalización, mediante la cual podemos agregar la información para que ésta, a un nivel menor de detalle, nos refleje las condiciones de áreas cada vez más extensas.

El objetivo de almacenar la información con su posición geográfica es el de establecerla como marco de referencia, que resulta universal.

Otro marco de referencia es el del momento en el que se capta la información. Identificándola con estos dos parámetros tendremos un identificador que no puede ser duplicado, ya que en un momento determinado y en lugar determinado sólo puede existir una sola entidad.

Básicamente las decisiones que respalde dicho sistema son con respecto al uso del suelo y en decisiones administrativas de las instituciones que tengan sus actividades dispersas geográficamente.

Un concepto fundamental que debe respetar la interfase entre bases de datos es de que se deben de poder aprovechar las bases de datos operativas de las instituciones con poca o ninguna necesidad de intervención manual.

Niveles de información

Por otra parte, el sistema de información geográfica debe adaptarse a los diferentes tipos de decisiones que se pueden presentar: esto es, decisiones operativas, administrativas, tácticas, estratégicas y políticas. Para esto debe poder agregar la información desde los niveles más detallados a los niveles más generales de manera automática.

El objetivo de esto es el de que la información con la que se toman las decisiones políticas sea la misma que con la que se toman las decisiones técnicas y administrativas.

En ocasiones hay una interrupción en el flujo de información y las decisiones no son consistentes porque la información no lo es. Un ejemplo de agregación sería en relación a un marco de referencia donde se tuviera la división de país en estados, municipios, localidades y predios. Esta serviría para toma de decisiones políticas, estratégicas, tácticas, administrativas y operativas para todo el país.

Para un área urbana se podrían tener los niveles de áreas metropolitana, delegación, sección, predio y facilidades.

No hay que olvidar que las divisiones a nivel nacional afectan a las regiones, y, que, en general, no existen a la fecha mecanismos adecuados para determinar el impacto de una decisión a nivel nacional en el ámbito regional.

Los sistemas geográficos pueden obviar este problema, ya que se pueden tener sistemas de cubrimiento regional o nacional.

Las clases de información donde la información requiere de la identificación geográfica son muchas y muy variadas. A efecto ilustrativo, mencionaremos las siguientes:

Recursos físicos	Todo tipo de recursos naturales Bosques Lagos Tierras de cultivo
Recursos humanos	Población Médicos Maestros
Obras de infraestructura	Puentes Líneas telefónicas Caminos Distritos de riego Pozos

Producción { Agrícola / Ganadera / Forestal / De servicios

En fin, se puede concluir que toda actividad humana es desarrollada dentro de un contexto geográfico, si bien hay algunos en los cuales este contexto no es significativo.

Etapas de geoprocesamiento

Ahora bien, dentro del proceso de utilización de información geográfica tenemos tres etapas bien definidas, que son:

Etapa I: Analizar las relaciones físicas entre los factores del medio ambiente; uso del suelo; características físicas; obras de infraestructura.

Etapa II: Se complementa con información estadística y socioeconómica de bases de datos institucionales; población; valor de propiedad.

Etapa III: Se analiza el efecto de las políticas y cambios propuestos en:

El uso del suelo;
Facilidades;
Servicios.

Todo con objeto de coadyuvar a la toma de decisiones a diferentes niveles con respecto a la: asignación de recursos; ubicación de facilidades; determinación del uso potencial del suelo, y análisis de la demanda de servicios.

Desarrollo de un proyecto

De lo anteriormente expuesto pueden verse algunas de las implicaciones del geoprocesamiento que harán que, para que éste tenga éxito, se cumplan las premisas que se mencionarán posteriormente.

Las implicaciones son:

a) El geoprocesamiento cruza límites funcionales y jurisdiccionales;

b) La información puede provenir de una gran variedad de fuentes;

c) Los usos pueden ser múltiples;

d) Puede requerirse de más información de la actualmente disponible;

e) Se requiere de asignación de recursos financieros, materiales y humanos.

De ésta resultan los siguientes requisitos para la aplicación exitosa del geoprocesamiento:

a) Se debe formar un grupo representante de las áreas usuarias que determine tanto las necesidades que debe cumplir el sistema como la información que el sistema puede absorber directamente;

b) Apoyo a un alto nivel directivo que coordine a los usuarios y que pueda decidir sobre la asignación de recursos al proyecto.

Tipos de información

Básicamente, la información que pueda utilizar un sistema de geoprocesamiento puede clasificarse como información:

Nominal: Que es aquella que está localizada por nombres geográficos y cuyo ejemplo más relevante es el de la información censal.

Ordinal: Que es la información localizada por coordenadas, como la representada en mapas.

Los procesos del sistema son:

Construcción y mantenimiento de la base de datos geográfica;
Extracción de información, según el problema a resolver y proceso de la información.

Los resultados pueden darse en forma de listados de impresora o mapas realizados por impresora, resultados por pantalla, de caracteres alfanuméricos o de vectores y graficadores.

Niveles de detalle

De los diferentes niveles de detalle de la información se puede establecer una clasificación de sistemas de geoprocesamiento.

Los sistemas pueden ser a nivel regional o urbano. Dentro de cada uno se pueden tener los niveles de ingeniería, de límites, de localización o el geoestadístico.

Para entender mejor esta última división hablaremos de los diferentes niveles.

Nivel de ingeniería urbano

Este nivel está constituido por la información acerca de la posición de obras de infraestructura para proporcionar los servicios urbanos, como, por ejemplo, ubicación de líneas eléctricas, de agua potable y de drenaje dentro de una ciudad.

Generalmente las compañías de servicios públicos cuentan con mapas que indican la ubicación de sus facilidades. El objeto de geocodificar esta información puede ser, por ejemplo, el de correlacionar la información de demanda de servicio con la de facilidades, con objeto de planear mejor el mantenimiento y extensión de las facilidades en función del crecimiento de la demanda.

Nivel de límites urbanos

Este nivel es el resultado de un catastro urbano y el objeto de geocodificarlo puede ser, por ejemplo, la determinación de los predios y el valor de los mismos, que se verán afectados por la construcción de una nueva avenida. También puede servir para determinar a cuales predios se les puede revaluar en función del mejor servicio que se les proporciona con esa avenida, etc.

Nivel de localización urbano

Es un nivel donde la información está agregada a nivel de manzana y puede servir para determinar el mercado potencial de un nuevo conjunto de comercios o de agencias gubernamentales. Puede servir para efectuar una regionalización para efectos censales o de padrón de votantes, etc.

Nivel geoestadístico

En este nivel ya se tiene la información agregada a nivel de sección o cuartel y su uso puede enfocarse a la comparación relativa de diversas secciones en cuanto a nivel de población y de facilidades y servicios, etc.

A nivel regional se pueden tener los mismos niveles de detalle de información: el nivel de ingeniería, el de límites, de localización y el estadístico.

Nivel de ingeniería rural

Este nivel puede considerarse constituido por modelos digitales del terreno (MDT). Se pueden tener MDT que cubran áreas muy extensas con poca precisión, lo que haría que no se pudiesen clasificar en esta categoría.

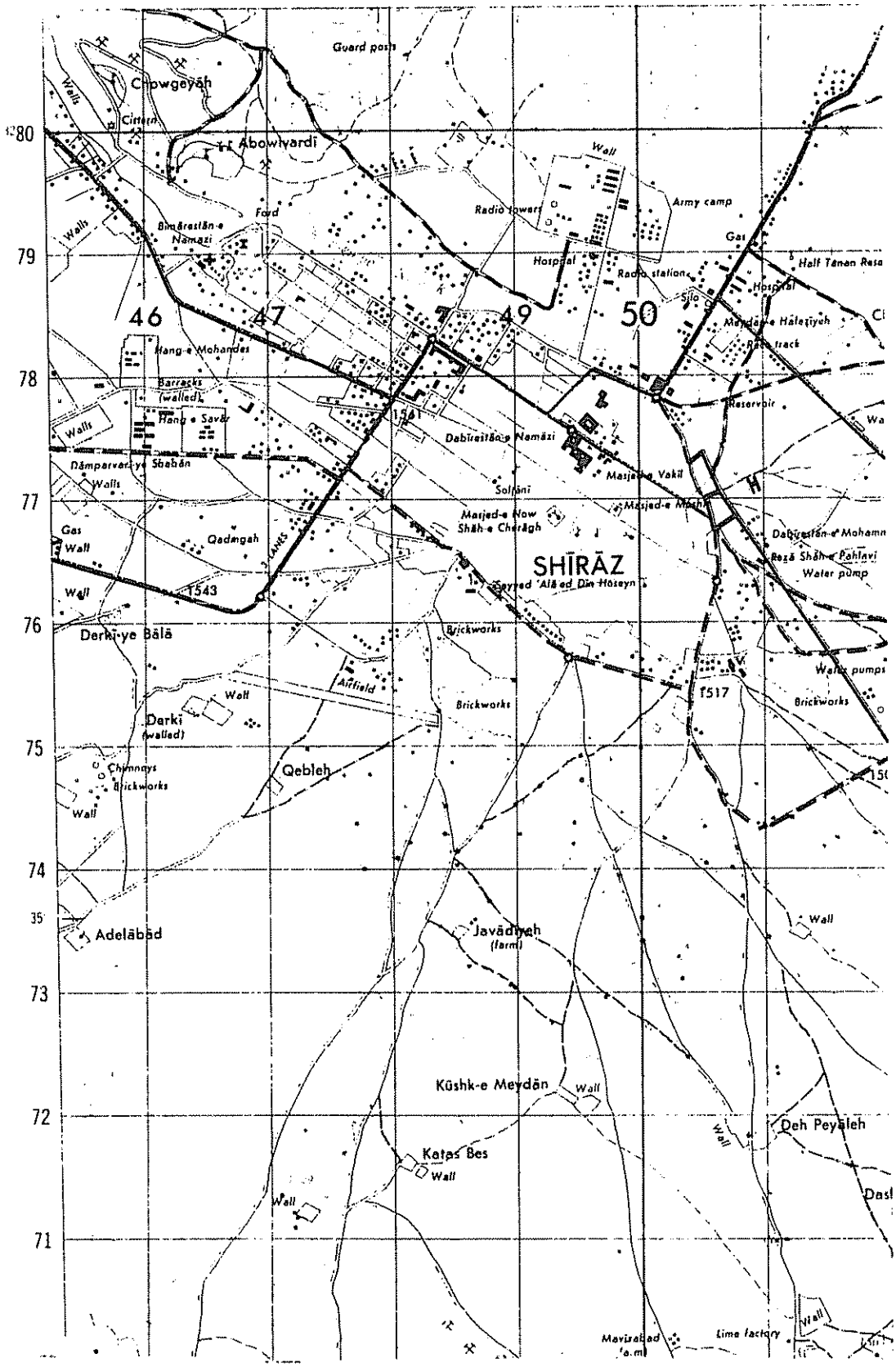


Figura 123. México: mapa topográfico producido por medios semiautomatizados

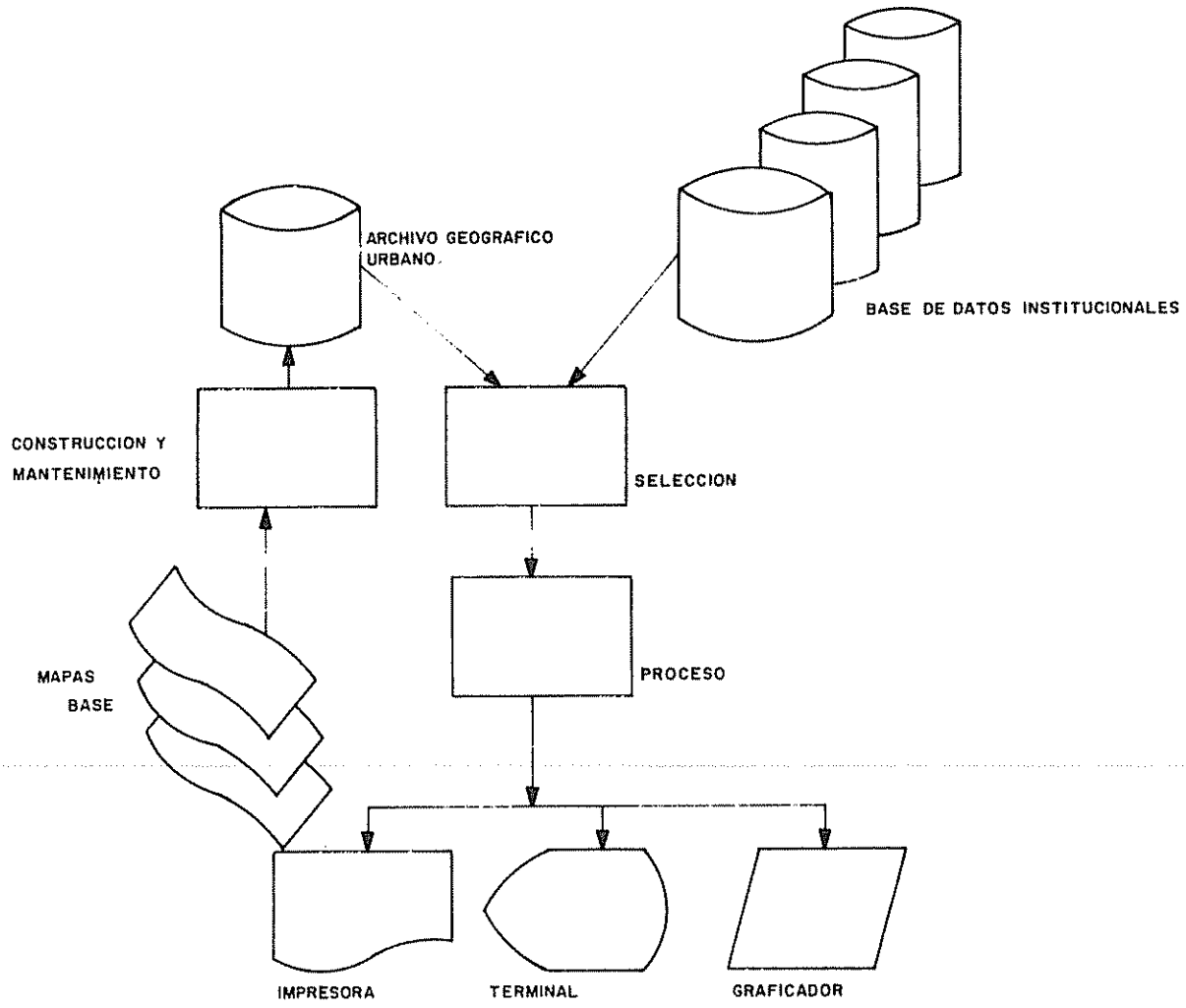


Figura 124. México: un sistema de geoprocesamiento

En algunos países se tienen bases de datos cartográficos a escalas 1:2 000, pero son realmente escasas.

Nivel límite-regional

En este sistema el nivel de información es el proporcionado por un catastro rural, que puede efectuarse a una escala entre 1:10 000 y 1:20 000. Aquí se tiene la delimitación de todos los predios rurales y su utilización puede ser semejante al correspondiente urbano; se puede utilizar para la determinación de los predios afectados por una presa o una carretera. Eventualmente, a través de la información recopilada a este nivel se podrían tener mapas de uso del suelo.

Nivel localización regional

En la actualidad se están desarrollando bancos de datos de recursos que están a la escala 1:25 000 a 1:250 000, elaborados a través de fotogrametría y fotointerpretación, o por medio de clasificación automática de satélites.

Este tipo de banco de datos puede servir para la planeación del uso del suelo, la determinación del área cultivada, etcétera.

Nivel geoestadístico-regional

En este nivel, se empieza a usar una división política para agregar la información, tanto de recursos como socioeconómica. Las actividades para las que puede usarse este tipo de banco de datos son genéricas. Es decir, podemos seleccionar entidades que cumplan una serie de requisitos: por ejemplo, todas aquellas cuya población sea mayor de 100 000 habitantes y que sólo tengan diez hospitales, etc.

En general, el costo del desarrollo de los sistemas varía geométricamente según el nivel en el que se trabaja. Así, si un sistema geoestadístico para todo el país cuesta una unidad económica, el nivel siguiente costará dos, el siguiente cuatro y el siguiente ocho unidades.

En general, los geoestadísticos manejan sólo información nominal y los otros manejan información ordinal con cada vez mayor grado de detalle.

Las ventajas de los niveles más detallados es que siempre podemos agregar información para alimentar el siguiente nivel, mientras que lo contrario es imposible.

Así, si se desarrolló un sistema de límites rural, con costo de cuatro unidades económicas, podremos tener también sistemas de localización y estadísticos que, si se hubieran realizado independientemente, nos costarían tres unidades sin disponer del nivel de límites rural.

Es por lo tanto muy importante para un país determinar la conveniencia de empezar un sistema a nivel límites-rural o uno de localización, decisión nada fácil de tomar y que hasta ahora no se había planteado dado que el desarrollo de los sistemas geográficos de información que permiten la generalización automática se han desarrollado muy recientemente y no hay conciencia clara de esta alternativa ni se han estudiado cuidadosamente sus factores e implicaciones.

Esquema de almacenamiento

La manera en la que se almacena la información dentro de la computadora también puede variar significativamente.

Se pueden tener bancos de información por celdas, en las que el territorio se divide artificialmente en áreas regulares y para las cuales se generaliza la información.

Un método diferente es el de almacenamiento de segmentos, donde toda la información se refiere a un segmento que representa de manera generalizada algún aspecto de la realidad, como el sistema utilizado en el nivel de localización urbano. Otros bancos de datos están construidos a base de localizaciones puntuales; es decir, que la información se refiere a un solo punto.

Para el nivel regional se tienen bancos de datos a base de figuras complejas, o polígonos, que están determinadas por los límites entre diversas unidades, de acuerdo a sus clasificaciones geológicas, edafológicas o de uso de suelo. La selección de cualquier método es un problema bastante complicado y que depende del objetivo final de las bases de datos.

Conclusión

De lo visto anteriormente podríamos concluir que la cartografía con computadora y las técnicas de bases de datos están saliendo del periodo de incubación para entrar en el de crecimiento y expansión.

Se tienen las experiencias necesarias y se ha llegado a desarrollar las bases conceptuales y de conocimiento suficientes como para poder analizar las aplicaciones potenciales dentro de cada organismo y seleccionar la mejor alternativa.

El progreso de la electrónica está garantizado por invenciones ya realizadas y que están en etapa de difusión e implementación, lo cual hará que los equipos resulten más económicos.

El costo principal estará en el desarrollo de la programación. En este campo, el intercambio de programas a través de universidades e institutos puede facilitar el desarrollo de la cartografía con computadoras.

También se han desarrollado compañías que están compitiendo activamente por el mercado de lo que genéricamente se llama graficación computarizada, lo cual garantiza un desarrollo constante de las técnicas y equipos. Esto no quiere decir que no se puedan tener problemas con la automatización de la cartografía.

Estos siguen existiendo y son muy reales. Particularmente para países subdesarrollados, la falta de personal capacitado puede resultar un serio obstáculo, tanto en la etapa de planeación como en la de operación, significativamente debido al problema del mantenimiento de los equipos.

Un error en la selección del equipo puede retrasar varios años a un organismo o instituto público. Para una empresa privada puede, a mediano plazo, significar inclusive la propia existencia dentro de un mercado altamente competitivo.

Por otro lado, el beneficio de tales equipos será más patente con el tiempo, y aquellos que primero entren al campo con una buena planeación lograrán un efecto multiplicador de su inversión inicial al poder emplear su información para propósitos múltiples.

La posibilidad que generan tales sistemas para mejorar la planeación será patente a mediano plazo, y puede considerarse fundamental para los países en desarrollo mejorar la información con que se toman las decisiones y así lograr el objetivo de la planeación.

EL INSTITUTO CUBANO DE GEODESIA Y CARTOGRAFIA EN LOS TRABAJOS DE LA NUEVA DIVISION POLITICO-ADMINISTRATIVA*

Documento presentado por Cuba

SUMMARY

The paper discusses the former division of the territory of the Republic of Cuba, the rationale behind the division made in the last century and the need for a new division more in keeping with the new conditions created by the far-reaching economic and social changes that have taken place in the country since the triumph of the Revolution. The premises on which the new political and administrative division is based are outlined, and information is provided on the decisions taken concerning this work at the First Congress of the Cuban Communist Party. The paper lists the names of the new provinces and explains how they will be administered under the organs of the people's power and the new system for managing the nation's economy. A description of the work of the Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía is provided, and reference is made to the main fields in which this organization has carried out its work. Lastly, mention is made of the importance of this new division to cartography and the cadastre.

RÉSUMÉ

Le document traite de l'ancien découpage du territoire de la République de Cuba. Il met en lumière, d'une part, les raisons qui ont motivé ce découpage au siècle dernier et, d'autre part, la nécessité d'un nouveau découpage, adapté aux conditions nouvelles résultant des profondes transformations économiques et sociales qu'a connues le pays depuis le triomphe de la révolution. Le document expose les prémisses du nouveau découpage politique et administratif du territoire et donne des précisions sur les décisions prises en la matière au premier Congrès du Parti communiste de Cuba. Suit une énumération des nouvelles provinces, ainsi qu'une description de la façon dont elles sont administrées, en accord avec les organes du pouvoir populaire et le nouveau système de direction de l'économie. Le rôle de l'Institut cubain de géodésie et de cartographie dans ce processus est ensuite examiné, en même temps que les principales caractéristiques de son fonctionnement. Le document se termine par des considérations quant à l'importance du nouveau découpage pour la cartographie et le cadastre.

El Primer Congreso del Partido Comunista de Cuba, reunido entre los días 17 y 22 de diciembre de 1975, discutió y analizó el proyecto de la nueva división político-administrativa del país.

La división del territorio en seis provincias, heredada en 1959 por la revolución, databa del siglo pasado y respondía a intereses políticos y comerciales de las autoridades coloniales.

Durante más de medio siglo, los gobiernos de la república burguesa no modificaron el número ni los límites de las provincias, sólo alteraron en pequeña medida el número de los municipios.

Los cambios producidos en la divisón político-administrativa a partir de 1959 fueron la respuesta de la revolución a la necesidad de organizar y dirigir territorialmente el país en las nuevas condiciones creadas por las profundas transformaciones económicas y sociales

La nueva división político-administrativa parte de las siguientes premisas:

En la nueva sociedad, el Estado, bajo la orientación del partido, ejerce la dirección, el control y la planificación de todas las actividades sociales.

La organización territorial de la dirección estatal sobre los procesos económicos, sociales y políticos debe garantizar las óptimas condiciones de dirección y gestión de la sociedad, para lo cual debe estar en correspondencia con la estructura territorial de las actividades económicas, con las perspectivas de su desarrollo y con la distribución de la población en el territorio nacional.

La nueva división político-administrativa se conforma fundamentada en criterios de regionalización económica, considerando factores geográficos y demográficos, en su situación actual y en su desarrollo perspectivo, así como toda la red de pueblos y ciudades que sirven como cabeceras de las diferentes instancias. Toma en consideración las ciudades más importantes y los avances logrados por todos los sectores de la economía, y en particular la agricultura, con la especialización de los territorios en grandes extensiones de un mismo cultivo; así como el desarrollo industrial de las vías de comunicación de todo tipo, fundamentalmente los ejes centrales y la malla vial de acceso a todas las zonas del país, que crean las condiciones para enfrentar formas superiores de organización territorial en beneficio de toda la sociedad.

La división en catorce provincias, apoyada en la homogeneidad demográfica y cultural del país, establece un marco adecuado para la dirección de las actividades económicas y en especial para las relaciones agro-industriales, al estar contenidas en ellas los grandes territorios especializados y las industrias vinculadas.

La propuesta de la nueva división municipal establece ciento sesenta y nueve unidades territoriales administrativas dentro de marcos poblacionales superiores a los actuales. Con un mayor nivel de actividad económica y de servicios sociales, su tamaño permite lograr una mejor coordinación de las empresas agropecuarias con los órganos municipales del poder popular y lograr asentar la dirección de los mismos en núcleos urbanos con condiciones mínimas de tamaño y de equipamiento para los servicios a la población.

El proyecto de división político-administrativa presentado consiste en una organización del espacio geográfico del archipiélago cubano en provincias y municipios, por la cual el país queda dividido en catorce provincias: Pinar del Río, La Habana, Ciudad de La Habana, Matanzas, Cienfuegos, Villa Clara, Sancti Spíritus, Ciego de Avila, Camagüey, Las Tunas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo, y en ciento sesenta y nueve munici-

* El texto original de esta monografía, preparado por Ydelís Velázquez García, se publicó como documento E/CONF.71/L.48

pios, de los cuales uno, Isla de la Juventud, será atendido directamente por la instancia nacional.

El Congreso acordó recomendar al Consejo de Ministros que conozca los elementos contenidos en el proyecto de la nueva división político-administrativa y dicte las leyes y reglamentos necesarios para su implantación de acuerdo con los plazos establecidos en el cronograma para la aplicación de la nueva división político-administrativa, el sistema de dirección de la economía y la implantación de los órganos del poder popular.

El Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, dentro del marco de las actividades realizadas por el Partido, los organismos del Estado, la UJC y las organizaciones de masas, para el establecimiento de la nueva división político-administrativa, ha ejercido sus funciones fundamentalmente en los siguientes aspectos: estudio sobre la denominación de las nuevas provincias y sus capitales; vinculación de cayos a municipios; instrucciones para el estudio sobre la denominación de los nuevos municipios y sus cabeceras; dirección técnica en la realización de las descripciones de los límites de los municipios y provincias, y participación en la elaboración de la Ley de División Político-Administrativa y la ley de los límites territoriales.

En el estudio sobre la denominación de las provincias y sus capitales y la vinculación de las islas y cayos a los municipios, conjuntamente con el ICGC, participaron once organismos constituidos en una comisión.

Después de resueltos los problemas organizativos y metodológicos, la comisión realizó un amplio estudio y una profunda investigación lingüística, histórica y geográfica de los topónimos que finalmente fueron propuestos como denominación de las provincias y sus capitales.

Lo más trascendental del estudio lo constituye el hecho de servir de base y punto de partida para la uniformación de los nombres geográficos en nuestro país.

Singularmente, La Habana y Las Tunas en adelante deberán ser escritos con artículo antepuesto en todos los casos, trátese del municipio, la provincia o la ciudad. Dos provincias, Granma y Villa Clara, no resultan de las ciudades que les sirven de cabeceras. La correspondencia ciudad-capital-provincia se mantiene en el resto de los casos.

En la vinculación de cayos e islotes a los municipios se tuvo en cuenta el lograr la integración económico-administrativa de una porción o grupo de cayos a la tierra firme correspondiente; considerar la dedicación perspectiva para la recreación y el turismo; usar en la determinación de los derroteros de los límites marítimos el método establecido de orientación marítimo-naval y el que los límites jurisdiccionales de las aguas territoriales del país en ambas costas serían determinados por las leyes que se elaborasen al efecto.

Las instrucciones para el estudio sobre la denominación de los nuevos municipios y sus cabeceras consideran mantener en lo posible la correspondencia pueblo (ciudad)-municipio y simultáneamente, la secuencia histórico-geográfica y lingüística de los topónimos, poniendo de relieve desde los patronímicos aborígenes, Guamá, hasta los contemporáneos, Niceto Pérez, Amancio.

La dirección técnica para la realización de las descripciones de los límites de los municipios y provincias se asienta fundamentalmente en la necesidad de la precisión unívoca de la linderación, el futuro enmojonamiento y la uniformidad del texto en un todo compacto, preciso y homogéneo.

La Ley de División Político-Administrativa, ya promulgada, fija la composición, número y denominación tanto de las unidades territoriales administrativas como de sus instancias superiores.

La ley de los límites territoriales, dictada también, fijó de manera inequívoca el curso de los linderos de la nueva división político-administrativa del país, hecho, por demás, de singular importancia, puesto que por primera vez en nuestra historia se cuenta con un documento oficial que recoge, de una vez, los límites municipales y provinciales.

Para el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, el establecimiento de la nueva división político-administrativa, como parte del proceso de institucionalización, reviste suma importancia, sobre todo para las ramas de cartografía y catastro.

Para la cartografía, permitirá representar este importante elemento en los mapas que así lo requieran, ya se trate de los topográficos como los destinados a la enseñanza, el uso público y otros, y, además, el rotulado de los nombres de las provincias y sus capitales, los municipios y sus cabeceras será de forma normalizada, de obligada uniformidad.

Para el catastro, cuyo fundamento es la determinación exacta de los linderos de todos los predios rurales y urbanos, marcará el límite del espacio que corresponde a cada municipio, precisando en el futuro la demarcación de cada una de las parcelas contenidas en los municipios, elemento básico del inventario nacional del registro de la tierra.

SISTEMA DE DIGITIZACION Y EDICION DE BASES CARTOGRAFICAS DIGITALES EN EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DE ESPAÑA

Documento presentado por España

Introducción

El desarrollo de las técnicas digitales, el abaratamiento de los componentes electrónicos integrados y la sofisticación de los periféricos gráficos han influido de forma notable en el desarrollo de la cartografía y en sus actuales tendencias tecnológicas.

Estos avances conllevan un distanciamiento con respecto a la cartografía convencional, en la que los altos costos de impresión, junto con la escasa flexibilidad de actualización, así como el almacenamiento de grandes partidas de mapas que a menudo quedan obsoletos antes de llegar al público, hacen que sea un proceso cada vez

* El texto original de esta monografía, preparado por José María García Courel y Mendoza, Instituto Geográfico, se publicó como documento E/CONF.71/L.69

menos económico. Según las tesis expuestas por el Sr. Bickmore, de la Unidad Experimental de Cartografía de Londres (Reino Unido), con las que estamos en conformidad, la tecnología cartográfica digital ofrece unas alternativas a la convencional que, además de ser más rápidas y precisas, aportan nuevos planteamientos cuantitativo-cualitativos, presentando los resultados bajo la óptica de una nueva estética gráfica.

Es necesario que tanto el cartógrafo como el usuario del mapa se conciencien de las enormes posibilidades de las nuevas herramientas informáticas y se aperciban de la ventaja de encontrar respuestas y productos cartográficos que se adecuan en mayor medida a sus demandas y necesidades.

El concepto de mapa impreso viene a ser sustituido por el de base digital cartográfica, que engloba de una forma mucho más amplia y versátil una mayor cantidad de información. Toda salida gráfica no es sino un subproducto de la base digital.

Las bases cartográficas digitales muestran una tendencia notable a expandirse en volumen de datos, con lo que suelen perder eficacia, a menos que se disciplinen y regulen mediante el empleo de sistemas de manipulación de datos o sistemas de gestión.

Antecedentes

El Instituto Geográfico Nacional de España comenzó sus experiencias de cartografía automática en el año 1971. En principio se abordó la investigación en el sentido de obtener un trazado automático del mapa convencional. Hoy día se ha visto que esta línea de actuación no es económicamente rentable, salvo en casos excepcionales, como son los de trazado de planos catastrales a gran escala y la obtención de mapas a través de cintas obtenidas directamente de los aparatos de restitución fotogramétrica.

Actualmente la línea que se sigue en el Instituto Geográfico Nacional es la de la creación de las bases de datos digitales para su integración en sistemas de gestión de información geográfica. Paralelamente se desarrollan asimismo trabajos y experiencias para la obtención y trazado de cuadrículas, mallas, vértices geodésicos, recuadros de hojas, etc., en las diferentes escalas y sistemas de proyección que utilizan nuestras publicaciones.

A tales efectos, el Instituto Geográfico Nacional dispone del siguiente equipo:

Ordenador PDP 11/45 con 64K de memoria, dotado de los siguientes periféricos:

- Disco RP03 de gran capacidad de almacenamiento;
- Tres unidades de cinta magnética, 9 canales 800 b.p.i. compatibles;
- Pantalla interactiva Tektronix 4014, dotada de *joystick*;
- *Plotter* Calcomp 960;
- Trazador electrostático Versatec;
- Lector perforador de cinta de papel;
- Impresora de líneas rápida;
- Lector de tarjetas perforadas.

Digitizadores:

- Bendix Datagrid, dotado de salida en cinta magnética;
- D-MAC, con salida en cinta de papel.
- Mesa trazadora de alta precisión Coragraph, de Contraves, dotada de los siguientes periféricos:
  - Unidad de cinta magnética, 9 canales, 800 b.p.i., compatible;
  - Lector perforador de cinta de papel;
  - Lector de tarjetas perforadas.

A efectos de hacer operativo todo el sistema y procesos de trabajo que a continuación se describirán, el Instituto Geográfico Nacional ha desarrollado su propio *software*, escrito principalmente en Fortran IV, con algunos programas en Assembler. El *software* se estructura alrededor de dos grandes módulos de programas; el PUR 1, que se encarga de la creación de las estructuras de datos adecuadas, así como de la comprobación inicial de la información gráfica y alfanumérica y de la relación entre ambas, y el COMPRU, que se encarga de la manipulación y edición de acabado de los elementos cartográficos.

Ambos programas constan de una parte principal y de una serie modular de subrutinas, que en el caso del COMPRU hacen uso de *overlays*. Previa y posteriormente a estos programas existen una quincena de programas más cortos, algunos de ellos conversacionales y otros de utilidades que preparan la información para ser utilizada por estos programas o que la adecuan a sus posteriores. Todos ellos asimismo han sido desarrollados por el propio Instituto Geográfico Nacional.

Procesos

La creación de una base de datos digital conlleva una metodología y una serie de procedimientos que hagan no sólo posible la inclusión de la información cartográfica en dicha base, sino que esta información, convertida de analógico a digital, si fuera preciso, ofrezca las máximas garantías en cuanto a fiabilidad y precisión, tanto en sus componentes gráficos, como en la cantidad de descriptores alfanuméricos que lleve pareja.

Los distintos procedimientos que hacen eficaz esta recogida de información y creación de la base de datos digital, y que se emplean en el Instituto Geográfico Nacional, aparecen de forma gráfica en el esquema que se adjunta y pasarán a ser discutidos brevemente en esta presentación.

Como primera medida se realiza una búsqueda y posterior selección de toda la documentación cartográfica que exista sobre la porción del territorio sobre la que se desee crear la base cartográfica digital, así como de los datos digitales que existan previamente sobre dicho territorio.

La elección de la escala y de los diferentes elementos cartográficos a incluir dependen de criterios de necesidades y de objetivos en la creación de la base de datos, así como de su posterior gestión, mediante un sistema de manipulación de datos. Estas necesidades y objetivos son independientes del procedimiento de su captura e inclusión en la base de datos y deben ser discutidos y estudiados muy cuidadosamente, previamente a cualquier otro paso del proceso. En este estudio deben tomar parte activa no sólo los posibles usuarios de esta cartografía automática, sino aquellos aportadores o recolectores de datos cartográficos sobre terreno.

La documentación ya seleccionada se somete a una fase de preparación, previa a ser digitizada. En esta preparación se aquilata perfectamente qué es lo que va a digitizarse, cómo se va a digitizar e incluso el orden a seguir para efectuar dicha digitización. A este efecto se

realizan todo tipo de anotaciones pertinentes sobre el original, tales como señalar los comienzos de elementos, asignarles códigos, etc., preferentemente sobre plásticos extendidos sobre el original para mejor preservación de éste

Los datos digitales que existan como tales se incluyen directamente en la base de datos.

La siguiente etapa previa inmediata a la digitización consiste en la elección de una serie de puntos de control, fácilmente identificables, sobre el documento a digitizar, distribuidos según un patrón lo más uniforme posible sobre la zona de trabajo y cuyas coordenadas en un sistema de referencia terrestre sean conocidas. En virtud de estas coordenadas y de las instrumentales de dichos puntos podemos establecer, mediante una transformación de Helmert, los parámetros a aplicar a todo el resto de coordenadas instrumentales para referirlas al terreno; este proceso vemos en el gráfico que se realiza en una de las últimas fases, ya que es conveniente aplicarlo sólo a información previamente editada.

A continuación se procede a la digitización propiamente dicha de toda la información cartográfica, sea de punto, línea o superficie, empleando el modo de digitización más idóneo según el caso y la complejidad del elemento a digitizar. El sistema de digitización lleva anejo un módulo de programas que, entre otras muchas labores, realizan la de asignar códigos secuenciales a los elementos digitizados de forma totalmente automática. De no hacer uso de esta posibilidad, por causas justificadas, hay que realizar la codificación de forma manual, mediante el teclado de codificación existente en el digitizador.

Independientemente de este sistema de codificación informático se realiza una codificación mucho más completa para cada elemento digitizado, en la cual se asignan nombres, características, datos cuantitativos y cualitativos, etc., a cada elemento, así como unas coordenadas de cuadrícula que nos permitan localizarle sobre el mapa fuente de forma aproximada y rápida. Esta labor exige el trabajo de un documentalista minucioso y preparado.

La información digitizada, previo a cualquier otro proceso, se verifica alfanuméricamente, en busca de errores alfanuméricos y de formato, que nos harían inaprovechables las cintas procedentes de la digitización. El proceso se realiza sobre la pantalla de rayos catódicos y, con la ayuda de un programa conversacional, se procede en dicha pantalla a la corrección de cuantos errores hubiésemos observado.

Una vez depurados los archivos digitizados de errores alfanuméricos y de formato, se procede a la inclusión de cada elemento cartográfico de los mismos en una doble estructura de acceso directo, especialmente diseñada para esta aplicación y que como características ofrece una economía de almacenamiento notable y una eficaz y rápida búsqueda por elemento individual.

El siguiente paso hace uso de dicha estructura y, empleando la pantalla de rayos catódicos, examina uno a uno, o en conjunto, los elementos cartográficos digitizados, vistos asimismo en la escala gráfica que más nos convenga, así como en unión de sus descriptores alfanuméricos, si fuese necesario. Tomada nota de los posibles errores, se procede a una redigitización de los elementos afectados por los mismos. La introducción en la estructura de datos de estos elementos corregidos anula a los erróneos, sustituyéndolos inmediatamente.

Cuando la totalidad del archivo digitizado aparezca correcto en la pantalla es conveniente obtener una copia en un trazador rápido, en la que se observen los números de códigos secuenciales que corresponden a cada elemento. Aun en esta fase se producen algunas correcciones difícilmente observables en pantalla.

Es útil, y a veces necesario, retocar los elementos de un archivo que adquieran un acabado lo más perfecto posible, cartográficamente hablando, de modo que las líneas se unan a tope, los puntos comunes a varias líneas sean únicos, los elementos puntuales no interfieran entre sí o con líneas, etc.

A este fin, se ha desarrollado un programa interactivo en el que, entre otras funciones, se realiza la unión entre líneas, según varios criterios a elegir por teclado, mostrándose en pantalla el resultado de dicha función y sometiéndola a la aprobación del cartógrafo. En caso de no ser aprobado se emplea otra función cualquiera de las disponibles. Procedemos con este módulo hasta dotar al archivo de la mayor calidad y estética posibles. La base de datos está ahora validada.

A continuación se realiza un volcado de la información desde acceso directo sobre disco a cinta magnética en acceso secuencial para su almacenamiento. Este proceso es reversible y en cualquier momento podemos recuperar sobre disco la estructura en acceso directo.

De los archivos en cinta magnética podemos hacer variados usos, desde generación de cintas de dibujo hasta inclusión en sistemas de gestión de bases de datos digitales, dependiendo en cada caso el proceso del fin ulterior a que queremos se someta la información. En el gráfico adjunto se pretende introducir esta información en un sistema de información geográfica, para lo cual hemos de realizar las pertinentes transformaciones de códigos y formatos, así como de coordenadas instrumentales a coordenadas en un sistema de referencia único.

La actualización de la información se lleva a cabo como si fuese una información editada *a posteriori*.

Las salidas gráficas de una base de datos muestran un enorme potencial en el empleo de nuevas formas de expresión cartográfica. Estas nuevas formas pueden ser rápidas, simples o efímeras, o bien tan elegantes en símbolos y líneas como los más refinados mapas convencionales.

SIGNA: SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA DEL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL*

Documento presentado por España

Introducción

El Sistema de Información Geográfica del Instituto Geográfico Nacional (SIGNA) es un conjunto de procedimientos informáticos proyectado para la recogida, codificación, almacenamiento, análisis y recuperación de datos geográficos, así como para la presentación de resultados directamente relacionados con aquéllos.

El diseño del SIGNA se ha orientado a dos fines generales: contribuir a un mejor conocimiento de la estructura física del país, y proporcionar un instrumento capaz de facilitar el proceso de toma de decisiones a todos los organismos cuyas actividades inciden en el espacio geográfico.

Para la consecución de estos fines los criterios de diseño se orientaron preferentemente hacia los aspectos siguientes:

a) La recuperación de todos los datos de un cierto tipo existentes en cualquier dominio geográfico;

b) La selección, entre los datos anteriores, de aquellos que cumplen determinadas condiciones;

c) La realización de procesos con los datos recuperados;

d) La comunicación usuario-sistema por medio de un lenguaje sencillo.

Naturaleza de la información

La información contenida en el SIGNA incluye cualquier punto, línea o zona que constituya una realidad física relevante a escala nacional

Los datos llevan asociadas una serie de características, correspondientes tanto a las propiedades físicas como a otros aspectos localizables geográficamente sobre esa unidad espacial.

Las características se refieren a aspectos cuantitativos y cualitativos.

A efectos de la formación de la base de datos, se plantean las siguientes etapas:

1) Incorporación de todos aquellos datos cuya recogida y elaboración es competencia del Instituto Geográfico Nacional (geodésicos, topográficos, geofísicos, etc.).

2) Incorporación de la información relativa a cartografía, vuelos fotogramétricos, etc., que, afectando a todo el territorio nacional, posee el Consejo Superior Geográfico.

3) Incorporación de características necesarias para la producción de cartografía temática mediante la colaboración con diversos organismos de la Administración.

Identificación y localización de los datos

Los datos se agrupan en clases homogéneas, caracterizadas mediante una "palabra clave" que define unívocamente cada tipo de dato (municipio, entidad de población, río, etc.).

El identificador de aquéllos consta de una primera parte que se refiere al tipo de dato, mientras que la segunda es propia de cada uno. La parte genérica es la palabra clave codificada y la individual es un centroide relacionado con el centro de gravedad del dato. Este conjunto (código de la palabra clave + centroide) se relaciona biunívocamente con los datos.

Por otra parte, cada uno de estos tiene un nombre, topónimo o descriptor de clase (Guadalhorce, <3%). Muchas veces el conjunto (palabra clave + nombre) identifica unívocamente el dato (por ejemplo: Embalse de Guadalhorce), pero en otros casos (pendiente <3%) la relación es multívoca; por ello, este conjunto no es válido como identificador del dato con carácter general, sin perjuicio de que en los casos en los que exista unívocamente se pueda aprovechar esa correspondencia para determinados procesos.

La localización de los datos se consigue por medio de las coordenadas del punto, si el dato es puntual, o las correspondientes a los vértices de una poligonal inscrita en la línea o en el perímetro cuando se trata de datos lineales o superficiales. Las coordenadas están expresadas en el sistema de proyección UTM.

Como puede observarse, el acceso del usuario que emplea lenguaje común sólo puede realizarse directamente a aquellos datos unívocamente identificados por el conjunto (palabra clave + nombre). En el caso general, el acceso se realiza a través de la localización geográfica.

Recogida de datos

Las coordenadas de los datos se obtienen principalmente a partir de la digitización de la información contenida en los mapas topográficos, temáticos y en ortofotomapas.

Las coordenadas procedentes de la digitización han de sufrir una serie de procesos hasta que se transforman en información válida susceptible de ser almacenada en la base de datos.

Los procesos más complejos se llevan a cabo cuando se trata de almacenar información de tipo superficial, en particular cuando las zonas tienen fronteras comunes

Inicialmente, en el SIGNA, se procedía del modo siguiente:

1) Detección visual de nudos (puntos comunes a tres o más zonas)

2) Digitización de segmentos (líneas comprendidas entre dos nudos).

3) Cálculo automático de las coordenadas de cada nudo a partir de las correspondientes a los segmentos que concurren en él y posterior corrección de los extremos de los segmentos.

4) Creación de un fichero tipo DIME en el que para cada segmento se indica la zona que está a su derecha y la que corresponde a su izquierda.

* El texto original de esta monografía, preparado por Rafael Herrero García, Instituto Geográfico Nacional, se publicó como documento E/CONF.71/L.71.

5) Selección y encadenamiento automático de los segmentos que delimitan cada zona

6) Asignación de nombre a cada zona.

Como quiera que la creación del fichero tipo DIME exige una codificación laboriosa, en la actualidad, manteniendo los tres primeros pasos, el proceso se desarrolla de la forma siguiente:

4) En los nudos inicial y final que corresponden a cada línea se detecta, entre las otras líneas que concurren en cada uno de ellos, aquella que forma el mayor ángulo con la primera.

5) Para cada segmento se forman las dos zonas a las que pertenece. Esto se realiza por el encadenamiento de los segmentos que forman en los nudos el máximo ángulo con el segmento anterior (figura 125).

6) Colocación automática de todas las coordenadas del polígono en sentido dextrógiro.

7) Digitización de un centroide para cada zona.

8) Selección automática del centroide que corresponde a cada zona mediante un algoritmo de inclusión de un punto en un polígono.

En todo caso estas coordenadas han de sufrir una serie de procesos para transformarlas al sistema general de referencia.

Otro medio importante de obtención de datos es la restitución numérica con salida en cinta magnética mediante registradores de coordenadas conectados a autógrafos.

La información altimétrica de base se obtiene mediante el seguimiento de perfiles en modelos fotogramétricos, obteniéndose una cinta magnética que se procesa con el programa SCOP (Stuttgart Contour Program), mediante el cual se calculan, por un procedimiento de interpolación, las altitudes correspondientes a los nudos de una retícula, generándose así un modelo digital del terreno (MDT) que va a permitir la realización de numerosos procesos relacionados con la morfología del terreno.

Se integra también en el SIGNA la información registrada por las cámaras multiespectrales instaladas a bordo de satélites.

Almacenamiento de los datos

Los datos y características se almacenan en un fichero secuencial indizado con registros de longitud variable. La clave de acceso a este fichero original está formada por el conjunto (código + centroide). La composición de un registro está especificada en la figura 126.

Como el usuario ha de verificar su demanda en lenguaje común, es necesario que existan unos diccionarios que traduzcan el lenguaje del usuario a la forma codificada que hace que los procesos de búsqueda sean más eficaces. Existen tres diccionarios orientados a la formación de la base original:

a) El diccionario de palabras claves;

b) El diccionario de características numéricas;

c) El diccionario de características no numéricas.

La existencia de estos diccionarios permite la utilización de sinónimos tanto en lo que respecta a las características como a las palabras claves, mediante la asignación de un mismo código a los diversos sinónimos.

El modo general de acceso a los datos es a través de la localización. Para la realización de esta búsqueda geográfica se recurre a un sistema de cuadrícula en el que se considera dividido el territorio en un conjunto de cuadrados que forman una retícula. Cada cuadrado se identifica y localiza por las coordenadas UTM del vértice suroeste.

Se forma automáticamente un fichero inverso, con organización secuencial indizada y registros de longitud variable, en el que se especifica para cada elemento de retícula (identificado por las coordenadas de su vértice suroeste) los datos que le afectan, expresando el (código de la palabra clave + centroide) de cada uno de éstos, esto es: la clave de los registros de la base original.

Este segundo fichero se denomina cuadrícula, pudiendo existir varios correspondientes a distintos anchos de retícula.

Para pasar del contorno poligonal de un dato a su imagen en cuadrículas se utiliza un algoritmo mediante el cual, para cada segmento rectilíneo del contorno, se calculan las intersecciones con las rectas verticales y horizontales que definen la retícula. Posteriormente se ordenan estas intersecciones, determinándose a continuación las coordenadas del vértice suroeste de los cuadrados afectados.

Los valores de la altitud del terreno se almacenan en otra base de datos que se denomina altitud. Este fichero es también secuencial indizado, pero con registros de longitud fija, que contienen las cotas, formando un modelo digital de 100 × 100 m para cada cuadrado de 1 × 1 km (figura 127).

Consulta al sistema y recuperación de la información

Toda petición de información ha de referirse a una porción definida del territorio que se denomina dominio.

Para su definición el usuario dispone de varias opciones:

Dominio cuadro (X_1, Y_1, X_2, Y_2)
siendo X_1, Y_1 las coordenadas del vértice suroeste y X_2, Y_2 las correspondientes al del noreste de un rectángulo de lados paralelos a los ejes.

Dominio círculo (X_c, Y_c, R)
donde X_c, Y_c son las coordenadas del centro del círculo y R el radio.

Dominio polígono (X_1, Y_1, X_2, Y_2, . . . , X_n, Y_n)
siendo X_1, Y_1, . . . X_n, Y_n las coordenadas de los vértices de un polígono.

Dominio zona (nombre de zona conocida, +, nombre de zona conocida, +, nombre de zona conocida).

Dominio dato (tipo de dato/topónimo)

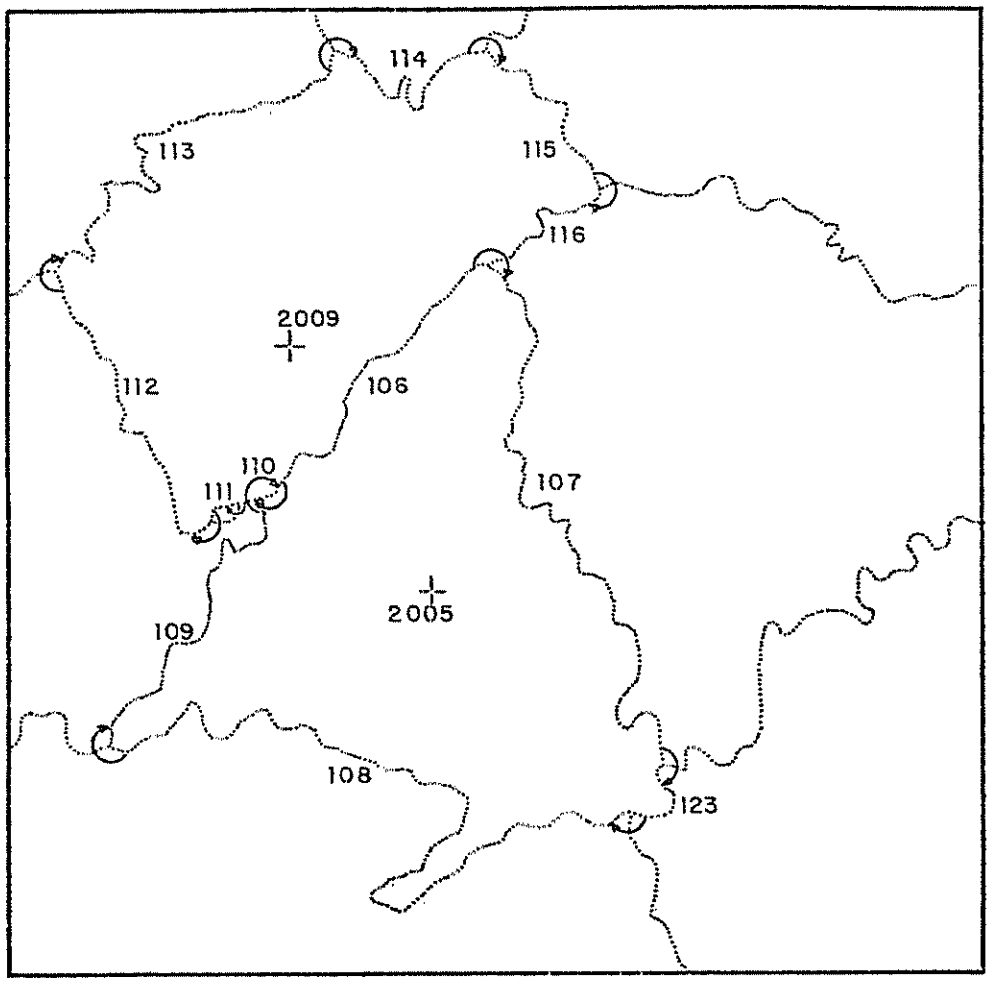
Se puede sustituir cualquier par de coordenadas por un nombre geográfico, siempre que esté incluido en un diccionario de puntos conocidos.

También la sentencia dominio zona exige que haya un diccionario de zonas conocidas.

Al existir varias bases cuadrícula el usuario tiene que indicar aquella en la que desea que se haga la búsqueda de los identificadores de los datos.

Con el tamaño de cuadrícula y la indicación de las coordenadas del contorno del dominio, el sistema, con el mismo algoritmo descrito anteriormente, calcula todos los cuadrados elementales que forman parte del dominio.

Como, por otra parte, al expresar su petición el usuario indica el tipo de dato que desea recuperar, el SIGNA, con las claves de los cuadrados del dominio, accede a los correspondientes registros de la base cuadrícula, buscando



N° del segmento de partida:	106
Segmentos	Centroide
106, 107, 123, 108, 109	2005
106, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116	2009

Figura 125. España: selección de segmentos que limitan zonas

Figura 126. España: composición de un registro — base de datos: original y cuadrícula

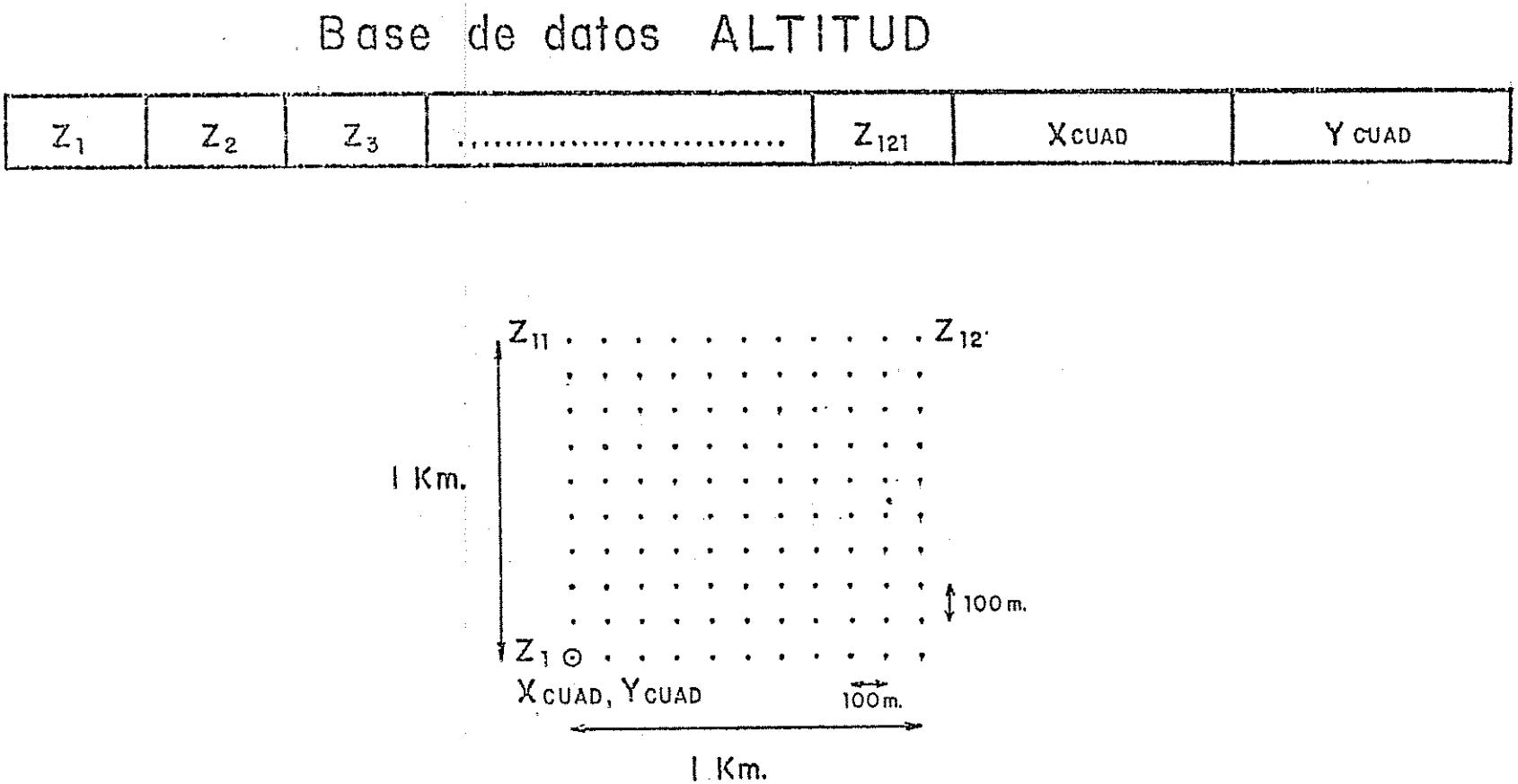


Figura 127. España: base de datos: altitud

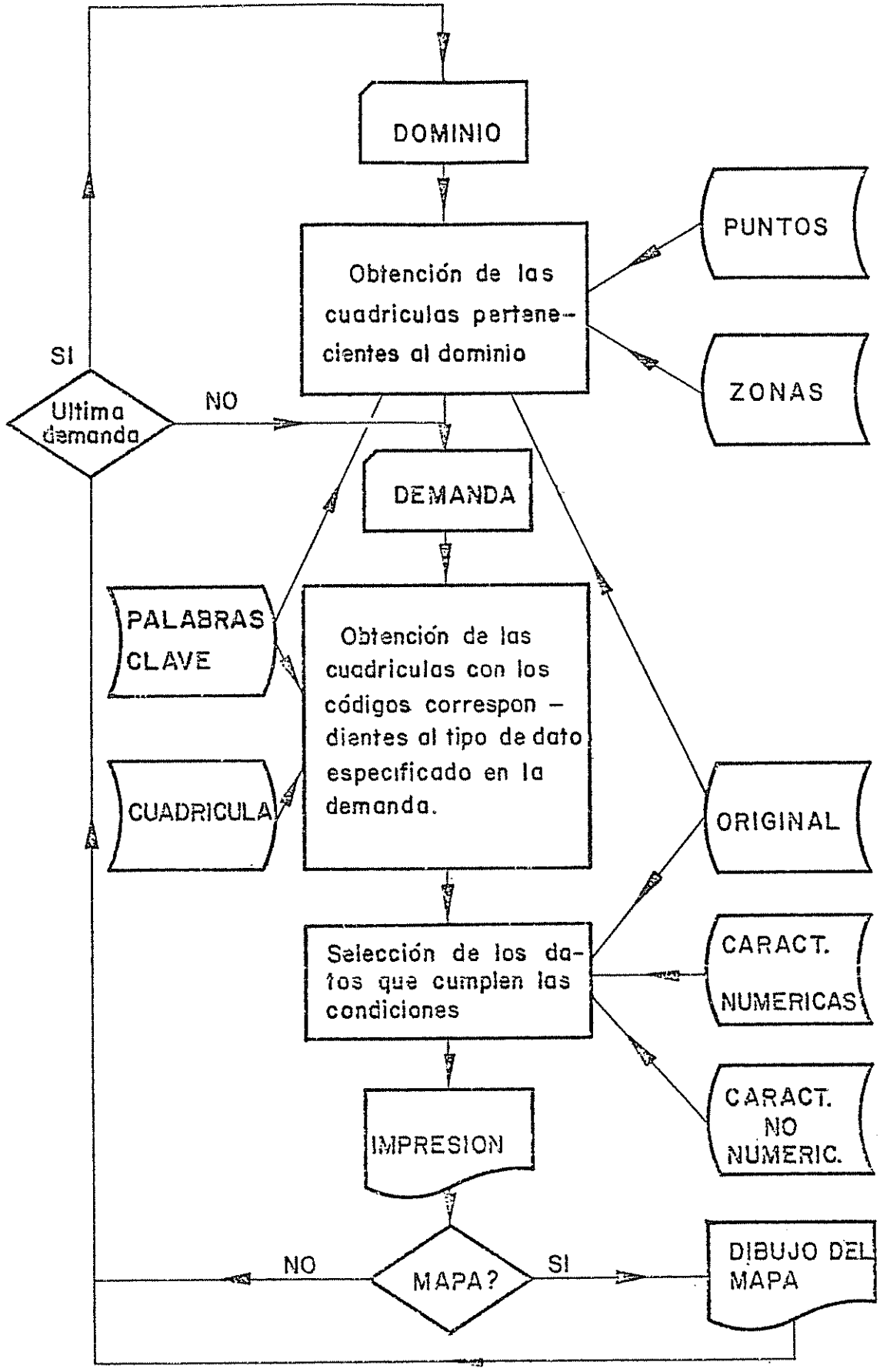


Figura 128. España: esquema de flujo de datos para mapas

en cada uno de ellos la existencia del tipo de dato solicitado, obteniendo las claves que corresponden a los datos deseados para acceder entonces a los registros de la base original (figura 128).

El sistema también ofrece la opción de limitar la respuesta a los datos cuyas características cumplen las condiciones establecidas por el usuario. Las condiciones se expresan relacionando el nombre de una característica, numérica o no numérica con un valor de comparación, por medio de los operadores relacionales $>$, $=$, $<$. (Para las características no numéricas tan sólo se puede utilizar el operador $=$).

Existe la posibilidad de concatenar varias condiciones por medio de los operadores .Y. y .O.

A partir de los topónimos, y los nombres y valores de las características, el sistema realiza tabulaciones, clasificaciones, regresiones, cálculo de estimadores estadísticos, etcétera.

Con los datos de la base altitud se pueden obtener los valores de las altitudes y las pendientes medias de todos los cuadrados elementales que forman parte del dominio. Se obtienen también las coordenadas de las curvas de nivel a la equidistancia deseada.

Presentación de resultados

Las respuestas se presentan siempre a través de la impresora, individualizando todos y cada uno de los datos e incluyendo los valores o atributos de las características solicitadas.

Se puede obtener un mapa por impresora indicando el dominio y la situación relativa de los datos pedidos. Cada posición de impresión corresponde a una cuadrícula, imprimiéndose, si está afectada por algún dato, un carácter elegido por el usuario.

Se obtienen también gráficos por impresora relativos a clasificaciones (histogramas y diagramas sectoriales), regresiones, etc.

Asimismo se presentan mapas temáticos relativos a la aparición, simultánea o no, de diversos tipos de datos en el dominio.

También se obtienen mapas temáticos relativos a altitudes y pendientes medias de las cuadrículas.

El Sistema elabora mapas mediante una trazadora rápida. Los mapas son de diversos tipos:

a) Planimétricos: donde se representan los datos recuperados y el perímetro del dominio con símbolos y escala seleccionados interactivamente;

b) Temáticos: relativos a altitudes y pendientes medias y a curvas de nivel.

La salida del *plotter* también puede visualizarse en una pantalla de gráficos.

Actualmente se trabaja en la obtención de salidas del SIGNA por medio de un convertidor cinta-película Dicomed, para la obtención de salidas en blanco y negro de modo que a cada cuadrícula se le asigne un nivel de gris (desde 0 hasta 255) en función del valor de una determinada característica.

Se pueden obtener también salidas en color por combinación de tres colores básicos.

Otra línea de trabajo se orienta a la producción de mapas temáticos relativos a los valores de las características.

Finalmente, el tercer frente de trabajo consiste en la utilización del SIGNA de modo interactivo.

Programas periféricos

Para la administración del SIGNA se dispone de un conjunto de programas periféricos para la introducción de datos y características; borrar datos (tanto de la base original como de las cuadrículas); incorporar nuevas palabras clave y características, nuevos puntos y zonas conocidas, etcétera.

Hardware del sistema

El SIGNA está implementado en un ordenador IBM 370/145 por medio de un terminal IBM 3774.

Las salidas por trazadora se obtienen en un *plotter* Calcomp 960, *on line* con un ordenador PDP 11/45, del cual también son periféricos el Dicomed, una pantalla Tektronix 4014, y una impresora electrostática Versatec.

Referencias

Aldred, B. K., *Point in polygon algorithms*. IBM, UKSC 0025, 1972.

Baxter, R. S., *Computer and statistical techniques for planners*. Methuen and Co. Ltd., 1976.

Davis, J. C., y M. J. McCullagh, *Display and analysis of spatial data*. John Wiley and Sons, 1975.

Mugica, F., J. M. Garcia-Courel y R. Herrero, *Geographic information system of the Instituto Geográfico Nacional*. Ninth International Conference on Cartography, University of Maryland, College Park, Maryland, 1978.

Mugica, F. y R. Herrero, *Geographic information system of the Instituto Geográfico Y Catastral*. Sixth European Symposium on Urban Data Management, 1977.

Peuker, T. K., y N. Chrisman, *Cartographic data structures*. "The American Cartographer," 2 No. 1, 1975.

Tomlinson, R. F., *Geographical data handling*. International Geographical Union, 1975.

Tost, R. *REGMAP, an interactive land use information system*. Sixth European Symposium on Urban Data Management. 1977.

PAPEL CARTOGRAFICO PARA USOS GENERALES: UNA NORMA ESPAÑOLA*

Documento presentado por España

Introducción

La obtención de un soporte adecuado para la reproducción cartográfica a base de fibras celulósicas ha sido muy problemática en nuestro país. Por una parte, la diversidad de pastas utilizadas en la fabricación del papel y, por otra, las especiales características exigidas a éste, han sido la causa de que durante años no se haya podido disponer de un papel para cartografía que garantizase unas calidades y cualidades repetibles en cada caso, y por tanto, aptas para obtener un mapa impreso utilizable de forma satisfactoria, según sus distintos usos.

Por ello, el Instituto Geográfico Nacional ha elaborado una norma que deben cumplir los soportes fibrosos utilizados para la reproducción cartográfica y que aseguren así las prestaciones exigidas al mapa impreso.

Esta norma, UNE 57-048, ha sido recientemente aprobada en la Comisión de Normalización No. 57, "Celulosa y papel", del Instituto Nacional de Racionalización y Normalización.

Características del papel

El papel está constituido esencialmente de fibras celulósicas de origen natural, afieltradas y entrelazadas, a las que se añaden unos elementos de relleno denominados cargas y unos productos químicos llamados aditivos, cuya finalidad es proporcionar al soporte determinadas características.

Las fibras celulósicas proceden principalmente de la madera y se pueden clasificar en dos grupos, según la especie arbórea originaria:

a) Fibras largas, procedentes de resinosas: pinos, abetos, píceas;

b) Fibras cortas, procedentes de frondosas: chopo, eucalipto, abedul, haya.

Unas y otras dan lugar a pastas de papel con características diferentes más o menos modificables según el proceso seguido en su preparación.

Para conseguir un papel cartográfico adecuado es necesario elegir convenientemente los porcentajes de cada tipo de pasta y controlar debidamente tanto la preparación de ésta como la fabricación de aquél.

Los papeles destinados a la impresión de mapas contienen, en general, un elevado porcentaje de fibra larga.

Preparación de pastas de papel

Sin entrar en el estudio pormenorizado del proceso de preparación de las pastas de papel, por exceder el alcance de esta exposición, se hará una breve referencia, por su importancia, al proceso de refino y los efectos que produce.

Las fibras obtenidas a partir de la madera, después de la cocción, presentan particularidades que las hacen poco aconsejables para la fabricación del papel:

a) Tienen una longitud excesiva, lo que impide obtener una hoja de papel debidamente afieltrada y homogénea;

b) La hoja de papel que se obtiene a partir de estas fibras es muy poco resistente.

Por ello, es preciso recurrir al proceso del refino, que, por un lado, provoca el acortamiento de fibras y, por otro, aumenta la resistencia del papel al mejorar sus características mecánicas.

El refino consiste en un tratamiento mecánico de las fibras, en contacto con agua. Antes del refino las fibras presentan una superficie lisa y no tienen capacidad para formar entre sí enlaces de tipo químico. Una vez refinadas las fibras, los efectos que se producen son los siguientes:

Efectos primarios

Fibrilación externa. El tratamiento mecánico produce un arrancamiento o defoliación de las capas externas de las fibras, tanto por la acción directa de los elementos del aparato de refino empleado como por la acción de frotamiento entre fibras contiguas. Este arrancamiento ocasiona, por una parte, la liberación de las microfibrillas que forman las capas interiores de las fibras, con lo que éstas adquieren un aspecto piloso, y, por otra, como las capas externas son las más ricas en lignina, sustancia fuertemente hidrófoba, su separación permite poner en contacto con el agua las capas interiores más ricas en hidratos de carbono, con lo que cantidades crecientes de agua pueden penetrar dentro de la fibra.

Fibrilación interna. Al facilitarse la entrada de agua en las fibras, los grupos oxidrilo de las moléculas de celulosa y hemicelulosas se enlazan con moléculas de agua, mediante puentes de hidrógeno, produciéndose el hinchamiento de la fibra. Este fenómeno es, quizás, el más importante del refino en lo que a la modificación de las características del papel se refiere, ya que posteriormente, durante la fabricación del papel, se produce una nueva organización de estos enlaces, que se satisfacen, bien con otras moléculas de la misma fibra o bien, lo que es aún más importante, con moléculas de fibras contiguas. La unión entre fibras contiguas supone un reforzamiento de la estructura, es decir, un aumento de la resistencia mecánica del papel.

Formación de finos. El arrancamiento de las capas externas de las fibras y el desprendimiento de las microfibrillas de la superficie fibrosa son la causa principal de la formación de finos. La presencia de estos finos es importante, sobre todo en lo que respecta a las características ópticas de la pasta.

Acortamiento de fibras.

Efectos secundarios

Estos efectos son los que, en última instancia, interesan al fabricante, ya que son los que determinan la calidad del papel fabricado.

Propiedades de las fibras. Como consecuencia del hinchamiento de la fibra se produce un aumento de su volumen y superficie específicos. La fibrilación externa y la

* El texto original de esta monografía, preparado por Angel García San Román y Pilar Gutiérrez Cabañas, Instituto Geográfico Nacional, se publicó como documento E/CONF 71/L 72

producción de finos aumentan la superficie específica, es decir, la superficie expuesta de la fibra, en mucha mayor medida que a causa del hinchamiento. El refino modifica notablemente la flexibilidad de las fibras. En efecto, durante el proceso de fabricación del papel, las fibras están continuamente sometidas a esfuerzos que tienden a deformarlas, sobre todo durante el secado. Una fibra puede deformarse plástica o elásticamente. En la fabricación del papel es más conveniente la deformación plástica de las fibras, ya que en el caso de deformación elástica, al recobrar la fibra su posición original durante el secado, se originarían importantes distorsiones en el papel que afectarían a su estabilidad dimensional. Es la fibrilación interna la que hace las fibras se hagan más flexibles plásticamente. En efecto, dicho proceso supone la rotura de los enlaces laterales entre moléculas adyacentes, dentro de la región amorfa de los hidratos de carbono, y es bien sabido que dichos enlaces son los que dan rigidez a la fibra. El agua que penetra en la fibra hace de lubrificante durante el proceso.

Suspensión de pastas. Al aumentar el refino y acortarse las fibras, disminuye la resistencia al flujo, es decir, la suspensión de pasta fluye más fácilmente. Este efecto es siempre mayor que el aumento de la viscosidad de la suspensión de pasta, debido al hinchamiento de las fibras. Al incrementar el número de finos a medida que avanza el refino, se dificulta el desgote por obturación de los poros de las telas metálicas.

Propiedades del papel. Las características mecánicas del papel dependen del grado de refino y, al explicarlas más adelante, se verá cómo están influidas por éste.

Adición de cargas

Especial importancia reviste el proceso de adición de cargas al papel antes de entrar en la máquina.

Las cargas son productos químicos inorgánicos o sintéticos que se incorporan a la suspensión de pasta con objeto de llenar los espacios de aire existentes entre las fibras.

Las ventajas que aporta la adición de cargas a un papel son las siguientes:

a) Mejora en la textura y en el tacto;

b) Mejora en la aptitud a la impresión; no sólo debido a la uniformidad de la superficie que ofrece un papel cargado, sino a la facilidad con que las cargas absorben la tinta, favoreciendo su secado;

c) Control del traspasado. Con determinadas tintas, la ausencia de cargas favorece la rápida penetración de aquéllas por capilaridad, produciéndose el fenómeno de traspasado que disminuye la calidad de la impresión.

d) Opacidad. La adición de cargas aumenta la opacidad de los papeles. Ha de tenerse en cuenta, sin embargo, que las cargas añadidas a la suspensión fibrosa, antes de que se produzcan los enlaces interfibrilares por puentes de hidrógeno, pueden originar un bloqueo de posibles enlaces. Como consecuencia de ello, el número de enlaces por unidad de superficie disminuye proporcionalmente a las cargas añadidas, y se reduce por tanto la resistencia del papel.

Otro efecto adverso de la presencia de cargas en el papel lo constituye la abrasividad sobre las telas metálicas y sobre los rodillos impresores.

La reproducción cartográfica se efectúa fundamentalmente por el sistema de impresión offset. Va a ser, por lo tanto, este sistema de impresión el que exigirá unos requisitos indispensables al soporte cartográfico para conseguir la calidad deseada.

Estos requisitos son los siguientes:

a) Buen "comportamiento del papel" en máquina. En este apartado se hace referencia a las propiedades que, de una forma colectiva, determinan la eficacia con la que el papel pasa a través de la máquina de impresión.

b) "Imprimabilidad" o "aptitud del papel a la impresión", que es el conjunto de características de éste que le hacen apto para recibir de forma correcta las tintas de impresión.

c) "Calidad de impresión". El conjunto de características aparentes, y en muchos casos medibles, de un impreso que hacen que se aproxime al resultado deseado.

Destacan por su especial interés las siguientes caraterísticas:

a) Gran resistencia al agua. En la impresión cartográfica a varios colores, el papel está sometido a repetidas humectaciones de agua y de tinta. La falta de suficiente resistencia al agua puede significar el reblandecimiento de la superficie fibrosa del papel, de tal forma que se produzcan adherencias de fibras o pigmentos sobre la mantilla, por lo cual el papel debe estar bien encolado.

b) Buena resistencia al arrancado, ya que dada la viscosidad de las tintas empleadas en este proceso, la superficie del papel necesita una resistencia suficiente para soportar el "tiro" de dichas tintas, que puede producir el arrancamiento de fibrillas, fibras o incluso amplias zonas de la superficie del papel.

c) Elevada estabilidad dimensional, para evitar la falta de registro en la impresión sucesiva de los diferentes colores. La causa de este defecto es el agua que entra en contacto con el papel, y para evitarlo es importante elegir adecuadamente la composición fibrosa, así, como controlar de forma adecuada la fibrilación interna en el refino y encolar suficientemente el papel. Sin embargo, el encolado no debe ser muy extenso, ya que se crean numerosas uniones covalentes, que aceptan agua con facilidad. Por otra parte, las variaciones dimensionales ante los cambios ambientales deben ser mínimas.

d) Buena fijación y endurecido de las tintas sobre el papel. Estas deben transparentarse lo menos posible en el soporte, y ni la tinta, como conjunto, ni su vehículo deberán traspasarlo.

e) Grado de blancura elevado para evitar las modificaciones de luminosidad de los colores impresos.

f) Debe evitarse con especial interés el empolvado y el repelado del papel, que son dos grandes inconvenientes para la impresión offset. El empolvado o desprendimiento de polvillo (fibrillas, finos, partículas minerales procedentes de las cargas, etc.) es nefasto, pues ensucia rápidamente la mantilla. Se insiste de nuevo en que para evitar estos problemas es necesario controlar adecuadamente el refino y el encolado del papel. Un tratamiento *a posteriori* del soporte en *size-press* mediante insolubilización del adhesivo con resinas de urea-formaldehído y melamina-formaldehído también puede solucionar este problema.

g) Igualmente es fundamental que el papel esté perfectamente acondicionado con el clima del taller. Esto puede conseguirse almacenando el papel durante algunos días en pilas bajas dentro de la propia sala de impresión. En algunos casos será conveniente pasar el papel en blanco, sin imprimir, por la máquina a fin de acondicionarlo para la tirada y evitar así la falta de registro.

h) Por último, se indicará que el papel debe ser debidamente manipulado y, por lo tanto, se han de tener en cuenta todos los esfuerzos y operaciones a que se ve sometido el papel, ajenos a la propia impresión.

NORMA UNE 57-048: PAPEL CARTOGRÁFICO PARA USOS GENERALES

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente expuestos, el Laboratorio de Control de la Calidad del IGN ha analizado detenidamente y con profundidad cada una de las especificaciones que debe cumplir el papel cartográfico. Los datos numéricos obtenidos y los análisis efectuados han permitido redactar la norma UNE 57-048 "Papel cartográfico para usos generales" que se reproduce a continuación (figura 129).

NORMA ESPAÑOLA	PAPEL. PAPEL CARTOGRAFICO PARA USOS GENERALES	UNE 57-048-77

1. OBJETO

La presente norma se refiere a las especificaciones que debe reunir el papel utilizado en la impresión cartográfica para usos generales.

2. DESIGNACION

El papel cartográfico para usos generales se designará mencionando:

a) Papel cartográfico
b) La clase.
c) El gramaje.
d) La presente norma.

Ejemplo: Papel cartográfico II, 80 g/m², UNE 57048.

3. CARACTERISTICAS TECNICAS

Las características que ha de reunir el papel cartográfico, así como las aclaraciones correspondientes, se ajustarán a los valores numéricos recogidos en las tablas adjuntas.

TABLA I

Papel cartográfico para usos generales. Características de composición

Denominación	Clase	Composición fibrosa	Gramaje g/m² (1)	Humedad % (2)	Cenizas %
Papel cartográfico	I II III IV V	Sin pasta mecánica ni semiquímica	71 80 90 100 112	7	≤ 5

(1) Tolerancia: ± 4 % (UNE 57.009).
(2) Tolerancia: ± 1 % (UNE 57.005).

TABLA II

Papel cartográfico para usos generales. Características físico-químicas y ópticas

Clase	Grado de blancura (1) %	Opacidad (2) %	Absorción de agua (3) g/m²	Porosidad (4) ml/min	Lisura (5) ml/min	pH	Arrastrada (6) cm/s	Indice de penetración de aceite (7)
I		≥ 74						
II		≥ 80						
III	≥ 85	≥ 85	≤ 22	100-200	150-300	5	≥ 150	≤ 22
IV		≥ 88						
V		≥ 92						

(1) Medido en el aparato Elrepho (UNE 57-062).
(2) Opacidad Tappi medida en el aparato Elrepho (UNE 57.063).
(3) Gramos de agua absorbida por 1 m² de papel (UNE 57-027).
(4) Medida en el aparato Bendtsen (UNE 57-066).
(5) Medida en el aparato Bendtsen (UNE 57-080).
(6) Determinado en el aparato IGT con aceite IGT de viscosidad media.
(7) Medido en el aparato IGT

TABLA III

Papel cartográfico para usos generales. Características mecánicas

Clase	Longitud de rotura (m) (1)		Alargamiento (%)		Indice de estall. (2)	Indice de desga. (3)	Plegado (log) (4)		Estabilidad dimensional (5) %
	DL	DT	DL	DT			DL	DT	
I	≥ 5200	≥ 2300					≥ 1,87	≥ 1,74	
II	≥ 5200	≥ 2300					≥ 2,10	≥ 1,87	
III	≥ 5200	≥ 2800	≥ 2	≥ 3,5	≥ 31	≥ 70	≥ 2,23	≥ 2,00	≤ 2
IV	≥ 5800	≥ 3200					≥ 2,25	≥ 2,04	
V	≥ 5800	≥ 3200					≥ 2,30	≥ 2,08	

(1) Determinada según UNE 57-028.
(2) Determinado según UNE 57-058.
(3) Media de las medidas en las direcciones longitudinal y transversal del papel (UNE 57-033).
(4) Expresado como el logaritmo decimal del número de dobles pliegues, bajo tensión de 1 kg (UNE 57-054, en revisión).
(5) Determinada en la dirección transversal del papel (UNE 57-049).

Observaciones: Las variaciones de espesor de una hoja respecto a otra no serán superiores a 0,025 mm. La misma regla se aplicará a las medidas realizadas en una misma hoja.

4. NORMAS PARA CONSULTA

UNE 57.001. Papel y cartón. Método de acondicionamiento de muestras.

UNE 57.002. Papel y cartón. Toma de muestras.

UNE 57.004 Papel. Determinación del espesor.

UNE 57.005. Papel. Determinación de la humedad. (Método de secado en estufa.)

UNE 57.009 Papel. Determinación del espesor y del índice de volumen.

UNE 57.009. Papel y cartón. Gramajes.

UNE 57.014-74 Papel y cartón. Determinación del gramaje.

UNE 57.027-74. Papel y cartón. Determinación de la absorción de agua. (Método Cobb.)

UNE 57.028. Papel y cartón. Determinación de la resistencia a la tracción.

UNE 57.031 Pastas, papel y cartón. Preparación de extractos acuosos.

UNE 57.032. Pastas, papel y cartón. Determinación del pH de un extracto acuoso.

UNE 57.033. Papel. Determinación de la resistencia al desgarro.

UNE 57.049. Papel. Determinación de la estabilidad dimensional. (Método de inmersión en agua.)

UNE 57.050. Papel y cartón. Determinación del contenido de cenizas.

UNE 57.054 Papel. Determinación de la resistencia al plegado.

UNE 57.058-73. Papel. Determinación de la resistencia al estallido. (En revisión.)

UNE 57.062. Papel y cartón. Determinación del grado de blancura.

UNE 57.063. Papel. Medida de la opacidad.

UNE 57.066. Papel. Determinación de la porosidad. (Método Bendtsen.)

UNE 57.080. Papel y cartón. Determinación de la lisura. (Método Bendtsen.)

Figura 129. España: norma española: papel cartográfico para usos generales

Los métodos operatorios a seguir para determinar en laboratorio los valores numéricos correspondientes a las diferentes características del papel cartográfico se especifican en el parágrafo 4 de la norma, titulado "Normas para consulta".

Características de composición

Composición fibrosa. Se consideran en este punto los tipos de fibras que componen el papel, así como la presencia de materiales no fibrosos. Ya se ha indicado que el papel cartográfico se caracteriza por poseer un elevado porcentaje de fibra larga y no debe estar formado de pasta mecánica ni semiquímica. Estas determinaciones se hacen mediante reactivos especiales a base de iodo, tales como los de Herzberg, Alexander, "c" de Graft y de Wiesner, que dan coloración específica para cada tipo de pasta.

Gramaje. Se han establecido cinco clases para el papel cartográfico en función de los gramajes, es decir, del peso de un metro cuadrado de papel, y de sus diferentes usos.

Humedad. Es el contenido en agua del papel expresado en porcentaje de su peso inicial. Se mide como la pérdida en peso que experimenta una probeta de papel que se ha secado hasta peso constante, y se ha fijado por la norma en el 7%. Por otra parte, la humedad en equilibrio del papel debe coincidir con la humedad relativa del aire en el taller, la cual debe mantenerse constante (50-55%).

Cenizas. El contenido en cenizas de un papel es una indicación del porcentaje de sales minerales, cargas y otras sustancias inorgánicas presentes en él. Hay que tener en cuenta que el peso de algunas de dichas sustancias puede alterarse durante la calcinación, por lo que el resultado obtenido no coincide cuantitativamente con el contenido real de las mismas. Debe ser inferior o igual al 5%.

Características físico-químicas y ópticas

Grado de blancura. Es el factor de reflectancia intrínseca determinado a una longitud de onda efectiva de 475 mμ con un reflectómetro. Se ha fijado su valor mínimo en 83. Es necesario, para conseguirlo, utilizar pastas que hayan sido blanqueadas químicamente para eliminar la lignina y las hemicelusosas ligadas a ella, puesto que son las causantes de la regresión de la blancura. Sin embargo, un blanqueo químico excesivo puede dañar a la celulosa, formándose oxicelulosa que es menos resistente que aquélla. Puede mejorarse también la blancura de una pasta añadiendo una carga más blanca que ella o utilizando blanqueantes ópticos que absorben radiación electromagnética de la zona ultravioleta del espectro y la transforman en luz visible. En este último caso, debe utilizarse un manantial de luz procedente de una lámpara de xenón para hacer la determinación del grado de blancura.

Opacidad. Se define como la relación, expresada en tanto por ciento, entre el factor de reflectancia de una hoja de papel sobre fondo negro y el factor de reflectancia luminosa intrínseco de esa misma hoja. La opacidad de un papel depende de su gramaje y densidad, del grado de refino de las fibras (disminuye al aumentar el refino), del contenido en cargas y de las pastas que lo forman. Por ello, se han establecido valores de opacidad diferentes para cada clase de papel.

Absorción de agua. La capacidad de absorción de agua de un papel, denominada índice de Cobb, es la cantidad de agua, expresada en gramos, absorbida por 1 cm^2 de papel en las condiciones especificadas por la norma UNE 57-027. El índice de Cobb representa la medida de encolado del papel en las condiciones especificadas por la norma UNE 57-027. El índice de Cobb representa la medida de encolado del papel, que, como se ha dicho, debe ser bueno en los papeles cartográficos. Se ha fijado en 22 su valor máximo.

Porosidad. Es la relación que existe entre el volumen de poros de un papel y su volumen total; pero entre los papeleros se llama porosidad a la permeabilidad al aire, que se define como el volumen de aire que pasa a través de la unidad de superficie de papel por unidades de tiempo y de diferencia de presión. El papel cartográfico debe tener una permeabilidad al aire entre 100 y 200 ml/min.

Lisura. Hace referencia a la superficie del papel, que muestra crestas y valles debidos a las fibras, rugosidades, marcas de las telas, etc. El índice de lisura es el volumen de aire que, a una presión determinada, pasa, durante un minuto, entre un anillo metálico y la superficie del papel, apoyado éste sobre una superficie plana, densa y pulida. Para el papel cartográfico debe estar comprendida entre 150 y 300 ml/min.

pH. Para conseguir un secado correcto de las tintas y para evitar la formación de velo, es decir, que se entinten las zonas de la plancha sin imagen, los papeles cartográficos deben tener un pH aproximadamente igual a 5.

Arrancado. El arrancado indica la solidez superficial del papel. Durante la impresión, en el momento en que se va a efectuar la transferencia de tinta desde la mantilla al papel, pueden ocurrir los siguientes casos:

a) Que la transferencia de tinta sea total y quede retenida por el papel;

b) Que no haya transferencia de tinta al papel, quedando ésta sobre la mantilla;

c) Que la lámina de tinta se separe perfectamente en dos capas, una que quede sobre la mantilla y la otra en el papel. En este caso, tanto la mantilla como el papel han superado la cohesión interna o "tiro" de la tinta;

d) Que el papel no supere el tiro de la tinta y queden partículas del mismo adheridas a la mantilla, o incluso se rompa.

Evidentemente, un papel que arranque no es apto para la impresión. Por ello, se establece para el papel cartográfico un arrancado mayor o igual a 180 cm/s. Esta velocidad se obtiene en al aparato IGT y es función de la distancia a la que comienza el arrancado en una probeta de papel impreso con una tinta de viscosidad dada. Conviene añadir que el arrancado aumenta con la velocidad de impresión, con la viscosidad de la tinta, con la cantidad de tinta y con la presión entre cilindros.

Indice de penetración de aceite. Es una medida de la capacidad absorbente del papel hacia la tinta, que dependerá de la distribución de poros en su superficie, y, por tanto, está en íntima relación con la porosidad y la rugosidad. El ensayo se efectúa en el aparato IGT y se mide la longitud de la mancha dejada sobre una probeta de pa-

pel, impreso en el momento en el que una gota de aceite de volumen conocido cae sobre el disco impresor. El índice de penetración es (IP) = 1.000: longitud de la mancha en milímetros. Su valor máximo para el papel cartográfico debe ser 22.

Características mecánicas

Su conocimiento conduce a la evaluación de la resistencia del papel.

Longitud de rotura. Es la longitud mínima de una tira de papel, de cualquier anchura uniforme, por encima de la cual si dicha tira se suspendiera por un extremo se rompería por su propio peso. Dado que las fibras tienden a orientarse longitudinalmente en la dirección de máquina durante el proceso de fabricación del papel, es necesario hacer medidas para determinar la longitud de rotura tanto en sentido de máquina (DL) como en sentido transversal (DT) (La norma UNE 57-043 describe diversos métodos para determinar la dirección longitudinal de un papel). El refino, como se ha dicho, favorece la creación de enlaces interfibrilares entre células vecinas, con lo que se aumenta la resistencia a la tracción del papel y, por tanto, la longitud de rotura. Sin embargo, si el refino es excesivo, puede destruirse la estructura fibrosa y disminuir la longitud de rotura. Es un hecho comprobado que la resistencia a la tracción es proporcional a la raíz cuadrada de la longitud media de la fibra.

En la norma se fijan diferentes valores máximos de la longitud de rotura en las dos direciones DL y DT para cada clase de papel.

Alargamiento. Es la expresión, en tanto por ciento, del aumento de longitud experimentado por una probeta de papel de dimensiones determinadas al ejercer sobre ella una fuerza de tracción creciente hasta la rotura. Depende de la dirección del papel, siendo mayor en el sentido transversal que en el longitudinal, a causa de la mayor orientación de fibras en este sentido. En la tabla III (figura 129) fijan los valores del alargamiento para el papel cartográfico.

Resistencia al estallido. Es la presión límite que, aplicada perpendicularmente a su superficie, soporta una probeta de papel en condiciones determinadas. Para poder comparar papeles de diferentes gramajes se establece el índice de estallido, que es el cociente entre la resistencia al estallido y el gramaje. Su valor mínimo debe ser 21 kg/cm^2. Se ha comprobado experimentalmente que la resistencia al estallido es proporcional a la longitud media de fibra.

Indice de desgarro. La resistencia al desgarro se define como la fuerza requerida para continuar el desgarro iniciado en una hoja de papel en determinadas condiciones recogidas en la norma UNE 57-033. El índice de desgarro es cien veces el cociente entre la resistencia al desgarro y el gramaje del papel. Como la resistencia al desgarro depende, en gran medida, de la longitud media de fibra, está muy influenciada por el refino de éstas. Como se ha dicho, la resistencia a la tracción es mayor en la dirección longitudinal del papel; sin embargo, la resistencia al desgarro es mayor en la dirección transversal. El índice de desgarro debe ser, como mínimo, de 70 para el papel cartográfico.

Resistencia al plegado. La resistencia al plegado se define como el logaritmo decimal del número de dobles pliegues requeridos para originar la rotura de una probeta de papel de 15 mm de anchura, ensayada bajo un esfuerzo de tracción, aplicado a la probeta, específico del aparato de ensayo utilizado. Este ensayo indica si el papel es más o menos quebradizo. La resistencia al plegado aumenta con el refino, pero si éste se prolonga excesivamente, comienza a disminuir. Si el plegado es bajo, puede indicar una longitud de fibra corta o que el papel es muy quebradizo o que está muy encolado.

Estabilidad dimensional

La estabilidad dimensional se define como el comportamiento del papel con respecto a sus medidas cuando se le ha sometido a variaciones de humedad.

Las deformaciones producidas en las probetas de papel en sus direcciones longitudinal y transversal al sufrir una inmersión en agua destilada a 20° ± 2°C durante veinte minutos se expresan en tanto por ciento.

El papel cartográfico no debe experimentar deformaciones en sentido longitudinal y la deformación máxima en el transversal debe limitarse al 2% como máximo.

Aparatos utilizados en los ensayos

Microscopio Wild
Baño termostático
Micrómetro Loretzen
Balanza monoplato Sartorius
Horno mufla
Estufa
Reflectómetro Elrepho
Colagimetro Cobb
Porosímetro Benstgen
pHmetro Beckman
IGT modelo AC-2
Dinamómetro Lhomargy
Eclatómetro Lhomargy
Desgarrómetro Lhomargy
Pliógrafo Lhomargy
Higroexpansímetro Patra

Todos los ensayos de laboratorio se han efectuado en atmósfera acondicionada a 20° ± 2°C de temperatura y 65% ± 2% de humedad relativa.

INFORME NACIONAL DE ESPAÑA EN EL PERÍODO 1974–1979*

Documento presentado por España

La cartografía topográfica oficial en España está encomendada a los siguientes organismos: Instituto Geográfico Nacional (Instituto Geográfico y Catastral hasta 1977), Servicio Geográfico del Ejército, Instituto Hidrográfico de la Marina y Servicio Cartográfico y Fotográfico del Aire.

Estos centros han experimentado notables mejoras en este período. El Instituto Geográfico Nacional ha construido un nuevo edificio con destino, principalmente, a montar el Centro Nacional de Documentación e Información Geográfica y ha mejorado sus instalaciones de fotogrametría, teledetección y talleres; el Servicio Geográfico del Ejército se ha trasladado a un nuevo edificio con nuevas instalaciones en todos los aspectos; el Instituto Hidrográfico de la Marina también ha modernizado sus medios e instalaciones, especialmente al disponer de sistemas automáticos de adquisición de datos, programas y equipos de cartografía automática.

La cartografía temática y derivada corresponde a diversos centros que se citarán oportunamente. Para la coordinación de todos los trabajos relacionados con la cartografía existe un Consejo Superior Geográfico, presidido por el Director General del Instituto Geográfico Nacional desde 1977.

Geodesia

La base de la cartografía nacional está constituída por la red geodésica nacional y la red de nivelaciones de precisión, trabajos cuya ejecución corresponde al Instituto Geográfico Nacional.

La red geodésica nacional comenzó a construirse entre 1850 y 1870, y consta de tres órdenes, apoyados en seis bases geodésicas (la central, en Madridejos, se midió en 1858); hay 573 vértices de primer orden, 2.150 de segundo y 8.000 de tercero (más unos 9.000 auxiliares), cubriendo todo el territorio nacional.

Esta red geodésica, que en su mayor parte tiene un siglo de antigüedad, ha estado sometida a un continuo proceso de destrucción, actualmente limitado por una reciente ley geodésica, de la que se trata en otro informe español; por esta razón, y por necesidades científicas de mayor precisión, se consideró imprescindible su renovación en 1972.

Los trabajos de la nueva red, que se iniciaron en 1974 y que han proseguido intensamente en el período 1974–1979, han originado una estructura nueva; se han aplicado métodos y criterios actuales, enriqueciendo la red con la introducción de nuevas técnicas (base interferométrica de Valladolid, geodesia Doppler, medición electrónica de lados, etc.). Con esto se obtendrá una red homogénea con las modernas de las restantes naciones europeas.

La red de nivelaciones de precisión que cubría todo el territorio nacional ha sido renovada con métodos de mayor calidad, obteniéndose una nueva "red de nivelaciones de alta precisión", que consta ya de unos 11.000 km de itinerarios. La señal fundamental se halla en Alicante, en relación con el mareógrafo de su puerto. Los trabajos de la Sección de Gravimetría, también del Instituto Geográfico Nacional, apoyan el cálculo de esta red, aparte de producir los datos necesarios para los mapas gravimétricos.

Mapa topográfico fundamental (1:25 000)

El Mapa Topográfico Nacional, base de toda la cartografía española, fue proyectado a escala 1:50.000 como trabajo esencial del Instituto Geográfico, al crearse en 1870. Sus primera hojas aparecieron en 1875 y las últimas en 1968.

Inmediatamente después de esta fecha, el Instituto Geográfico Nacional inició un nuevo mapa fundamental, a escala 1:25.000, del que se publicó la primera hoja en 1975. Constará de 4.380 hojas, cada cuatro de las cuales integran una hoja del antiguo mapa a 1:50.000. Se emplea la proyección UTM sobre el ED 50; su impresión se hace en cinco colores.

Los vuelos fotográficos necesarios se efectúan por empresas privadas (existen ocho actualmente en España) o por el Servicio Cartográfico y Fotográfico del Aire. En 1979 se han volado ya 1.360 hojas, que representan la tercera parte de la superficie nacional, aproximadamente.

Seguidamente se procede al apoyo en el terreno por métodos de poligonación con medición electrónica de distancias, a la aerotriangulación, a la restitución fotogramétrica, con un laboratorio de 20 aparatos, y a la revisión y toma final de datos no métricos en el terreno (toponimia, clasificación topográfica, líneas administrativas).

Todos estos trabajos se efectúan por diversas secciones del Instituto Geográfico Nacional. En el período 1974–1979 se han apoyado 890 hojas, se han restituido 695 y se han terminado 390.

La publicación no ha alcanzado todavía un ritmo suficiente a causa de las limitaciones que actualmente comporta la fase de delineación. Se han publicado 95 hojas.

Las hojas elegidas para la iniciación de trabajos han correspondido principalmente a todas las regiones costeras, de mayor densidad de población y mayor variabilidad topográfica, aparte de las zonas cuya cartografía existente era ya demasiado anticuada.

Mapas a otras escala menores

En los años 1974–1979 ha publicado el Instituto Geográfico Nacional 120 nuevas ediciones de hojas del Mapa Topográfico Nacional (1:50.000). Por su parte, el Servicio Geográfico del Ejército ha publicado 219 hojas del Mapa Militar, Serie L (también 1:50.000).

La escala 1:100.000 corresponde al Mapa Militar, Serie C; de ella se han publicado 107 hojas, que representan, aproximadamente, el 40% del territorio nacional, y de ellas, 92 hojas entre 1974 y 1979.

En escala 1:200.000 existen dos publicaciones: la nueva edición de los Conjuntos Provinciales, que representa 47 mapas, de los que se espera que estén todos publicados a finales de 1979, habiendo comenzado su publicación en 1972, y que corresponden al Instituto Geográfico Nacio-

* El texto original de esta monografía se publicó como documento E/CONF.71/L.74

nal, y el Mapa Militar, Serie 2 C, cuyas 88 hojas se publicaron antes de 1974 por el Servicio Geográfico del Ejército.

La escala 1:400.000 corresponde al Mapa Militar, Serie 4 C, formado por 30 hojas, publicadas por el Servicio Geográfico del Ejército antes de 1974.

El Instituto Geográfico Nacional ha comenzado la publicación del mapa 1:500.000 (tipo World), en colaboración con los Institutos Geográficos de Francia y Portugal. Se han publicado ya tres hojas y se proyecta terminar en dos años las 12 que forman la parte española del mapa de Europa. A esta misma escala existen mapas provinciales (de las 50 provincias españolas) y dos mapas regionales (Galicia y Aragón), impresos recientemente.

El Mapa Militar, Serie 8 C, consta de nueve hojas, a escala 1:800.000, que han sido publicadas por el Servicio Geográfico del Ejército.

Se han realizado ya numerosas ediciones del Mapa de la Península Ibérica, Baleares y Canarias a escala 1:1.000.000, del que existen versiones con tintas hipsométricas y sin ellas, con distribución de hojas de 1:50.000 y con división en términos municipales, así como otra publicación en relieve sobre plástico.

Planos catastrales y otros de gran escala

El Mapa Topográfico Parcelario es un plano catastral que realiza el Instituto Geográfico Nacional a escalas variadas (1:5.000, 1:2.000, 1:1.000), según el grado de parcelación del terreno.

Se ha levantado en un 40% del territorio nacional, lo que representa un porcentaje mucho mayor de los terrenos aptos para el cultivo. Estos planos no tienen altimetría y no se publican, sino que se proporcionan copias al público.

Desde 1977 se emplean métodos de ortoproyección para este levantamiento, con un rendimiento inicial de 200.000 has. al año; se utiliza un equipo Avioplan y otro de tipo PPO8 (ambos Wild).

Existen varios centros oficiales que levantan planos a escalas grandes, para sus propias necesidades, entre los que se pueden destacar:

Servicio Geográfico del Ejército: Mapa militar Serie 2 V (1:10.000) de zonas de ejercicios militares.

Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA): Planos a escalas variables (1:1.000, 1:2.000, 1:4.000, 1:5.000, 1:10.000) para concentración parcelaria.

Comisión de Planeamiento y Coordinación (COPLACO) del área metropolitana de Madrid: Plan a escala 1:5.000 de la provincia de Madrid y zonas próximas.

Comisión de Urbanismo y Servicios Comunes de Barcelona y otros municipios: Planos del área metropolitana de Barcelona.

Diputaciones de Alava, Barcelona, Gerona, Navarra, Santander y Valencia: Planos a escala 1:5.000 de sus respectivas provincias.

Cabildos insulares de las Islas Canarias: Planos a escala 1:5.000.

Cartas náuticas y aeronáuticas

Los levantamientos hidrográficos y la edición de cartas náuticas están encomendadas en España al Instituto Hidrográfico de la Marina, que tiene su sede en Cádiz.

La principal actividad cartográfica es continuar las series de cartas hidrográficas a distintas escalas, repitiendo periódicamente sus ediciones y publicando nuevas cartas, especialmente a escalas mayores. Especialmente se han publicado en estos años cartas, CONSOL, DECCA, LORAN Y OMEGA. Las escalas son muy variables, y las 480 cartas que actualmente figuran en su catálogo están situadas entre 1:24.000.000 y 1:2.000, clasificadas en cartas generales (de 1:30.000.000 a 1:3.000.000), de arrumbamiento (de 1:3.000.000 a 1:200.000), de navegación costera (de 1:200.000 a 1:50.000) y aproches y portulanos (mayores de 1:50.000).

Las cartas aeronáuticas corresponden al Servicio Cartográfico y Fotográfico del Aire, y principalmente son las que representan España en el mapa OACI a escala 1:1.000.000, cartas de navegación a 1:200.000 y cartas de aproximación y aterrizaje para los aeropuertos y aeródromos nacionales.

Mapas temáticos

Se citan a continuación los principales centros que han producido mapas de este tipo en el período considerado:

Instituto Geográfico Nacional: Mapas geomagnéticos, gravimétricos y sismológicos.

Dirección General de Agricultura: Mapa agronómico nacional, mapas provinciales de suelo.

Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA): Mapas provinciales y regionales de pesca.

Dirección General de la Producción Agraria: Atlas agroclimático, mapas de cultivos y aprovechamiento, mapas de clases agrológicas.

Instituto Nacional de Meteorología: Mapas meteorológicos.

Instituto Español de Oceanografía: Mapas de pesca.

Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología: Mapas de suelos y mapas estratigráficos zonales.

Instituto Geológico y Minero: Mapa geológico, minero, metalogenético, geotectónico general, de rocas industriales, hidrogeológicos, tectónico, de vulnerabilidad a la contaminación de mantos acuíferos.

Centro de Estudios Hidrográficos: Mapa de escorrentías.

Dirección General de Carreteras: Mapa de estado de pavimentos y mapa de tráfico anual.

Recubrimiento fotográfico

Para la preparación del Mapa Topográfico Nacional se han realizado vuelos fotográficos de unos 17.000.000 de ha (35% de la superficie nacional), en escala 1:30.000 ó 1:40.000. Estos vuelos se pueden obtener en el Instituto Geográfico Nacional.

Para otros mapas a mayor escala (catastro, concentración parcelaria, etc.) se realizaron vuelos en escala entre 1:15.000 y 1:20.000 y cubren el 70% del territorio. Si se consideran los vuelos anteriores a 1974 se tiene todo el territorio cubierto a estas escalas. Estos vuelos pertenecen a los centros que realizaron la cartografía, principalmente el Instituto Geográfico Nacional y los dependientes del Ministerio de Agricultura.

Existe en el Instituto (Sección de Teledetección) un archivo de negativos y de cintas CCT obtenidos por los satélites LANDSAT. Esta sección, en colaboración con la

Universidad Autónoma de Madrid y con el INTA, realiza trabajos de obtención de imágenes compuestas

Nombres geográficos

Siguiendo las recomendaciones de las conferencias de las Naciones Unidas sobre nombres geográficos, se constituyó en 1971 una Comisión Española de Nombres Geográficos, que se ocupa de este tema. Las dos tareas principales en este aspecto son la depuración de nombres en las regiones en que se hable un idioma distinto del castellano (catalán, vascuence, gallego, etc.), para lo que se cuenta con la colaboración de los centros culturales locales, y la preparación de índices toponímicos, a cargo del Instituto Geográfico Nacional.

Estudios Geofísicos

La existencia de las secciones de gravimetría y mareas terrestres, sismología e ingeniería sísmica y de geomagnetismo y aeronomía concentran en el Instituto gran parte de los trabajos geofísicos del país. Merecen destacarse en los últimos años, aparte de los trabajos rutinarios de observación y estudio en los diversos observatorios y en campañas sobre el terreno, los siguientes hechos:

a) Instalación del nuevo observatorio geofísico de San Pablo de los Montes;

b) Campaña de perfiles sísmicos en los Pirineos, en colaboración con el IGN francés;

c) Instalación de varias estaciones sísmicas, en la Sierra de Guadarrama y en lugares de la zona sísmica del S.E. de la Península;

d) Observaciones y trabajos sobre mareas terrestres, en colaboración con la Universidad Complutense de Madrid.

Enseñanza

Para la formación de técnicos en materias correspondientes a las ciencias de la Tierra existen cátedras en las facultades de ciencias y escuelas superiores de las universidades españolas.

El Instituto Geográfico Nacional organiza cursos de especialización para cada una de las promociones de ingenieros geógrafos, aparte de cursillos sobre temas concretos.

Se imparten cursos en la Escuela de Geodesia y Topografía del Ejército, integrada en el Servicio Geográfico del Ejército sobre las materias correspondientes a su título.

Dependiente de la Universidad Politécnica de Madrid, existe la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica, única que proporciona, desde 1954, el título de esta especialidad

COMPUTER-ASSISTED INTERPRETATION OF SATELLITE IMAGERY FOR DETERMINATION OF LAND-USE DATA*

Paper presented by the Federal Republic of Germany

This paper summarizes research carried out by the Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) (German Aerospace Research Establishment) at Oberpfaffenhofen, and the Institut für Planungsdaten (IfP), at Frankfurt am Main. It covers the report of the *Ad Hoc* Commission on Remote Sensing of the Ministerial Conference for Regional Planning.

Of the satellites that at present produce images of the earth's surface—including the series SEASAT, NOAA, HCMM and NIMBUS G—the LANDSAT series seems to provide the imagery best suited for deriving thematic land-use maps. A comparison of applied programmes in almost all countries that use LANDSAT data shows that the developed countries are also undertaking projects for the production of land-use statistics. Whether the use is applied to acquisition of current areal data or to land-use mapping, whether the data are derived through computer-aided methods or by conventional interpretation, it is obvious that increasing interest in the results is displayed by application-oriented users everywhere. The advantages of a synchronous and synoptic overview of larger regions, relatively rapid re-imaging of the same areas, and geometric rectification and adjustment of imagery to conventional topographic map frames facilitate the use of LANDSAT imagery. A presumed disadvantage is the often cited "low resolution", although differentiation of spectral reflection and distinction of objects in the four LANDSAT channels is primarily a matter of interest to the interpreter of the imagery. The demand for higher resolution—which will be to some extent satisfied with future satellite sensors—will also create a greater data mass. The interpreter is nevertheless required to consider more closely the classification of land-use categories on the basis of spectral reflection. This is the main problem in application of satellite imagery, particularly the determination of "mixed signatures". Only in cases where interpretation of satellite imagery has been combined with accurate air-photographic and ground-truth data has a classification system of required accuracy and positive results been obtained. What is known from experience with conventional air-photographic interpretation—that only with the help of ground-truth sampling can a correct identification of objects and associations be reached—also applies to the interpretation of LANDSAT imagery for the Federal Republic of Germany. Air photographs taken synchronously with the satellite overflight are a valuable aid in interpretation, as has been proved. All the above-mentioned possibilities must be applied more intensively in future projects, in particular for surveying forested mountainous areas cut through by deep shadowed valleys.

At present the results of land-use presentations obtained from LANDSAT data through a geographer are far better in accuracy, diversity, time and cost savings than those of computer-aided presentations. Digital processing of satellite imagery will undoubtedly become more advantageous in the future. The consideration of necessary ground-truth

* The original text of this paper, prepared by the Federal Ministry of Regional Planning, Building and Urban Development, appeared as document E/CONF.71/L.88

and the application of multitemporal analysis of higher-resolution imagery, as interactive computer-aided methods, will constitute the techniques of the future, and conventional interpretation will not be able to compete with them. Planners require various combinations of data from various sources as a basis for their decisions. As a consequence a high degree of accuracy is necessary for individual facts, before they can be combined with data from other sources for computer processing.

The joint DFVLR/IfP Working Group selected the area covered by map sheet No. CC 7110 (Mannheim) of the topographic map series 1:200,000 as their test area. An attempt was made to transform the magnetic-tape data for LANDSAT 1 and 2 into land-use classes. The report covers the following main areas:

(*a*) Description of obvious and relevant characteristics, as applied to planning for the test area;

(*b*) Data used;

(*c*) Description of processing methods suitable for bulk data;

(*d*) Description of methods used according to the steps for rectification of satellite imagery and adjustment of imagery to the Gauss-Krüger co-ordinate system: combination of satellite scenes of varying dates; computer-assisted classification; determination of erroneous classification, by comparison of machine-assisted satellite data classification with results of air-photographic interpretation; combination of assembled satellite data with additional data;

(*e*) Observation of the state of the art and consideration of the possibility of evaluation methods applied to the entire area of the Federal Republic of Germany.

Aerial and satellite imagery is composed of a multitude of single items. Management of the data according to aspects such as economy, quality and the target date for completion requires the possibility of intervention in the individual sequence of operations, as included in DIBIAS (Digitales Interaktives Bildauswertesystem—Digital Image Processing System) of DFVLR. With the DIBIAS interactive image evaluation system, the data processing results are displayed on a colour television screen and can be verified and corrected by the user. Additional information and image data can be read in interactively by the user when necessary.

Computer-assisted classification of satellite imagery is carried out by the maximum-likelihood method. The method presumes that each image pixel can be determined as belonging to a specific land-use class, such as a densely built-up area, a less intensively built-up area, coniferous forest land, etc. The class is apparent as a spectral characteristic—that is, composed of a span of colour intensities reaching from visible into near-infra-red. Differing from classical air-photographic interpretation, where the interpreter uses differences between grey and colour tones as one of various distinction possibilities for features on imagery—generally, distinctions are made on the basis of form, texture (pattern) and relief (viewing stereoscopically)—computer-assisted methods have not yet been able to determine relationships between neighbouring image elements, which is necessary for distinction of structural combinations. As a result, reduced interpretation efficiency is an attribute of computer-assisted classification systems. Additionally, tone intensities can be determined at present for image elements with a size of 79 × 79 m as the smallest registered entity, so that in areas with extremely small land-use parcels, such as exist in the Federal Republic of Germany, the results of computer-assisted classification systems will be drastically reduced in accuracy.

The use of available satellite image data for maps or special planning purposes requires that the data be adjusted to a geometric reference system. The reference system is also the base for correlation of classification results with additional data, such as administrative boundaries, land-use statistics, cadastral maps etc. The computer-assisted classification for the project was carried out according to the steps described below.

In the selected research area—a region covered by map sheet No. CC 7110 (Mannheim) of the topographic map series 1:200,000—training sites[1] were selected from previously rectified LANDSAT scenes taken on 9 and 28 August 1975 and statistically analysed. For each training site, the mean intensity values and variances were calculated for each of the four bands. The regions of the spectrum composed a "feature space"—in the above-mentioned case, a four-dimensional feature space equivalent to the four spectral bands of LANDSAT. Within a feature space, dot concentrations occur (dot clouds), which are characteristic for a particular land-use class.

When this method is applied to each of the selected land-use classes, a particular and characteristic appearance for each land-use class results for the feature space. The programmed computer can then assign all pixels within the research area to a particular land-use class according to the following axiom: each pixel is assigned to the land class to which—on the basis of the previously conducted statistical analysis—it most probably belongs.

The present study shows that the accuracy of computer-assisted classification is strongly dependent on the number of selected land-use classes—that is, on the basis of data currently available. The minimal requirement for planning purposes is distinction of eight land-use classes through computer-assisted classification: water, high-density built-up areas; low-density built-up areas; vineyards; pasture and gardening; cropland; deciduous forest; coniferous forest. With DIBIAS, eight classes are the maximum possible for distinction; classification accuracy varied, depending on object class, between 25 and 75 per cent. The source of error is chiefly due to the fact that the theoretical and actual areas are not always coincident. This is often the case in areas of small-parcelled land use, such as cropland and pasture, or on the subdivided fringes of larger land-use areas, such as forest and settlement zones.

The results of the study showed that accuracy of computer-assisted evaluation increased in relation to reduction of selection of land-use classes; the question is how valuable such a simple classification is for regional planning purposes. Combination of the two land-use classes "high-density built-up area" and "low-density built-up area" into a common class, "built-up area", increased the accuracy of computer classification for that category to 83 per cent. Combination of the classes "deciduous forest" and "coniferous forest" to a common class, "forest", increased classification accuracy to 88 per cent. A common class, "open areas", including the classes "crop-

[1] Training sites are small areas representing, as exactly as possible, one of the selected classes—deciduous forest, pasture, cropland, built-up areas or water.

land", "pasture" and "vineyards", could be classified with an accuracy of 97 per cent.

The possibility of increasing the classification accuracy for land-use purposes from LANDSAT data is indicated by the Folio of Land Use in the Washington, D.C., Urban Area map, 1:100,000, produced by the United States Geological Survey, in the third edition, 1978.

SEASAT, which was started in 1978, carries an active microwave radar sensor, with a ground resolution of 20 × 20 m. However, there has been relatively little experience in interpretation of active microwave imagery, possible identification accuracy of land-use classes or correlation of such imagery with imagery produced in optical bands.

In LANDSAT 3, data from the Return Beam Vidicon (RBV) Camera System have been included along with the Multi Spectral Scanner (MSS) data; this material will be available in film negatives at a scale of 1:50,000. The ground resolution of RBV imagery will be 38 × 38 m, which is considerably higher than the 79 × 79 m ground resolution of the MSS imagery.

Evaluation of LANDSAT 3 thermal infra-red imagery has not yet been carried out, for technical and scheduling reasons. The results of such interpretation will be similar to those obtained from NOAA and HCMM (Heat Capacity Mapping Mission) imagery; planners will have to take ever more into account the thermal influences of the earth's surface, atmosphere and water on the environment as a whole.

In comparison to the RBV system, the LANDSAT 4-channel MSS system has a higher spectral resolution; combination of both types of imagery should provide accurate thematic maps constructed according to the requirements of planners. Although only a minimal amount of RBV imagery is currently available for experimentation purposes, the possible future developments in relation to planning needs should be kept in view. Still existing technical problems will probably be solved in the near future using RBV imagery. Until then, attempts should be made to:

(*a*) Improve rectification methods and provide for a central office where exactly rectified LANDSAT scenes of the four MSS bands are available (at original scale or enlargements), in order to register therein land-use classes distinguished on conventionally interpreted aerial photographic images;

(*b*) Further develop a computer-assisted evaluation method, with which the minimum accuracy of the herein presented land-use classes reaches 75 per cent and with a corresponding reduction of operating costs.

The original question regarding uses of satellite imagery for the production of a thematic map series for land-use classification, conducted as a pilot study for the area of topographic map (Mannheim) at a scale of 1:200,000, could only be presented here as a preliminary report. The results of the study showed that:

(*a*) An automatic image evaluation is at present not possible; an interactive computer-assisted interpretation system for land-use mapping will be possible within the near future;

(*b*) It is necessary to carry out multitemporal interpretation of images to provide more accurate results;

(*c*) Conventional interpretation with rectified imagery is a currently available method, which, although limited in terms of rapid map production, nevertheless offers some advantages;

(*d*) Satellite imagery of higher resolution is considered desirable, but the processing of increased data amounts should not lead to higher costs for the systems.

The present study shows that uses of satellite imagery for regional policy and planning programmes and environmental protection requirements are of benefit, despite past and present difficulties in processing systems. With regard to currently available methods and future improvements in technology and methodology, it can be expected that uses of satellite data processing will provide a valuable aid to solution of the demands of increased data flow for regional planning purposes.

AGENDA ITEM 9

Thematic and small-scale mapping:

(a) *Natural resources inventory and geoscientific mapping (including remote-sensing application)*

THEMATIC MAPPING OF SATELLITE IMAGE DATA WITH THE USE OF COMPUTERS*

Paper presented by the Federal Republic of Germany

RÉSUMÉ

Les satellites d'observation de la Terre LANDSAT-1 et LANDSAT-2 ont été mis sur une orbite terrestre au début de 1970 et LANDSAT-3 est sur orbite depuis le milieu de 1978. Les images transmises par ces satellites, utilisées conjointement avec des photographies aériennes et des cartes topographiques, peuvent être très utiles pour les spécialistes des sciences de la Terre. Dans les pays en développement, elles constituent souvent le seul matériel disponible permettant d'avoir une vue d'ensemble à partir de l'espace. Le traitement scientifique des images aériennes et spatiales est assuré par la Section du traitement numérique des images de l'Institut des techniques d'information de l'Institut de recherche aérospatiale à Oberpfaffenhofen (République fédérale d'Allemagne). Dans le mémoire présenté, on évalue un ensemble de données tirées des images LANDSAT correspondant à la région couverte par la carte topographique CC 7110 (Mannheim, échelle 1/200 000). On a choisi comme exemples la représentation d'une composite fausses couleurs LANDSAT pour l'interprétation visuelle, le calcul d'une image à contours renforcés et la classification multispectrale des occupations des sols ainsi qu'un inventaire de l'occupation des sols. La rectification géométrique aux fins de l'évaluation des ensembles de données correspondant à la carte CC 7110 représente une partie importante du travail. Le renforcement des contours est un exemple de réduction de certaines données permettant d'en extraire une information particulière contenue dans l'image originale. Pour la classification, on a utilisé la méthode des plus grandes probabilités. Les zones de vérification au sol pour les différentes catégories ont été délimitées sur la base de photographies aériennes. Comme dernier exemple, on a pris l'établissement d'un inventaire de l'occupation des sols pour la communauté de Mannheim et le comté de Bad Neustadt an der Weinstrasse.

RESUMEN

Los satélites de observación de la Tierra LANDSAT 1 y 2 se encuentran en órbita alrededor de la Tierra desde comienzos del decenio de 1970, y el LANDSAT 3 lo está desde mediados de 1978. Las imágenes transmitidas por estos satélites, utilizadas junto con fotografías aéreas y mapas topográficos, pueden constituir una importante ayuda para los geocientíficos. En los países en desarrollo, estas imágenes obtenidas mediante satélites constituyen a menudo el único material disponible que proporcione una visión espacial general. La Sección de elaboración digital de imágenes del Instituto de Tecnología de Comunicaciones del Instituto de Investigaciones y Ensayos en el Aire y el Espacio en Oberpfaffenhofen, República Federal de Alemania, se dedica a la elaboración con fines científicos de imágenes obtenidas por aeronaves y satélites. En el documento se describe la evaluación de una estructura de datos obtenida a partir de imágenes LANDSAT, coincidente con la región abarcada por el mapa topográfico CC 7110 (Mannheim, escala 1:200.000). Se ha escogido a título de ejemplo la representación de una imagen compuesta LANDSAT en falsos colores para interpretación visual de imágenes, la computación de una imagen de contornos realzados y la clasificación multiespectral de diferentes tipos de uso de la tierra, junto con un inventario del uso de la tierra. Un importante aspecto de esta labor es la rectificación geométrica para evaluar las estructuras de datos coincidentes con el mapa CC 7110. El mejoramiento del contraste de los contornos es un ejemplo de una reducción específica de datos para extraer una determinada información contenida en la imagen original. La clasificación se realizó con un clasificador de máxima verosimilitud. Las regiones de control para las diversas clases se definieron sobre la base de material aerofotográfico. El ejemplo final es la computación del inventario del uso de la tierra en la comunidad de Mannheim y el condado de Bad Neustadt an der Weinstrasse.

The earth observation satellites LANDSAT 1, 2 and 3, circling in an orbit of about 900 km, supply us with image data of our planet. The images, however, are not generated with a camera. They are recorded point by point and line by line with a multispectral scanner that works like human eyes when reading the letters and the lines of a text. In the scanner of the LANDSAT satellites, the reflected electromagnetic radiation is divided into four spectral bands: green; red; and infra-red twice. The spectral information is transmitted to ground stations where digital computers record them on magnetic tape. The images on tape may be obtained from national points of contact and are thus available for scientists of many disciplines. With special hardware the image data on the tapes may be transformed into visual pictures—e.g., each of the four bands into a half-tone picture or, after the photographic overlay of the half-tone pictures, into a false colour com-

* The original text of this paper, prepared by F. Haberäcker, W. Kirchhof, E. Krauth, G. Kritkos and R. Winter, German Aerospace Research Establishment, appeared as documents E/CONF.71/L.27 and Add.1.

posite. It appears that the satellite imagery used in conjunction with aerial photos and topographic maps may be an important aid for geoscientists. Especially in developing countries, where the state of cartography cannot be compared with its state in the Federal Republic of Germany, satellite image data are often the only material available that allows an overview.

However, geoscientists often obtain satellite data in a manner not ideally suited to their processing capabilities or their modes of evaluation. Thus, for the evaluation of image data on tape, a digital image-processing system is needed for handling the flood of information. On the other hand, geoscientists should have the possibility of using the satellite data in their usual work, which means that the satellite data must be adapted to maps.

In the Institute of Communications Technology, Digital Image Processing Section, of the Aerospace Research Establishment (DFVLR) at Oberpfaffenhofen, Federal Republic of Germany, the digital image processing system (DIBIAS) has been used since 1974 for scientific image processing, mainly in the field of aerial and satellite imagery (1).* Since 1977 investigation of the possibilities of preparing and evaluating LANDSAT images has had high priority. The region of topographic map CC 7110 (Mannheim, scale 1:200,000) has been selected as an area to be investigated. Figure 130 shows the area under investigation imposed on a map of the Federal Republic of Germany.

The objective was to evaluate a data structure produced on a mass storage device of DIBIAS from LANDSAT image data coinciding with the area under investigation. The visual image interpretation of a LANDSAT false colour composite, the computation of an edge-enhanced image and the multispectral classification of different land-use classes, together with land-use inventory, were chosen for evaluation.

As an input data source, two LANDSAT scenes from 9 and 28 August 1975 were selected. The dates were thought to be suitable because of the good weather conditions in the recording period. Figure 131 shows channel 6 of the scene from 9 August, which represents the electromagnetic radiation in the near-infra-red band. The location of the area under investigation has been marked in the figure.

Because of the technology of the LANDSAT scanner and special circumstances at the time of the recording

* Numbers in parentheses are keyed to the reference list

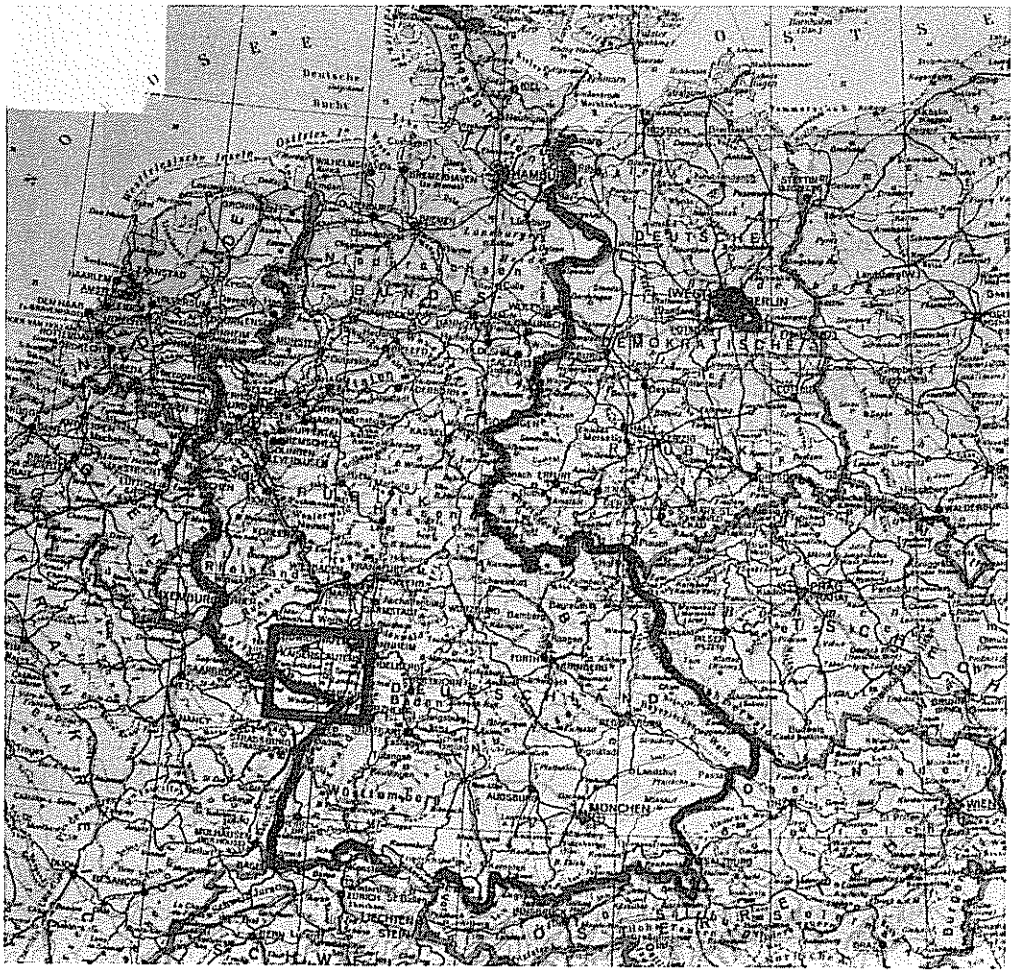


Figure 130. Federal Republic of Germany, area under investigation

(e.g., rotation of the earth), LANDSAT images are geometrically distorted. Figure 131 demonstrates that the image data cannot be related to geodetic map material without further processing. Therefore the original data have to be geometrically rectified (2)(3)(4). For rectification, a sample test of corresponding control points was measured in the distorted LANDSAT scene and in reference map CC 7110. In the distorted LANDSAT image the co-ordinates of the control points were expressed in image co-ordinates (line and row), and in the reference map in Gauss-Krüger co-ordinates. The control points were used to compute the parameters of the mapping functions between the correct reference map and the distorted LANDSAT image. The mapping functions were then used to rectify the distorted image data. The r.m.s. error of the applied least squares method was about 60 m. Figure 132 shows the rectified LANDSAT scene for 9 August 1975 (channel 6, infra-red).

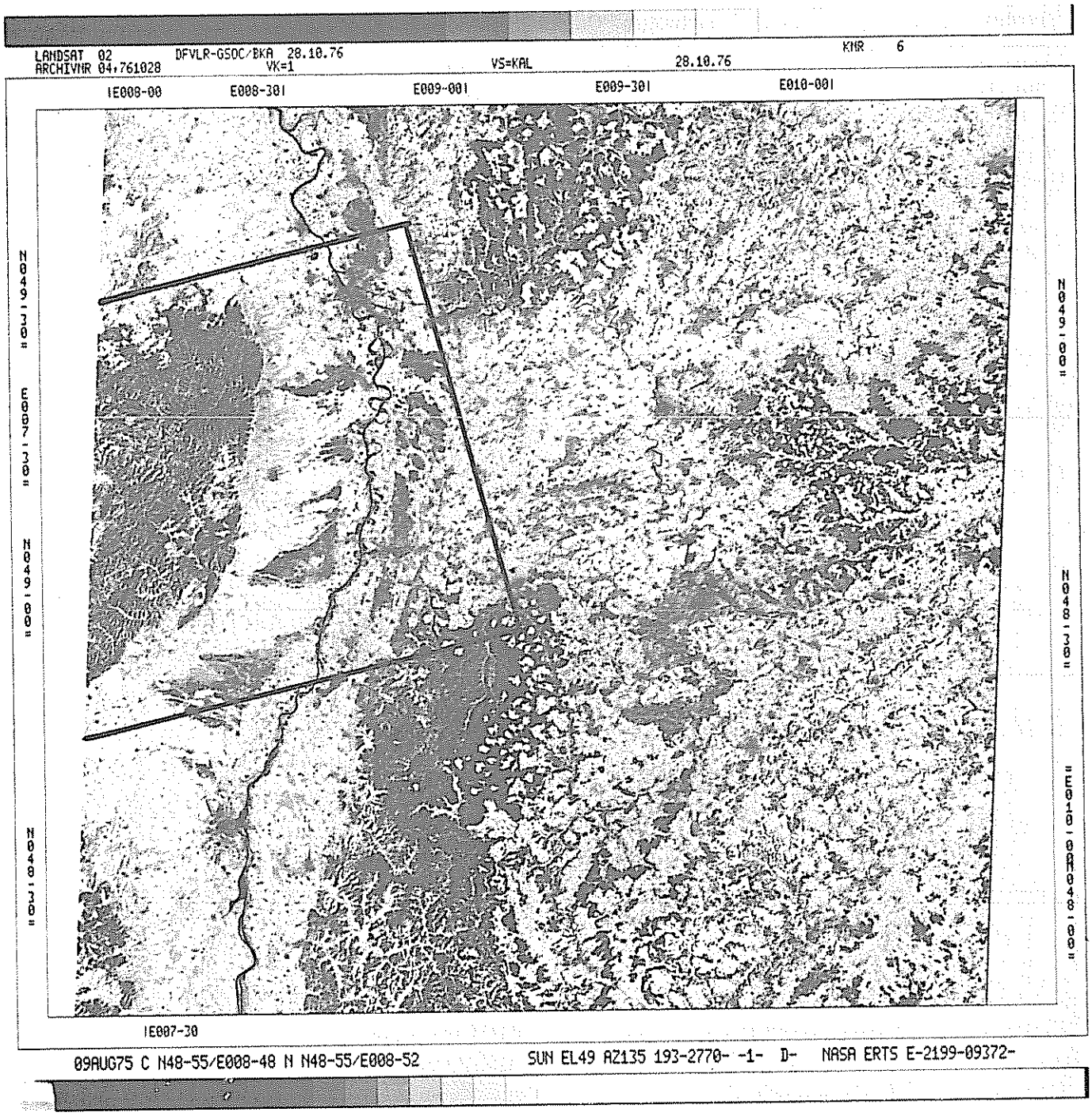


Figure 131. Federal Republic of Germany: infra-red channel 6 of the LANDSAT scene for 9 August 1975, showing the location of the area under investigation



Figure 132. Federal Republic of Germany, rectified LANDSAT scene, taken on 9 August 1975 (does not cover entire map sheet CC 7110)

In general, satellite image data do not cover a specific geodetic map sheet. Figure 132 demonstrates the situation for map CC 7110 and the corresponding geometrically rectified LANDSAT scene for 9 August 1975. In order to construct the whole map sheet, the missing part has been augmented with data of the scene of 28 August. The variations in brightness and contrast of the corresponding recorded spectral bands were adjusted by using an interactive colour television monitor of the DIBIAS system. Figure 132 is a false colour composite of the rectified LANDSAT scenes which coincides with the area under investigation.

It was recorded with a digital film recorder of the DIBIAS system and enlarged to the scale 1:200,000. It was then overlaid with transparencies of topographic map CC 7110.[1] The resulting representation may be the first useful support for visual-image interpretation.

In the next step, an algorithm for edge enhancement was applied to the rectified image (5). For that purpose the original information of the four spectral bands was reduced to one channel which contains the influence of all four bands. That procedure of data reduction is called computation of the principal components. Basically, the first principal component was treated with an algorithm that computes the differences between the grey values of adjacent picture elements and produces a visual picture by coding those differences as grey values. Sections in the original image which have intensive contrast will be reproduced by the algorithm as bright edges, whereas homogeneous areas will be coded dark (see figure 134). In this presentation, spacious edge structures are easy to recognize. This evaluation is a first example of the use of specific data reduction to extract information for the observer.

The next example is the multispectral classification. By using the grey values of the four bands, the computer was programmed to extract all pixels from the image which are, for example, city regions, and to represent those pixels in an arbitrary colour (6). The computer rejects or misclassifies those pixels that cannot be classified because there was no program. For the classification for the present paper, the computer was programmed for the following eight classes: city; mixed urban or built-up land; orchards and pasture; agricultural land; vineyards; water; coniferous forest; and deciduous forest. The program areas were defined using aerophotographic material. The boundaries of the areas were entered in maps of the area under investigation. Then the polygons describing the limits of the program areas were digitized and, by means of DIBIAS software, added to the rectified LANDSAT data so that the positional information was fixed. After the programming, the image data was classified pixel by pixel—that is, the classification algorithm tried to relate each pixel to one of the defined classes, or to reject it. The classified image in which each class is coded with a distinct colour was recorded with the film recorder, enlarged to the scale 1:200,000 and overlaid with transparencies of the topographic map. Thus, the geoscientist has both the actual land-use information derived from LANDSAT imagery and the information of the topographic map.[2]

An investigation of the quality of the classification results showed that the accuracy, which depends on the class and the position within the image, is between 60

[1] See figure 133 in the map supplement

[2] See figure 135 in the map supplement



Figure 134. Federal Republic of Germany, directed data reduction to extract special information included in the original image data. The four spectral bands have been reduced to one channel, which was treated with an algorithm for edge enhancement.

and 85 per cent (7). The misclassifications may be explained by the mixture of spectral radiation in areas with dispersed land-use regions, which are predominant in the Federal Republic of Germany. Due to the limited visual field of 79 × 79 m of the LANDSAT scanner, that fine dispersed structure is lost.

Finally, the digitized boundaries of communities and counties were added to the rectified and classified image data. With suitable software, it is possible to compute the land-use inventory for the communities and counties (8)(9)(10)(11). The result can be expressed as a percentage, related to the whole area, or as an absolute, in hectares. Figure 136 shows that evaluation for Mannheim and Bad Neustadt an der Weinstrasse.[3]

The evaluation examples which have been described here—the false-colour representation, edge enhancement, classification and land-use inventory, together with the information on the topographic map—may be useful additional material for interpretation. The results have shown that it is difficult to reproduce the quality of existing land-use interpretations with their variety of different classes. However, the LANDSAT data or the data of further remote sensing satellites are up to date. Experience has shown that those areas of the classification that were first thought to be misclassifications were newly built-up regions which had not been included in the topographic maps. In the developing countries, LANDSAT derived image data as described above are usually the only information available.

Further investigations are being conducted at the Institute of Communication Technology on geometrical rectification, new classification techniques and feature selection, in order to extract texture, shape and multitemporal phenomena.

[3] See the map supplement

REFERENCES

1. DIBIAS-Handbuch. Digitales Interaktives Bildauswertesystem Abteilung Digitale Bildverarbeitung, Institut für Nachrichtentechnik der DFVLR, 1976.
2. Lichtenegger, J., K. Seidel *and* O. Kübler. Methoden zur Uberlagerung von LANDSAT-Bildern für multitemporale Landnutzungskartierungen. *Bildmessung und Luftbildwesen* 2, 1978.
3. Steiner, D. *and* M. E. Kirby. Geometrical referencing of LANDSAT images by affine transformation and overlaying of map data. *Photogrammetria* 33, 1977.
4. Konecny, G. Mathematische Modelle und Verfahren zur geometrischen Auswertung von Zeilenabtaster-Aufnahmen. *Bildmessung und Luftbildwesen* 5, 1976.
5. Nowak, P. Bildverbesserung an multispektralen Scanneraufnahmen mit Hilfe digitaler Filterverfahren. DFVLR Forschungsberichte. Köln, 1979.
6. Haberäcker, P. Untersuchung zur Klassifizierung multispektraler Bilddaten aus der Fernerkundung. DLR Forschungsberichte 77-72, 1977.
7. Winter, R. Statistische Beurteilung von Klassifizierungsergebnissen. DFVLR, internal report, 1978.
8. Reeves, C. A., T. Austin *and* A. Kerber. LANDSAT forest and range inventory of southeast Texas counties by administrative boundaries. IEEE transactions on geoscience electronics 15/3, 1977.
9. Schubert, J. S. Computer processing of LANDSAT data as a means of mapping land use for the Canada land inventory. Ottawa, Gregory Geoscience, 1976.
10. Utilisation d'algorithmes de classification des informations spectrales et texturales pour l'étude d'une zone agricole. *By* T. le Toan *and others*. Proceedings of the International Conference on Earth Observation from Space and Management of Planetary Resources. Toulouse, 6-11 March 1978 (ESA SP-134).
11. Mead, R. A. *and* M. P. Meyer, LANDSAT digital data application to forest, vegetation and land-use classification in Minnesota. Remote sensing applications in agriculture and forestry. IASHE RS2 research report 77/6. St. Paul, Minnesota, 1977.

APPLICATIONS DE L'IMAGERIE LANDSAT À L'ÉTUDE ET À LA CARTOGRAPHIE DES FORÊTS*

Document présenté par la France

Le traitement automatisé des données multispectrales fournies par le satellite LANDSAT permet d'obtenir des informations thématiques, notamment sur les forêts, utilisables dans deux domaines principaux : le domaine cartographique, pour la révision des cartes topographiques, à petite échelle, et le domaine statistique, avec l'inventaire informatisé des espaces forestiers et de certaines caractéristiques de leur peuplement. En particulier les dégradations dues aux incendies de forêts ont pu être mises en évidence, quantifiées et représentées, fournissant ainsi selon une voie originale une information à caractère opérationnel et pouvant servir d'aide immédiate à la décision.

L'importance de semblables résultats n'est pas à démontrer. On sait l'importance des forêts dans l'équilibre écologique du territoire, ainsi que dans le domaine des loisirs et du tourisme, dans le domaine économique enfin, voire énergétique, la forêt représentant une source d'énergie renouvelable et sans doute encore insuffisamment exploitée, dans un pays doté de 14 millions d'hectares forestiers représentant le quart du territoire français et la moitié de l'espace forestier de la Communauté économique européenne. On sait aussi que les cartes topographiques à petite échelle (1/100 000, 1/250 000) ne représentent souvent qu'imparfaitement la forme et l'étendue des forêts, et cela pour de multiples raisons : les cartes à petite échelle dérivent, en France, de la compilation et généralisation des cartes de base à plus grande échelle. Ce processus est long, et même très long si on attend la révision/réédition de toutes les composantes à grande échelle pour rééditer ces cartes à petite échelle, moins long mais hétérogène si on ne l'attend pas. En outre, la généralisation manuelle reste une opération relativement subjective, qui caricature légèrement la réalité, pas toujours dans le bon sens, surtout si on part de documents d'âges et d'aspects différents. Pour toutes ces raisons, l'objectivité relative des données LANDSAT, due à leur niveau de synthèse (résolution, intégration) et à leur forme numérique (qui permet des traitements automatiques), ainsi que l'actualité/répétitivité de ces mêmes données, représentent un avantage décisif.

Sans rentrer dans le détail des traitements automatiques d'image, rappelons que ceux-ci sont effectués à l'Institut

* Le texte original de ce rapport, préparé par MM. Denegre, Lummaux et Poulain, Institut géographique national, a paru sous la cote E/CONF.71/L.44.

géographique national (IGN) sur un système 125-Matra 101, dénommé « Système TRIAS » (traitement et interprétation interactive d'images aérospatiales), dont la caractéristique principale est justement l'interactivité, liée à la visualisation couleur : elle constitue le point de contact entre le thématicien et l'informaticien et leur offre un langage commun. Nous allons en voir deux applications réalisées ou en cours de réalisation, dans le domaine des forêts : la révision du thème « forêts » (planche de vert) des cartes topographiques à petite échelle, d'une part ; l'évaluation des incendies de forêts dans le sud de la France, d'autre part.

Le premier essai, mise au point de la chaîne de révision, a porté sur la feuille au 1/100 000 de Verdun-sur-Meuse (est de la France, zone choisie parce que déjà mise à jour par des moyens classiques récemment et déjà cataloguée dans la banque de données), l'échelle du 1/100 000 peut sembler un but ambitieux encore en raison de la taille du pixel LANDSAT, néanmoins le but est d'obtenir le masque des forêts sans distinction entre les espèces et nous avions déjà eu un aperçu de ce que cela pourrait donner sur les images de Paris.

On a choisi de travailler sur une sous-image d'août 1976 de 875 colonnes et 750 lignes recouvrant la feuille au 1/100 000 concernée, après des essais infructueux de classification supervisée sur les données brutes, on a utilisé les deux premières composantes principales obtenues par une transformation de Karühnen Loëwe : la première C1 faisait bien apparaître les feuillus, la seconde C2 les résineux. Après quelques essais à la console interactive, deux démarches ont été suivies parallèlement.

Pour la première, le masque des forêts est fourni par la somme C1 + C2 suivie d'une moyenne et d'un seuillage judicieux.

Pour la seconde, ce masque est fourni par une classification supervisée sur l'image bicanaux (C1 + C2, C1) [voir ensemble des figures 137 à 140 hors texte]

Bien qu'élaborée interactivement dans sa définition, l'intérêt de la première méthode est qu'elle nécessite peu l'intervention de l'opérateur ensuite (seulement pour le choix du seuillage et une fois par feuille) et les opérations de seuillage en moyenne sont très rapides au point de vue temps de calcul sur ordinateur ; un inconvénient est, peut-être, d'opérer un effet de trop grande généralisation pour l'échelle voulue.

On n'a pas cet inconvénient pour la seconde méthode, au contraire une légère régularisation est-elle nécessaire pour supprimer l'effet pointilliste bien connu des classifications. Néanmoins, le traitement s'avère plus lourd : en effet, il est vraisemblable que le fichier des centres de classes nécessite une actualisation pour chaque feuille et cela est bien sûr plus délicat qu'un simple seuillage, enfin, du point de vue temps de calcul une classification est plus longue à obtenir qu'un seuillage suivi d'une moyenne.

A ces problèmes thématiques s'ajoutent ceux de la projection géométrique de l'image qui ont été réglés pour l'exemple qui va suivre au 1/250 000. Le document final se compose donc de deux parties : d'une part, une bande magnétique contenant le fichier de contours actualisé, d'autre part, un masque négatif tramé obtenu sur un appareil de restitution d'image et directement utilisable dans la production des cartes topographiques au 1/100 000.

Il est évidemment important de s'interroger sur la validité des résultats obtenus, et notamment d'estimer les erreurs commises. Celles-ci peuvent être de deux types : d'une part, les erreurs géométriques. Elles sont corrigées au mieux en utilisant des points de contrôle sur la carte et dans l'image, et en outre en considérant que, une partie d'une scène seulement couvrant une feuille dans ce laps de temps, les mouvements aléatoires du satellite sont très faibles. L'erreur résultante est de l'ordre du pixel. D'autre part, il y a les erreurs d'affectations entre ce qui est forêt et ce qui ne l'est pas :

a) Dans le cas d'une classification, moins de 5 p. 100 d'erreur;

b) Dans le cas d'un seuillage : une certaine généralisation apparaît qui dépend du seuil choisi. On a opté pour un seuil relativement « haut », qui fait bien apparaître les changements dans les bois d'une certaine importance, mais tend à faire disparaître les autres. Les bois de moins de cinq pixels sont alors conservés en l'état dans le fichier existant.

L'évaluation des incendies de forêts dans le sud de la France (Corse comprise) constitue une autre application des classifications supervisées, réalisée d'ailleurs antérieurement à la précédente, et à la demande du Ministère de l'agriculture : il s'agissait d'évaluer le nombre des zones incendiées existant en 1976, de les localiser et d'estimer leur surface.

Le processus employé a été le suivant : sur une image LANDSAT originale et en utilisant les informations fournies par le corps des sapeurs-pompiers on a choisi des zones tests en vue d'une classification supervisée.

Dans un premier temps, on a constaté des confusions avec des objets de réponses spectrales voisines (en particulier certaines villes et les crêtes rocheuses), on a choisi alors des zones tests supplémentaires parmi ces zones de confusion, puis, avant d'entreprendre la classification de toute l'image, on a ajusté les seuils concernant les distances aux centres des classes sur des petites parties de cette image comprenant un incendie bien connu. Tout ce travail préparatoire a bien sûr été grandement facilité par la console interactive, conjointement utilisée par un informaticien et un thématicien (les remarques de ce dernier ont même permis des aménagements de programmes, essentiellement au niveau commodité d'utilisation).

Le traitement ainsi initialisé a été appliqué à des parties plus importantes d'images correspondant à des zones sensibles (fig. 141 à 143 hors texte).

Néanmoins, le résultat d'une telle classification supervisée n'est pas directement utilisable en cartographie pour deux raisons :

a) Les confusions persistantes entre objets de nature différente;

b) L'aspect « pointilliste » de la distribution de certaines classes.

Outre des regroupements de bon sens au niveau de certaines classes, on tente de résoudre ces problèmes par deux types de programmes :

1) L'élimination consiste à supprimer les classes jugées non significatives (parce que de population très faible) ou les zones homogènes de surface trop petite et à les remplacer par les classes significatives les plus représentées localement;

2) La régularisation change la valeur d'un élément de l'image s'il existe dans son voisinage une valeur ressemblante (au sens des classes) suffisamment représentée dans le voisinage spatial de cet élément.

Cela permet d'éliminer les « trous » à l'intérieur d'une zone homogène ou les points isolés qui peuvent être considérés comme du bruit tout en conservant ceux qui n'en sont pas (par exemple une route apparaissant discontinue au milieu d'un bois). Ce genre de traitement ne doit donc pas être confondu avec un lissage.

On obtient ainsi un masque utilisable pour une cartographie, c'est-à-dire qu'on peut soit en définir les contours pour une carte au trait ou une sortie sur table traçante, soit l'utiliser directement pour l'impression.

Les statistiques obtenues ont permis d'infléchir les estimations au sol faites par les services locaux de l'Agriculture, souvent dans le sens d'une diminution (allant jusqu'à 30 p. 100), qu'on pouvait certes prévoir mais difficilement évaluer.

Ces deux exemples d'exploitation numérique des images LANDSAT montrent un aspect de la richesse d'informations thématiques apportées par les satellites. L'intérêt d'une telle exploitation tient :

a) D'une part au caractère numérique et multispectral des données, qui autorise leur informatisation;

b) D'autre part à l'interactivité du traitement, qui permet toute la souplesse d'interprétation absolument nécessaire ici;

c) Enfin à la répétitivité des images qui assure la possibilité d'une tenue à jour des phénomènes étudiés.

Il reste à souhaiter l'apparition de satellites équipés de capteurs plus diversifiés, soit dans le domaine des longueurs d'onde (comme Spacelab) soit dans celui de la résolution au sol (comme le satellite SPOT), de façon à pouvoir étudier d'autres phénomènes importants ou affiner utilement les études déjà faites.

LA GÉOTHÉMATIQUE*

Document présenté par la France

La visualisation automatique des données statistiques

Les utilisateurs d'information économique et sociale se sont multipliés, et la diversité des sujets qu'ils abordent s'accroit rapidement.

Les techniciens de l'aménagement et de l'urbanisme et les chercheurs universitaires posent des problèmes nouveaux, des exigences auxquels il faut faire face.

La pression des entreprises pour une information rapide, précise et détaillée est de plus en plus forte.

Les élus locaux, les responsables syndicaux, les animateurs d'associations locales et les travailleurs sociaux sont chaque jour plus pressants dans l'expression de leurs besoins en information.

Le grand public lui-même est de plus en plus concerné par l'information statistique.

Le réponse à ces besoins nécessite : la rapidité dans la réponse aux demandes formulées et l'accessibilité et l'adaptation des données disponibles pour ce public de plus en plus large.

Cela se traduit par des efforts constants de mise en forme de l'information : recherche permanente de nouveaux outils d'expression; amélioration et diversification des publications.

La cartographie thématique est un excellent moyen pour visualiser des résultats en cours d'étude où elle aide à la réflexion du chercheur. Outil d'analyse et de synthèse, elle permet la comparaison entre les répartitions de phénomènes distincts ou du même phénomène à deux époques différentes.

La qualité graphique et la variété des représentations rendent possible l'édition de cartes :

a) Destinées à l'illustration de publications;

b) Comme moyen d'expression qui se suffit à lui-même : carte sur un thème particulier ou série thématique éditée sous forme d'atlas.

La cartographie thématique automatique, qui implique la maîtrise des techniques de pointe à base d'informatique, supprime les obstacles de coûts et de délais que les méthodes manuelles traditionnelles opposaient à l'emploi courant de ce mode d'expression.

Les répertoires géographiques

Patrimoine de l'Institut géographique national (IGN), les répertoires constituent la base d'affectation géographique des données statistiques. L'IGN dispose pour l'ensemble du territoire national : *a*) du répertoire des limites de communes; *b*) du répertoire des limites de cantons; et *c*) du répertoire des limites de départements.

Les graphismes issus de ces répertoires présentent une simplification volontaire des lignes (généralisation et stylisation).

Outre les répertoires de limites, l'IGN a constitué par calcul les répertoires de points de positionnement aux centres visuels des unités administratives : *a*) répertoire des centres de communes; *b*) répertoire des centres de cantons; *c*) répertoire des centres de départements; et *d*) répertoire des chefs-lieux de communes.

Pour répondre à des besoins particuliers, des répertoires spéciaux peuvent être constitués à la demande.

Les représentations thématiques

Elles sont les moyens d'expression graphique des données statistiques. Leur choix est fonction de la nature du phénomène cartographié :

a) Représentations en teintes dégradées particulièrement adaptées à la cartographie des séries statistiques ordonnées de quantités relatives : densités, évolutions relatives, proportions;

* Le texte original de ce rapport, préparé par B. Pasquier, Institut géographique national, a paru sous la côté E/CONF.71/L.45

b) Représentations en traits (ou bandes) proportionnels : utilisation identique aux teintes dégradées sur des unités graphiques de plus grande dimension;

c) Représentations en signes de taille variable : de forme géométrique, ces signes sont centrés sur un point (centre ou chef-lieu);

Ces représentations sont adaptées à la cartographie des séries statistiques en valeur absolue;

d) Représentations spéciales :

i) Cercles concentriques en bandes proportionnelles applicables à des données statistiques relatives à un centre : zones d'attraction, mouvements migratoires;

ii) Bandes proportionnelles de données multiples complémentaires;

iii) Des cartes automatiques spéciales peuvent être étudiées, conçues et mises en œuvre pour des représentations de données localisées d'un type particulier.

Automatic visualization of statistical data

Users of economic and social information have multiplied and the variety of themes they approach is increasing rapidly.

Development and town-planning technicians and university researchers set new problems and demands that must be satisfied.

Firms are pressing more and more for rapid, precise and detailed information.

Local representatives, trade-union leaders, organizers of local associations, and social workers are becoming every day more vocal in the expression of their need for information.

Even the general public is more and more concerned with statistical information.

Response to these needs requires rapidity in answering requests made and accessibility and adaptation of the data available for the growing public.

Constant efforts are being made to shape information, through the permanent search for new means of expression, and the improvement and diversification of publications.

Thematic cartography is an excellent means for visualizing results during study, which helps the searcher to reflect. An instrument of analysis and synthesis, it allows the comparison between the distribution of separate phenomena or of the same phenomenon at two different periods.

The graphic quality and the variety of the representations make it possible to publish maps:

(*a*) To illustrate publications;

(*b*) Which are self-sufficient—a map on a particular theme or a thematic series published in the form of an atlas.

Automatic thematic cartography, which involves the mastery of advanced techniques based on data processing, removes cost and time obstacles to the current use of such a mode of expression that traditional manual methods would imply.

Geographical indexes

Indexes, the patrimony of the Institut géographique national (IGN), constitute the geographical assignment basis of statistical data. For the whole country, IGN has at its disposal: (*a*) the index of limits of communes; (*b*) the index of limits of cantons; and (*c*) the index of limits of departments.

Graphic representations derived from these indexes present deliberate simplification of the lines (generalization and stylization).

In addition to the indexes of limits, IGN has established, through computation, indexes of positioning points at the visual centres of administrative units, namely, (*a*) indexes of centres of communes; (*b*) indexes of centres of cantons; (*c*) indexes of centres of departments; and (*d*) index of *chef-lieux* of communes.

To satisfy particular needs, special indexes can be drawn up on request.

Thematic representations

Thematic representations are the graphic means of expressing statistical data. The choice depends on the nature of the features mapped:

(*a*) Representations in graded tints, particularly suited to mapping orderly statistical series of relative quantities: densities, relative evolutions, proportions;

(*b*) Representations in proportional lines or strips: use identical to that of the graded tints, on large graphic units;

(*c*) Representations in signs of varying size; with geometrical shapes, centred on a point (centre or *chef-lieu*);

(These representations are adapted to the mapping of statistical series in absolute terms).

(*d*) Special representations:

(i) Concentric circles in proportional strips applicable to statistical data related to a centre: areas of attraction, migratory movements;

(ii) Proportional strips of multiple complementary data;

(iii) Special automatic maps can be studied, designed and implemented for representation of localized data of a particular type.

Visualización automática de datos estadísticos

Los utilizadores de información económica y social se han multiplicado y la diversidad de los temas que ellos abordan crece rápidamente.

Los técnicos del ordenamiento del territorio rural y urbano y los investigadores universitarios plantean problemas nuevos, exigencias que deben ser encaradas.

La presión de las empresas por una información rápida, precisa y detallada es cada vez más fuerte.

Los representantes locales, responsables sindicales, ani-

madores de asociaciones locales y los trabajadores sociales se tornan cada día más apremiantes en plantear sus deseos de información.

La respuesta a esos motivos necesita: rapidez en contestar las preguntas formuladas; accesibilidad y adaptación de los datos disponibles para ese público cada vez más numeroso.

Ello se traduce en constantes esfuerzos de puesta en forma de la información: busca permanente de nuevos útiles de expresión; mejoramiento y diversificación de publicaciones.

La cartografía temática es un medio excelente para visualizar los resultados en curso de estudio, oportunidad en que ella ayuda a la reflexión del investigador. Util de análisis y de síntesis, ella permite la comparación entre las distribuciones de fenómenos distintos o del mismo fenómeno en dos épocas diferentes.

La calidad gráfica y la variedad de las representaciones hacen posible la edición de mapas:

a) Destinados a ilustrar publicaciones;

b) Como medio de expresión que se basta a sí mismo: mapa sobre un tema particular o serie temática editada bajo forma de atlas.

La cartografía temática automática, que implica la maestría de las técnicas más avanzadas basadas en la informática, suprime los obstáculos de costos y de plazos que los métodos manuales tradicionales oponían al empleo corriente de este modo de expresión.

Repertorios geográficos

Patrimonio del Institut géographique national (IGN), los repertorios constituyen la base de aplicación geográfica de los datos estadísticos. El IGN dispone para el conjunto del territorio nacional: *a*) del repertorio de límites de comunas; *b*) del repertorio de límites de cantones, y *c*) del repertorio de límites de departamentos.

Los grafismos resultantes de esos repertorios presentan una simplificación voluntaria de las líneas (generalización y estilización).

Además de los repertorios de límites, el IGN ha constituido, por medio de sus cálculos, los repertorios de puntos de posicionamiento en los centros visuales de las unidades administrativas: *a*) repertorio de centros de comunas; *b*) repertorio de centros de cantones; *c*) repertorio de centros de departamentos, y *d*) repertorio de cabeceras de comunas.

Para responder a necesidades particulares, se pueden constituir repertorios especiales a pedido.

Representaciones temáticas

Ellas son el medio de representación gráfica de los datos estadísticos. Su elección es función de la naturaleza del fenómeno cartografiado:

a) Representaciones en tonos degradados particularmente adaptados a la cartografía de las series estadísticas ordenadas de cantidades relativas: densidades, evoluciones relativas, proporciones;

b) Representaciones en trazos (o bandas) proporcionales: utilización idéntica en tonos degradados sobre unidades gráficas de mayor dimensión;

c) Representaciones en signos de talla variable: de forma geométrica, esos signos están centrados en un punto (centro o cabecera);

Estas representaciones están adaptadas a la cartografía de las series estadísticas en valor absoluto.

d) Representaciones especiales:

i) Círculos concéntricos en bandas proporcionales aplicables a datos estadísticos relativos a un centro: zonas de atracción, movimientos migratorios;

ii) Bandas proporcionales de datos múltiples complementarios;

iii) Mapas automáticos especiales que pueden ser estudiados, concebidos y puestos en marcha para representaciones de datos localizados de tipo particular.

TÉLÉDÉTECTION DES RÉSURGENCES D'EAU DOUCE EN MILIEU MARIN*

Document présenté par la France

Introduction

L'application de certaines techniques cartographiques fondamentales comme la télédétection à l'étude des ressources en eau est un des quatre thèmes principaux retenus par l'Opération pilote interministérielle de télédétection en France, chargée de promouvoir et de coordonner les actions des divers services français concernées à différents titres par la mise en œuvre de la télédétection. Le problème des ressources en eau est exemplaire dans la mesure où il concerne pratiquement tous les pays, et sans doute encore davantage les pays en développement qui comportent de vastes zones arides que les pays tempérés comme la France. Dans tous les cas, on sait que la consommation d'eau par habitant augmente en même temps que le degré de développement, dans lequel interviennent directement des facteurs aussi fondamentaux que l'agriculture et l'urbanisme.

Dans un domaine relativement circonscrit, celui de la recherche et de la localisation de sources littorales ou sous-marines, les travaux menés par l'Institut géographique national (IGN) depuis le début des années 70 sur différents sites permettent de cerner un aspect original de la télédétection appliqué à l'hydrologie : l'utilisation de la thermographie aéroportée, jointe à la photo-interprétation, à l'exploitation des cartes existantes et à la reconnaissance sur le terrain, a permis dans de nombreux cas de mettre en évidence des résurgences d'eau potable en quantité significative.

Les principes

Sans vouloir rentrer dans des détails trop techniques, rappelons que la thermographie est l'enregistrement (sur

* Le texte original de ce rapport, préparé par MM. Cahagne et Denegre, Institut géographique national, a paru sous la cote E/CONF.71/L.46.

bande magnétique restituée ensuite sur film) grâce à un capteur du rayonnement thermique émis par la surface terrestre, soit dans la bande spectrale 3-5 µm, soit dans la bande 8-14 µm, toutes deux situées dans l'inuge "moyen". Ces deux bandes représentent deux créneaux du spectre où l'atmosphère n'absorbe pratiquement pas le rayonnement électromagnétique et où se situe justement le maximum d'énergie émise par le corps noir aux alentours de 300° K (températures habituellement rencontrées au sol). L'intensité du signal obtenu (puissance émise) dans chacun de ces deux créneaux est directement fonction de la température du corps émetteur, d'après la loi théorique de Stefan ($W = T^4$), applicable au seul corps noir idéal, mais dont l'eau s'avère très voisine (rapport d'émissivité de 0,8 ou 0,9 par rapport au corps noir).

Le résultat final sur le film thermographique est donc une image dont les niveaux de gris représentent la répartition spatiale des températures à la surface du terrain survolé. D'où la possibilité de détecter les anomalies thermiques induites par des phénomènes hydrologiques tels que les résurgences d'eau douce en milieu marin, ou plus exactement de distinguer celles-ci parmi ceux-là : en milieu littoral (le seul où les sources pourront être à la fois détectées et exploitées), les phénomènes de courant entraînent de nombreuses variations de température, et il importe évidemment de savoir les interpréter et déterminer leur origine avec le maximum de certitude.

Les méthodes

C'est ainsi qu'il convient de considérer l'importance de la "préparation" géologique, qui consiste à sélectionner soigneusement au préalable les sites où les résurgences ont une bonne probabilité d'apparaître. Cette préparation s'appuie sur cartes géologiques (si elles existent) et se fait généralement par photo-interprétation, à l'aide de photos aériennes ou même d'images-satellites qui peuvent donner une bonne approche du problème en indiquant, au niveau régional, quelles sont les discontinuités éventuelles (zones de fractures, de chevauchement, etc.) ou les conditions lithologiques ou géologiques se prêtant au phénomène. Cela permet en particulier de limiter l'enregistrement thermographique aux zones favorables, ou du moins d'attirer l'attention du télé-interprète sur ces zones.

La méthodologie de l'enregistrement thermographique proprement dit est à définir soigneusement en fonction des conditions locales. En particulier, la date et l'heure de l'enregistrement jouent un rôle décisif, le sens et l'intensité des anomalies thermiques étant étroitement liés au climat et à la saison : il faut choisir évidemment l'époque à laquelle existe le meilleur contraste possible entre la température du milieu marin (ou fluvial) et celle de la résurgence, c'est-à-dire du sous-sol. Mais cette époque doit également être, autant que possible, celle du débit maximal des résurgences, c'est-à-dire pendant ou peu après les époques pluvieuses. Un faible débit risque en effet d'être absorbé par le milieu avant de pouvoir affleurer à la surface. Pour les mêmes raisons, il convient d'opérer *a priori* en eau calme, donc en particulier à marée basse (étale), afin d'éviter un brassage trop important des eaux, et en l'absence de houle ou clapotis.

L'interprétation des thermographies obtenues nécessite une bonne habitude de lire ce genre de documents, jointe à une bonne connaissance de la topographie et de la géologie locale, comme cela a été dit plus haut. Cette interprétation donne lieu à la délimitation des différents phénomènes observés, accompagnée d'un commentaire provisoire : il reste en effet à confirmer les indices de résurgences par une reconnaissance soigneuse sur le terrain.

Cette reconnaissance consiste, dans le cas des sources sous-marines, à mesurer *in situ* la température de l'eau et son degré de salinité. La température de l'eau permet de localiser les anomalies thermiques correspondant aux observations faites sur les thermographies (cette correspondance étant d'autant plus aisée à établir que le passage sur le terrain suit de près l'enregistrement aéroporté et a lieu dans les mêmes conditions). La mesure de salinité permet, elle, de confirmer ou non la présence d'eau douce plus ou moins mêlée à l'eau de mer. Ces mesures sont effectuées à l'aide de sondes spécialisées, mises en œuvre à partir d'un bateau dont on doit évidemment déterminer la localisation aussi fréquemment que nécessaire. Notons que lorsque les phénomènes sont très diffus, des mesures en continu peuvent être préférées à des mesures ponctuelles, de façon à pouvoir détecter toute anomalie significative.

En même temps, la localisation des phénomènes doit être déterminée en s'aidant, d'une part, de la cartographie existante et des photos disponibles et, d'autre part, de méthodes topométriques ou hydrographiques légères, telles que mesures au cercle hydrographique, ou au télémètre, ou intersections à la planchette. Le report cartographique est bien sûr nécessaire pour visualiser les résultats, accompagnés ou non de courbes isothermes indiquant la répartition thermique des eaux et l'emplacement des "anomalies". Il va de soi que toute détection d'une résurgence probable devra être suivie d'une localisation plus précise et d'une estimation de son débit. Faute de ces déterminations, rien ne permettra de dire quelle exploitation pourra réellement être faite de la mise en évidence d'une source probable.

Les travaux effectués

Les remarques ci-dessus résultent de l'expérience accumulée par l'IGN durant près de huit ans et dont les points marquants sont les suivants :

En 1971 une campagne thermographique dans la région du Havre a été entreprise, après une étude géologique ayant montré que le système des accidents géologiques orientait le cheminement de type karstique des eaux continentales vers une certaine zone littorale, assez éloignée, en laquelle la détection des sources n'était d'ailleurs pas aisée, beaucoup de résurgences étant constituées d'eau de mer. La thermographie de cette zone a permis de distinguer sur l'estran à marée basse une trentaine de sources d'eau douce dont le débit allait jusqu'à 120 000 m³ par jour.

En 1975, des études de pollution faites sur le littoral méditerranéen (région Fos-Marseille) ont mis en évidence un certain nombre de résurgences d'eau douce parmi les très nombreux rejets ou apports d'eaux continentales (fleuves, canaux, étangs, usines). C'est le cas notamment pour les sources sulfureuses de l'anse d'Arnette, et surtout pour des résurgences froides observées dans les calanques des environs de Cassis. Il est intéressant de noter que ces travaux ont utilisé des thermographies d'hiver et d'été, pour lesquelles les anomalies thermiques étaient inversées (de l'ordre de quelques degrés), et qui se sont

avérées utilement complémentaires (voir fig. 144 à 146 hors texte).

En 1976-1977, une importante campagne thermographique a été menée au Maroc à la demande du Ministère des travaux publics (Direction de l'hydraulique), à la fois sur le littoral méditerranéen et sur le littoral atlantique. Deux séries de thermographies ont été menées, l'une à petite échelle (1/80 000) pour les deux niveaux de marée, l'autre à moyenne échelle (1/30 000) à marée basse, le choix des périmètres de cette seconde investigation ayant été orienté par le dépouillement de la première mission au 1/80 000.

Sur le littoral atlantique, deux régions très différentes ont été étudiées, l'une au sud dans le secteur de Sidi-Ifni et Tiznit, l'autre plus au nord entre Essaouira et Azemmour. Le littoral du Rif a été également étudié dans sa partie méditerranéenne.

Précédée d'une étude des conditions thermiques locales et de l'interprétation complète des thermographies, les missions sur le terrain ont permis de détecter de nombreux indices de résurgences d'eau douce, situées en général soit en bordure de massifs cristallins très fracturés (par suite d'une activité volcanique) comme à Arkount, soit en bordure de massifs sédimentaires dotés de circuits karstiques importants, comme à Tiznit. Au total une cinquantaine de points d'eau ont pu être mis en évidence, parfois regroupés en trois ou quatre secteurs particuliers, parfois isolés sous la forme d'un exutoire de grand débit, lié à la tectonique locale (massif des Bokkoyas sur le Rif).

Il est à noter que les conditions météorologiques précédant l'investigation jouent un grand rôle dans les résultats de celle-ci. Ainsi des inondations s'étant produites dans l'arrière-pays, de nombreuses présences d'eau douce ont été trouvées en bord de mer, toutes n'étant pas pour autant des résurgences à caractère permanent. D'où la nécessité déjà signalée d'explorer et d'évaluer soigneusement les phénomènes découverts (débit, permanence, localisation) préalablement à toute exploitation.

En 1978 un enregistrement thermographique a été réalisé sur le cours du Doubs afin d'y détecter des résurgences sous-fluviales ou affluentes. Accompagnée d'une solide étude géologique et d'une photo-interprétation morphologique, la thermographie (effectuée par hélicoptère, cette fois) a permis de relever de nombreux indices de sources affluentes (résurgences au niveau du Doubs), mais, par contre, aucun indice de résurgence sous-fluviale; il semble que le débit du fleuve à cette époque de l'année (mars) ait été trop important, masquant du même coup les eaux résurgentes et entraînées par le courant.

Deux séries de conclusions peuvent être tirées de ce court exposé : la première, déjà énoncée, est que les conditions d'enregistrement sont déterminantes pour le succès de l'opération et doivent être choisies très soigneusement (dans le cas du Doubs, la période de mars était favorable pour les différences thermiques mais défavorable quant à la force du courant). La seconde conclusion est que la thermographie, comme on l'a vu, doit être interprétée en s'appuyant sur tous les autres moyens d'investigation complémentaires et disponibles : étude préparatoire géodésique, photo-interprétation, complètement sur le terrain. Moyennant ces dispositions, les résultats obtenus montrent à la fois que la méthode est efficace, et qu'elle peut être appliquée à différents types de littoral, et par conséquent à d'autres pays.

ESTADO ACTUAL DE LOS TRABAJOS DE TELEDETECCION EN CUBA*

Documento presentado por Cuba

SUMMARY

The report, on current progress in the work being done in Cuba in the field of remote sensing of the earth from outer space, provides an overview of the achievements recorded in various branches of the national economy and in the sciences.

The paper discusses multispectral and spectrozonal surveys under the Intercosmos programme with experimental traverses in covering the most typical geographical areas of the country, and describes the results obtained in the performance of various productive scientific tasks.

It also deals with problems connected with the use of space surveys in the production and updating of different kinds of small-scale maps

RÉSUMÉ

Le rapport sur l'état actuel des travaux réalisés à Cuba dans le domaine de la télédétection spatiale et aéroportée donne une vue d'ensemble des succès obtenus dans différents secteurs de l'économie nationale et diverses disciplines scientifiques.

Le rapport traite des levés multispectraux et spectrozonaux — réalisés dans le cadre du programme Intercosmos — de polygones expérimentaux dans les régions géographiques les plus représentatives du pays, ainsi que des résultats obtenus dans la solution de divers problèmes de sciences appliquées.

L'accent est mis également sur les problèmes d'utilisation des levés par satellite pour l'établissement et la mise à jour de différents types de cartes à échelle moyenne.

INTRODUCCIÓN

Unos de los problemas de mayor actualidad en nuestros días es la relación del hombre y la naturaleza, la conservación del medio ambiente y el uso planificado de los recursos naturales de la Tierra.

Ante el hombre se plantea la siguiente contradicción: ¿cómo aprovechar al máximo los beneficios y riquezas de la naturaleza sin alterar el equilibrio ecológico?

Es evidente que la resolución de este problema sola-

* El texto original de esta monografía, preparado por Lucas Fernández Reyes, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, se publicó como documento E/CONF.71/L.52

mente es posible a través de la colaboración internacional. Son muchos los factores que condicionan la necesidad de internacionalizar la problemática del estudio de los recursos naturales.

Una de estas razones lo constituye el hecho de que los problemas ecológicos no están delimitados por las fronteras estatales, por lo que el uso irracional de los recursos naturales en un país puede acarrear graves consecuencias ecológicas en los países adyacentes.

Por otra parte, es necesario señalar que los medios técnicos y tecnologías utilizados en el sondeo a distancia de la Tierra, por su complejidad y alto costo, no pueden ser empresa de un país por separado, más aún si se trata de un país en desarrollo.

Organización de los trabajos de teledetección: primeros experimentos aéreos multiespectrales

Cuba, como miembro de la Organización de los Servicios Geodésicos de los Países Socialistas, así como de la organización para el estudio del espacio aerocósmico con fines pacíficos, "Intercosmos", ha emprendido un amplio programa de desarrollo integral para el estudio de sus recursos naturales a partir de las técnicas del sondeo a distancia de la Tierra, e iguala su desarrollo en esta esfera al de los demás países socialistas en un plazo considerablemente corto.

En tal sentido, la Academia de Ciencias de Cuba y el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, conjuntamente con las instituciones homólogas de los países socialistas, desde hace algunos años han venido trabajando en los problemas de la teledetección aplicados fundamentalmente a la prospección geológica, los levantamientos de suelos, los estudios oceanográficos, la mapificación topográfica y temática y otros.

Para la resolución de los problemas planteados se emplea tanto la información aérea como la cósmica.

La información aérea se obtiene con aviones especialmente equipados con sensores fotográficos que operan en seis bandas del espectro electromagnético entre los 480 mm y 840 mm, es decir, en el espectro visible y parte del infrarrojo cercano. También se emplean cámaras independientes equipadas con película espectrozonal, las cuales, además de la información que proporcionan, sirven para el amarre planimétrico de las imágenes multiespectrales obtenidas con las cámaras multibanda.

Estos levantamientos se han realizado en polígonos experimentales en las zonas físico-geográficas más importantes de Cuba, teniendo en consideración el grado de estudio, las investigaciones de campo, la existencia de diversos tipos de materiales cartográficos, etc. Dentro de los polígonos experimentales se seleccionan las "zonas llaves", o sea, las zonas que agrupan la mayor cantidad posible de objetos de interés. En las zonas llaves se realizan estudios detallados, investigaciones terrenas y proyectos de descifrado especial sobre fotografías-patrones, donde se determinan las características de los objetos necesarios para la posterior interpretación en gabinete de los elementos similares.

Las zonas llaves sirven de patrones para el estudio de los polígonos, los que a su vez se utilizan como etalones para el descifrado de los materiales cósmicos. Por esta razón, la elección de las zonas llaves se lleva a cabo teniendo en consideración que sus dimensiones mínimas permitan su identificación de acuerdo con la resolución de las fotografías cósmicas.

Levantamientos cósmicos del territorio nacional

El aseguramiento del territorio de Cuba en levantamientos cósmicos se lleva a cabo a través de los convenios de colaboración científico-técnica entre Cuba y la Unión Soviética. Los levantamientos cósmicos se realizan tanto desde los satélites del tipo Meteor, como desde las estaciones orbitales Saliut y naves cósmicas piloteadas Soyuz.

La información obtenida del territorio nacional por el satélite meteor se envía por los canales de radio en tiempo real a un punto de recepción en Tierra, donde posteriormente es procesada y distribuida a las instituciones usuarias. Esta información de carácter operativo es obtenida por un sistema *scanner* de poca resolución, por lo que su utilización se limita fundamentalmente a las investigaciones hidrometeorológicas y al estudio de los procesos de dinámica rápida. Actualmente se prevé la modernización del punto de recepción de imágenes del satélite Meteor con el fin de poder recibir información multiespectral de alta resolución. Esto permitirá ampliar considerablemente el campo de utilización de los datos meteor en la solución de diversos problemas relacionados con el control e inventario de los recursos naturales, así como brindar un servicio operativo a las actividades agrícolas.

La información que se recibe de las estaciones orbitales y naves cósmicas tripuladas consiste en las fotografías del territorio obtenidas en diferentes zonas del espectro óptico.

Los levantamientos fotográficos desde el cosmo, gracias a sus propiedades geométricas y corográficas, así como por su gran resolución espacial, presentan mayor aceptación que los levantamientos *scanner* y televisión en la resolución de tareas cartográficas. Es sabido que el resultado final de cualquier tipo de investigación de los recursos naturales es siempre un mapa, ya sea topográfico, tectónico, geobotánico o de suelos.

Por tanto, se importante que las fuentes de información utilizadas como base presenten los requisitos y la precisión requerida para estos trabajos.

Los levantamientos fotográficos desde el cosmos resultan particularmente ventajosos en la actualización de la planimetría de los mapas topográficos a escalas 1:500.000 a 1:100.000, e inclusive para la escala 1:50.000 en los casos en que no existan grandes contornos. Esto permite renunciar a los métodos tradicionales de actualización por derivación de las escalas mayores y reducir el ciclo de trabajo y, por consiguiente, los gastos en recursos aproximadamente en tres veces. La tecnología de actualización para cada región concreta y la organización de los trabajos se determina en base a un análisis de la calidad del mapa a actualizar y de los materiales del levantamiento cósmico, teniendo en consideración la cantidad y carácter de los cambios del terreno.

En calidad de base planimétrica y altimétrica durante la actualización o (confección) de mapas a partir de fotografías cósmicas se puden utilizar los puntos geodésicos, los puntos de densificación y los contornos estables y objetos locales que se destaquen por su nitidez en las fotografías. Las coordenadas de estos últimos se pueden tomar directamente de los mapas a escalas mayores.

Existen diferentes variantes tecnológicas para la actualización de mapas de acuerdo con las características específicas del terreno:

a) La confección de fotoplanos cuando la cantidad de cambios es considerablemente alta El fotoplano puede ser confeccionado por los métodos convencionales, pero teniendo en consideración los errores producidos por la curvatura terrestre y la refracción atmosférica;

b) La utilización de los equipos restituidores del tipo Wild A-9 cuando la cantidad de cambios es menor que en la variante anterior y las deformaciones de la imagen fotográfica a causa del relieve son considerables;

c) La utilización de proyectores topográficos del tipo UTP-22 cuando la cantidad de cambios y la influencia del relieve y la curvatura terrestre son moderados;

d) La utilización de copias en plástico transparente del mapa a actualizar y de fotografías cósmicas escaladas.

Cualquiera de las variantes tecnológicas mencionadas incluye la realización de trabajos preparatorios, trabajos de gabinete, investigación o reconocimiento de campo y preparación del mapa para la edición

La utilización de la información cósmica en el estudio de los recursos naturales no debe excluir la utilización de otros medios de obtención de información Es conveniente incluir todos estos medios en un sistema interrelacionado de obtención, envío, elaboración, conservación y utilización de los datos sobre los recursos naturales y el medio ambiente. Este sistema debe constar de: satélites artificiales; aviones-laboratorios; laboratorios terrestres móviles; polígonos experimentales, y un centro de procesamiento de la información.

La experiencia ha demostrado que los primeros experimentos en el campo del estudio de los recursos naturales deben realizarse dentro de los límites de polígonos experimentales con la utilización de aviones-laboratorios

En Cuba se cuenta con un avión-laboratorio AN-30 especialmente equipado para el estudio de los recursos naturales. Para territorios pequeños como nuestro país los aviones continúan siendo un instrumento efectivo para el modelaje de los sistemas y métodos del sondeo a distancia en un amplio diapasón de longitudes de ondas del espectro electromagnético En una serie de disciplinas, por ejemplo, en la geología, agricultura, cartografía y otras muchas, el avión se ha convertido en una parte inseparable del proceso de producción No es casual el hecho de que el avión se haya convertido en la primera plataforma aérea en los experimentos para la investigación de los recursos naturales de la Tierra. A esto ha contribuido el hecho de que la investigación de los objetos terrestres desde el espacio aerocósmico pueda realizarse a través de las "ventanas de transparencia de la atmósfera terrestre".

En el sistema de investigación de la Tierra por métodos aerocósmicos, el avión ocupa el segundo nivel. El primer nivel corresponde a los medios terrestres y a los métodos de mediciones y observaciones de contacto

Es evidente que el volumen de información que se genera en cualquiera de los tres niveles terrestre aerocósmicos supera las posibilidades de los medios técnicos de computación electrónica, por lo que resulta indispensable realizar el procesamiento de la información a través de computadoras electrónicas con dispositivos periféricos especiales, tales como: dispositivos de entrada de la información; acumuladores de información; dispositivos para la realización de la interacción entre el hombre y la máquina, y dispositivo para la entrada de la información en forma de fotorregistradores

Otras cuestiones de importancia son el aseguramiento teórico de los trabajos para la creación de los sistemas de procesamiento de la información, el aseguramiento matemático, la algoritmización de los procesos de las transformaciones geométricas y el descifrado de los objetos y procesos naturales.

Conclusiones

La utilización integral de la información aérea y cósmica ha demostrado su efectividad práctica en la resolución de diversas tareas de la economía nacional.

Se han obtenido resultados satisfactorios en la realización de tareas complejas, como ha sido la actualización y precisión de mapas a escalas medias sobre la base del equipamiento fotográfico y fotogramétrico convencional.

Partiendo del análisis de los levantamientos multiespectrales y espectrozonales ha sido posible realizar, con un gasto mínimo de recursos, toda una serie de trabajos científico-productivos como : precisión de los mapas de suelos; interpretación de macizos boscosos; interpretación de las formas geomorfológicas; determinación de las estructuras submarinas de la plataforma; determinación de lineamientos; estudios de zonación metalogénica; reconocimiento de los cultivos agrícolas y sus fases de desarrollo, e investigaciones hidrológicas.

Todos estos trabajos contribuyen notablemente al conocimiento más profundo de la naturaleza y sus recursos.

UTILIZATION OF SPACE PHOTO IMAGES FOR THE NATIONAL ECONOMY*

Paper presented by the Union of Soviet Socialist Republics

The space flight of Y. A. Gagarin, the first cosmonaut of the earth, was a historical event that initiated both the era of immediate space exploration and the age of our planet's inventory from orbital stations.

In August 1961 a space pilot of the USSR, G. S. Titov, first photographed the earth from space Since then methods and hardware for obtaining information about the earth from space have become more and more sophisticated with each space flight. After the launching of the multipurpose space ship Soyuz and the orbital station Salyut, investigations of our planet became versatile and many-sided.

In June 1970, the USSR space pilots A. G. Nickolaev and V. I. Sevastianov surveyed areas in the Caucasus, Central Asia, the Caspian Sea, Western Usturt and other areas. Sub-satellite experiments aimed at the development of space image interpretation were first carried out during that flight. The first space photomaps, scaled at

* The original text of this paper appeared as document E/CONF.71/L.59

1:1,000,000, were compiled from Soyuz-9 earth images by Soviet specialists; updating of the main features of the common geographical map of the Caspian lowlands performed later indicated a decrease in the water surface of the Kara-Bogaz-Gol Gulf of 7,000 km^2.

The flight of the spaceship Soyuz-12 was an important development in environmental and mapping activities. For the first time, specialized hardware for multispectral photo surveys was installed aboard a spaceship. The pilots, V. G. Lazarev and O. G. Makarov, performed surveys in six and nine bands of the electromagnetic radiation spectrum. The flight proved the efficiency of multispectral remote sensing for mapping, geological investigations, vegetation and soil studies and sea shoals, and for photo interpretation of natural features through their albedo. An experimental complex mapping was thereafter initiated, revealing oil- and gas-bearing structures, formerly unknown faults in the earth's crust, and desert regions with ground-water resources near the surface.

Orbital station Salyut-1 was equipped with various hardware for taking photo images of the earth, including those 180 × 180 mm in size.

Surveys in various scales performed by the crew—G. T. Dobrovolski, V. N. Volkov and V. I. Pacaev—resulted in conclusions on the need to utilize a complex of surveying tools with different parameters (scale, resolving on the ground and so on) for environmental studies and to clarify the effects of optical generalization for the identification of natural formations of various sizes and their spectral signatures.

Later, the flight programmes of all Soviet space missions included surveys for both experimental and practical purposes. Such surveys were successfully used to solve important economical problems. For example, by space images, obtained from Salyut-3 by P. R. Popovitch and Y. P. Artuhin, 67 new oil- and gas-bearing structures were located, including submerged ones. Numerous crossings of large faults were also found, thereby indicating promising localities for rare mineral prospecting.

Aboard the Salyut-4 orbital station were 12 photosensors of various types—stationary and portable, multispectral, wide-screened and small-framed. They included specialized space photo cameras, such as KATE-140 and the FMS. The KATE-140 was designed in the Central Research Institute of Geodesy, Air Survey and Cartography. Important scientific conclusions were based on studies of the results of FMS multispectral surveys from Salyut-4. Those became the foundation for the development of MKF-6 apparatus. A vast number of surveys for practical use were made by the wide-screen multipurpose camera KATE-140. That high-precision automatic surveying photo camera is equipped with a lens with a focal length of 140 mm, and its image size is 180 × 180 mm. Special optical devices fix the co-ordinates of an image's centre and allow one to take into account the degree of flatness of the sensitized film material used.

Arbitrary time intervals between photographs are feasible with the control device of the KATE-140, which photographs 200,000 km^2 of the earth's surface in one image. About 4.5 million km^2 of the southern USSR were covered by multispectral surveys and surveys of different scales, taken from on board Salyut-4. A number of regional photo-maps of the northern Caspian lowlands, Kirgizia, Tadzhikistan, Kalmykia and Crimea were compiled from those surveys.

The space pilots B. V. Volynov, V. M. Zholobov, V. V. Gorbatko and Y. N. Glazkov made complex observations of natural formations, using specialized optical sighting devices in addition to conventional photo surveys. The cosmonauts' observations of dynamic natural processes and natural phenomena, combined with the survey data, proved to be valuable material for monitoring the environment.

The flight of the Soyuz-22 spaceship was aimed at a multi-spectral survey of the earth's surface. The crew, V. F. Bykovski and V. V. Axenov, brought to the earth several thousand images of terrain and water surfaces in six spectral bands. The MKF-6 camera was used. It was designed jointly by specialists from the USSR and the German Democratic Republic, and made by the firm of Carl Zeiss Jena. The MKF-6 data are obtained within a waveband of 0.46 to 0.89 μm be setting special narrow-band light filters before the objective. The wavebands of the light filters do not overlap, and the camera's time-lock works simultaneously. The frame size is 81 × 56 mm. If the image is taken from an altitude of 250 km, it will cover about 19,000 km^2 of the earth's surface. The observation strip is 160 km wide. The data from the Soyuz-22 surveys are widely used in the USSR and the German Democratic Republic. Maps for various purposes were based upon them, and investigations in the fields of geology, agriculture, forestry, oceanography and so on were carried out.

Aboard the Salyut-6 orbital station, the programme of remote sensing was successfully continued. That programme was based upon requests of different organizations, and it included surveys by the KATE-140, the MKF-6 stationary apparatus, photographs taken by portable cameras, and a vast number of visual observations. Three main teams worked successfully aboard Salyut-6. They included: Y. V. Romanenko and G. M. Grechko (96 days); V. V. Kovalenok and A. S. Ivanchenko (140 days); and the visiting teams of space pilots consisting of V. A. Janibekov, O. G. Makarov, A. A. Gubarev and V. Remek (Czechoslovakia), P. I. Klimuk and M. Germaschevski (Poland), and V. F. Bykovski and Z. Ien (German Democratic Republic). About 28,000 photo shots were made. The crew of Liahov and Rumin successfully completed their space flight. According to the programme, a space flight by N. N. Rukavishnikov and G. I. Ivanov (Bulgaria) took place.

Scientific and practical problems of environmental monitoring by cosmonauts were developed aboard Salyut-6. The cosmonauts observed the activities of volcanoes, iceberg drifts in the oceans, the expansion of turbulent outflow of rivers into the seas, sandstorm dynamics, the beginnings of forest fires and so on.

The observations and surveys made of sea currents, for compiling hydrographic maps, were very interesting. It turned out that current and water turbulence, which are invisible from aircraft, and costly and labour-consuming to survey from ships, cannot only be easily traced from space but can also be recorded on special photo receivers. Underwater topographic surveying within shelf shoals is also feasible.

It is difficult to overestimate the value of such experiments. They are important for cartography, marine hydro-

physics, climatology, fishery and mineral prospecting on coastal shelves. All the information obtained from space is handed over to specialists in different branches of the national economy.

After preliminary processing on manned space stations, numerous tasks are being performed by space robots (automatic pilotless space apparatus). It is worth mentioning that many environmental and mapping problems are being solved with automatic satellites. Observations from satellites of the Meteor type are continually being made for meteorological purposes.

Multispectral space surveying for environmental studies is performed from satellites of the Cosmos type. For example, one survey from the Cosmos-1033 satellite provided a vast amount of data for mapping and natural resources exploration in the USSR. Professor E. K. Fedorov has estimated that in the Soviet Union the amount saved annually from the utilization of space data in the field of hydrometeorology alone is more than 900 million rubles.

A survey of the earth from space for mapping purposes has a number of valuable advantages over conventional methods of mapping and map-updating. One is the multipurpose character of the space image data, which can be utilized by all branches of the economy. Surveys from space can be the basis for topographic mapping, for the compilation of agricultural and forestry maps, geologic maps, maps of shoals in the seas and oceans, for an understanding of the dynamics of natural phenomena, and so on. This means that space image data form a unified as well as a technical base for the interpretation and mapping of various natural objects as phenomena in environmental interrelationships. That opens the way for sophisticated and complex mapping of terrain by compilation of interrelated maps of various content. As was pointed out above, such work was initiated on survey data from Soyuz-12.

At present complex mapping is no longer experimental. Image data obtained from both manned and automatic spacecraft are the basis for the production of complex mapping documents, covering vast terrains. Such documents allow us to estimate the natural potential of vast economic regions and terrains to be developed.

Here is an example. In 1911 in the Pamir Mountains there was an enormous landslide across the Murgab River. A natural dam 700 m high thus formed Sarez Lake. The lake contains 19 km^3 of fresh water. It was necessary to work out a many-sided solution of the Sarez Lake problem. Different ways of utilizing the water resources were considered: let it flow down into the Aral Sea to restore the disturbed water balance there; construct a hydroelectric station on the natural dam; irrigate the agricultural land, etc. To prepare the project documentation, complex information on the lake was needed. For that purpose thematic map series were compiled from space images. They characterized engineering geology, soil, quaternary deposits, tectonics, seismic and avalanche danger, vegetation cover and so on. The time required to compile the maps in such a remote and unaccessible locality was reduced five times, and expenditures were reduced more than 15 times. There are many such examples of complex utilization of remote sensing data.

The success of space remote sensing in mapping is based upon the properties described below. Space images cover such vast areas that no other single method can be compared with them. For example, from an orbital station the KATE-140 camera covers a strip 450 km wide. Therefore in small-scale mapping there is no need to process thousands of images, and labour productivity increases many times.

In fact, mappers implement the principle of automatic selection of the necessary information inherent in this type of survey, using a multispectral survey and selecting the images in certain spectral bands. For instance, the topography of shoals is seen in the visible parts of the spectrum; the noise of vegetative cover is weaker in the near-infra-red band. The structure of the earth's surface, traces of erosion, hydrography—all are clearly seen. In false-colour images, various types of forests, agricultural fields, minerals and other features are seen in different colours.

For optical generalization of information, surveys of different scales are used. If the scale and resolution become smaller, all small-sized objects vanish, but general interconnections are seen clearly, and large-sized objects are easily identified. This property makes possible distinctive automatization of mapping data selection, increasing the efficiency of map-making and the quality of maps. Moreover, orbital remote-sensing data yield new kinds of information on natural resources, features and structures of the earth's crust on a large—regional and global—scale which are not seen if conventional methods are used.

The geometrical properties of space images also simplify cartographic processing. In the orbital images the central projection becomes nearly orthogonal, thereby reducing errors due to topography. Thus rectification by zone becomes unnecessary.

One further and important advantage of remote sensing data for mapping purposes should be pointed out. If the system of remote sensing is properly organized, the data of a single area can be obtained in regular intervals at any given time of year or day. The comparison of images, obtained at different times and the repeated use of images makes it possible not only to update the maps, but also to trace dynamic developments in the environment, and alterations in objects, processes and phenomena in time. A system of remote sensing should become the basis for a new branch of cartography: space dynamic cartography.

Rapidly increasing human interference with the environment is commensurate with large-scale natural phenomena. Millions of tons of minerals are excavated, artificial reservoirs are built, steppes are transormed into oases, towns are built in taiga and tundra, pipelines and railways are constructed and so on. Nor must one forget the effect of continuous natural phenomena upon the environment—for instance, tectonics and the forces that change topographic and hydrographic features.

It is important to organize cartographic updating and the dynamic mapping of slowly developing natural phenomena. Space images can be a technical tool for doing so. It is expedient to carry out regular dynamic mapping in the scale 1:500,000 for the whole country, and for separate regions in the scales of 1:1,000,000 and 1:200,000. In the first stage it is necessary to compile inventory maps reflecting contemporary environmental conditions, and later, at certain time intervals, to produce dynamic

and forecasting maps. Forecasting maps can be an important source of information for national economic management. At present the space techniques described above offer new opportunities in the field of earth science.

REMOTE-SENSING POSSIBILITIES AND LIMITATIONS*

Paper presented by the Federal Republic of Germany

NEEDS AND CHALLENGES

How can we make use of the earth's natural resources in a far-sighted and non-destructive way? How can we find the balance between intensive cultivation of soils and conservation of the environment for future generations? How can we assess the man-made influences on the natural environment by activities such as urban, industrial, and land-use development? These questions are the concern of all nations, especially those in ecologically sensitive regions.

The natural environment has long been thought to contain almost unlimited and arbitrarily useable resources. Only in the last 10 or 20 years has man become aware that natural resources are limited and that his activities are changing the environment in ways that may be irreversible and in the long run dangerous for his own development. One can cite as examples desertification in sub-equatorial regions, deforestation in tropical zones, the pollution of open and coastal oceans and its secondary impact on human living conditions. Although today's technology and decision-making mechanisms provide *ad hoc* solutions for many of the present problems, we do not know what long-range impact even they may have on the environment. What can we do?

First of all, we need information; we need a complete picture of the natural environment and human activity. Then we can try to understand their interrelationship. And since the interrelationship is dynamic in nature, we need continually updated information and, therefore, monitoring systems to observe it.

Such knowledge is absolutely necessary if long-range planning and management of natural resources is to benefit all people, regardless of whether they belong to the producing or consuming part.

In vast regions of the earth, we still do not have enough knowledge about the state of our environment or the possibility to monitor the processes within it. One important tool for obtaining such knowledge is offered by remote sensing technology. Today remote sensing satellites can provide global and repetitive coverage of the earth's surface. Since lack of environmental information is greater, the less developed or accessible the area concerned, remote sensing has great potential usefulness for developing countries. Furthermore, most of those countries are situated in ecologically sensitive regions where information and monitoring requirements are even more urgent than elsewhere.

The present paper seeks to draw attention to the possibilities and limitations of remote sensing and to discuss possibilities for a stronger involvement in it on the part of developing countries.

CHARACTERISTICS AND CONSTRAINTS OF REMOTE SENSING SYSTEMS

Remote sensing is the science of deriving information about an object from measurements made at a distance from the object, without actually coming in contact with it. Our attention in the present paper is exclusively focused on systems that measure electromagnetic energy.

Early in this century image-oriented methods of aerial photography were used for surveying and mapping. With the development of large computers and the acquisition of earth observational data from earth-orbiting satellites numerically oriented methods came into use. They are used today mainly for economy and speed in extracting reliable information from the large amount of information available.

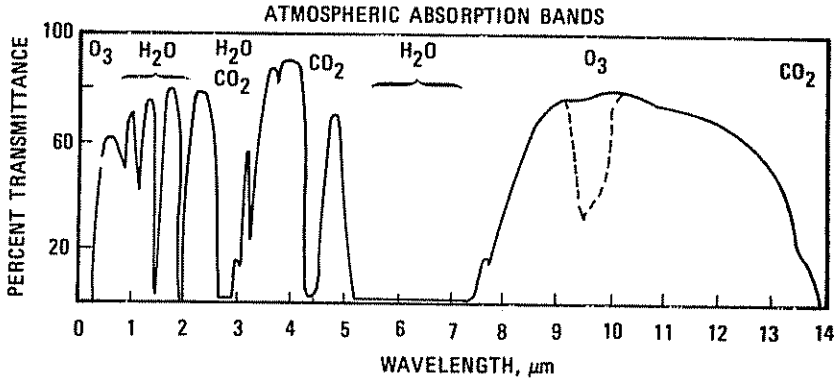
Information about the matter covering the earth's surface may be limited with respect to both spatial and spectral distributions of energy emanating from the scene and temporal variations of the area in question. Following the partitioning of the electromagnetic spectrum, the wavelengths of greatest interest to us in remote sensing are the optical wavelengths, which extend from 0.3 to 15.0 μm, subdivided into the visible (0.38-0.72 μm), near infrared (0.72-1.30 μm), middle infra-red (1.30-3.00 μm), and far infra-red (7.0-15.0 μm). The region between 0.38 and 3.0 μm is referred to as the "reflective"; from 7.0 to 15 μm as the "emissive" and "thermal" portion of the spectrum.

The data acquired from aircraft or spacecraft sensor platforms may be affected by the atmosphere between the sensor and the target and between the radiation source and the target in two ways: through scattering and absorption of energy. Figure 147 illustrates the amount of transmission versus wavelength for an atmospheric path. The peaks on the graph indicate atmospheric windows, where radiation has passed the atmosphere with relatively little attenuation. Those windows therefore can be used for remote sensing.

Much less affected by atmospheric influences are microwave sensors (radar). Owing to its quasi all-weather capability, radar is a very versatile tool for remote sensing in countries with heavy cloud cover. The images offered, however, are only transformations from the microwave part of the electromagnetic spectrum (wavelengths in the range of centimetres) to the visual. An interpretation with standard image analysis systems can therefore be made only with the utmost caution, since various physical properties of the target yield only an apparent image, the content of which is not accessible to the usual visual interpretation.

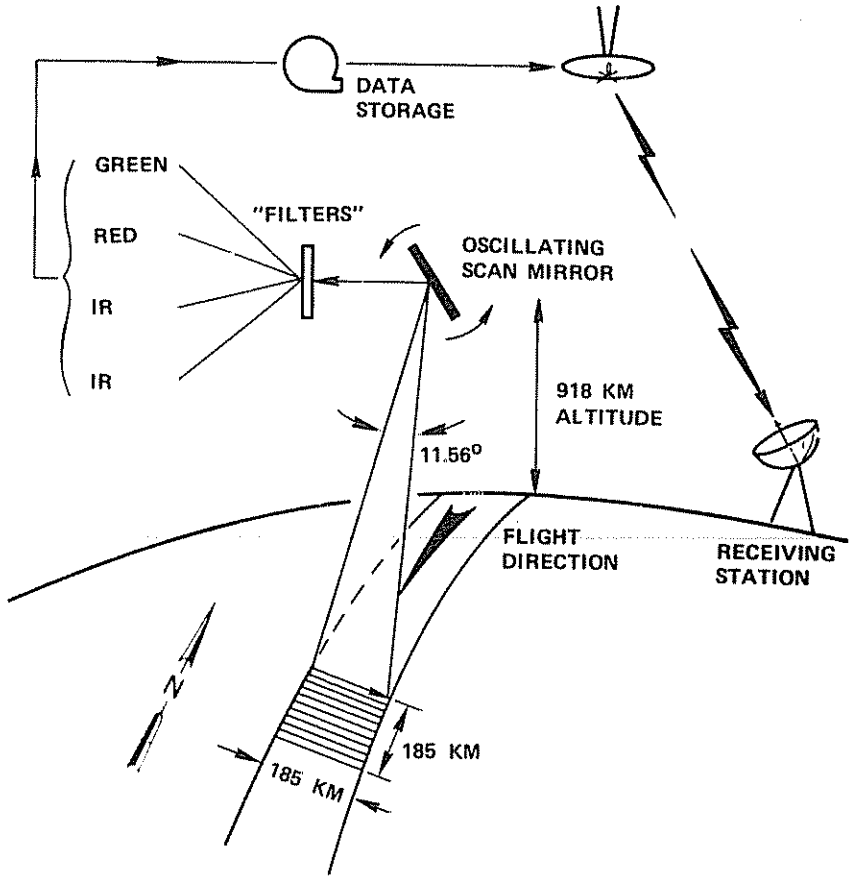
As a typical remote sensing system, Figure 148 shows the schematic information path of the widely used LANDSAT multispectral scanner. The three major components are: the earth's surface; the sensor; and the data-processing system. In a sun synchronous orbit of about

* The original text of this paper, prepared by H. Häberle, H. Sax and R. Winter, Aerospace Research Establishment of the Federal Republic of Germany, appeared as document E/CONF.71/L.65.



Source: Santa Barbara Research Center, 1975.

Figure 147. Federal Republic of Germany: transmission of energy through the atmosphere as a function of wavelength. Wavelength regions of high transmittance are atmospheric windows; gases responsible for absorption are noted.



Source: NASA, 1976

Figure 148. Federal Republic of Germany: remote sensing system including the LANDSAT multispectral scanner. (For each terrain scene, four images are transmitted to a receiving station.)

918 km in height, the satellite scans the earth's surface continuously, yielding scenes of regions 185 × 185 km in area. The three major characteristics of variation which convey information in remote sensing may be enumerated here:

(*a*) Spatial distribution: The actual ground resolution is about 80 m; there are plans for future satellite systems aiming at about 20 m.

(*b*) Spectral distribution: The multispectral scanners on-board LANDSAT satellites are designed to respond to earth-reflected sunlight in four spectral bands within the optical portion of the spectrum. (LANDSAT 3 has an additional band in the far infra-red.) Future systems may have a larger number of more narrow bands, thus allowing for a higher spectral selectivity of surface characteristics.

(*c*) Temporal variation: The LANDSAT satellite system needs 103 minutes for one cycle. After 18 days the whole earth's surface is covered. Through the means of a second satellite system, a recurrence period of nine days is made possible.

Active LANDSAT receiving stations are located in Brazil, Canada, Iran, Italy, Japan, Sweden and the United States of America. Additional stations are in preparation for Argentina, Australia and India.

Having discussed physics and data acquisition, this section may be finished with a short outline of the constraints of the last component of a remote sensing system: the image data processing. In that very important step the data become information. There are various possible approaches. The simplest involve univariate methods applied to single spectral bands of data (e.g., level slicing). Multivariate methods have been evaluated for the multiband case, where data from various spectral bands or other data features (boundaries, levels etc.) are utilized simultaneously (e.g., multispectral classification) or utilized sequentially in multiple univariate methods.

As far as actual image processing is concerned there are various uses of multispectral information, whereas shape, texture, and structure are still subject to research investigations. It is important to keep in mind that numerically oriented systems should not be considered automatic. Indeed, interactive participation in both preprocessing and analysis phases has proved in most cases to be indispensable for meeting the accuracy and cost constraints placed upon such systems. The information consumer is necessarily part of the overall system. This has an appreciable advantage, since the influence of user requirements is reflected throughout the system all way back to the design of the sensor in just the same way as the needs of the analysis algorithms. It is obvious that the overall system capability is limited—in addition to the previously discussed physical constraints—primarily by the quantity of data that can be transmitted, processed, and analysed and by the level of experience of the interpreting specialist.

Furthermore, it has to be emphasized that remote sensing data contain only primary information about the characteristics of the surface cover. Water can be penetrated to a certain depth by visible light, and soil or vegetation can be penetrated to a certain extent by microwaves. Insofar as those observable surface features are typical of certain subsurface characteristics, secondary information can be derived—e.g., on mineral deposits or even on soil covered by vegetation.

Nevertheless, remote sensing has proved able to provide a huge amount of valuable information which—particularly for less developed regions—is not available otherwise. Using selected examples, the following section will demonstrate the potential that remote sensing has in certain important areas.

Demonstration of possibilities, using selected examples of application

Land use

In a methodical study, land-use and land-cover information were extracted from LANDSAT image data coinciding with the region of Mannheim on sheet No. CC7110 (Mannheim) of the topographic map series 1:200,000 (5),(10).* One important part of the investigation was geometrical rectification. By means of control points, mapping functions were computed between the correct reference map and the distorted LANDSAT image. The r. m. s. error of the applied least squares method yielded about 60 m. Figure 133 is the false colour composite of two rectified and merged LANDSAT scenes which coincides with the overlay of transparencies of the topographic map.

In a next step a supervised maximum-likelihood classification (4) was applied, using more than 50 selected training areas based on aerial photographs for eight classes (see figure 135).

The verification of the accuracy was statistically evaluated by means of a pixel-by-pixel comparison of the classification results with visual photo interpretation (9). The accuracy obtained, between 50 and 90 per cent, depends on the class and the homogeneity of the areas under investigation. The final result has been a combination of a thematic map with land-use classes derived from LANDSAT data and information of topographic maps. Land-use inventories for communities and counties will be available as well. In developing countries that are difficult to reach, with large homogeneous land-cover, the LANDSAT-derived image data described above will be valuable and relatively low cost information (about $2 per km^2) for land-use inventory and regional planning.

Ecology

The investigations of causes of the increasing desertification of arid and semi-arid areas of the world are combined with the question of the influence of nomadism. There are two opposite points of view:

(*a*) The nomad is destroying his environment in an increasing way, and he has always done so.

(*b*) There has always been a balanced condition between the form of nomadic economy and the ecologic conditions; only the influence of modern technical developments of highly industrialized countries (aside from the climatic change in most of those regions) brought the system out of equilibrium.

For lack of long-term investigations of the nomads' influence on the biotopes concerned, these questions have not been answered yet. Ecologic ground truth and quan-

* Numbers in parentheses are keyed to the reference list.

titative analysis of grazing rates and food selection of herd members (goats and sheep) have been the basis for the analysis of large-scale satellite image data applied to a nomads' winter area in western Afghanistan (1).

Figure 149* shows a false colour composite of the total area under investigation derived from LANDSAT image data of 1 March 1977. The image has been geometrically corrected, taking into account the overscan and the earth's rotation. It has also been improved with respect to contrast and brightness. The centre of the scene is situated at a latitude of 33°06′N and a longitude of 62°25′E.

For two sections of the total scene a supervised multispectral maximum-likelihood classification has been applied, using data of training areas, which have been gathered *in situ* during a two-year term (figs. 150 and 151). For the areas within the polygonal courses, the percentage components and the absolute acreage of eight classes of surface cover (see figs. 150 and 151) have been evaluated. With the aid of ground truth data, the biomass (standing crop) and the gross primary productivity (GPP) could then be computed for the two areas under investigation.

In a further step the total scene has been classified and analysed in the same way (fig. 152). This last representation, however, has to be carefully considered. More accurate ground truth data would be necessary to ensure further conclusions.

Ecological studies, together with methods of the "automatic" satellite image analysis, however, could establish a basis for long-term investigations and trend forecasts. By means of a periodic control of threatened areas, such as the Sahel zone, using actual satellite image data, a drastic change of the biotopes could possibly be recognized in time to prepare counter-measures and to organize relief projects.

Hydrology

In the absence of topographic maps or aerial photographs, LANDSAT imagery was used to provide the required information about the hydrological situation of a rice scheme and its surrounding in the southern Sudan (7). Upon request of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) the following objectives had to be met by using multitemporal imagery during the flood seasons of 1972, 1975 and 1976: identification of the drainage network; seasonal aspects of stream flow and lateral floods; trends in change in the drainage sytem from 1972 through 1976; and data relevant to irrigation engineering and possible future extension of the present scheme.

For an automatic classification, there was not enough local information for the selection of adequate training sets. Among other image analysis techniques, the principal component transformation was applied for visual interpretation. Using this technique the information of all four spectral bands was compressed to three components without significant loss of information and was displayed as a false colour composite (figs. 153, 154 and 155). (The fourth component contained mainly noise.) The principal component transformation was chosen, among other reasons, due to the need for multitemporal analysis. The first principal component is least susceptible to seasonal changes and preserves the maximum amount of information for each date (fig. 156). For this reason a colour composite, composed of the first principal component of each of the three scenes analysed, defined a multitemporal colour composite which provided valuable data on static and dynamic terrain features of an irrigation scheme in a spatially complex area almost independent of seasonal fluctuations.

Soil science

Aside from lack of water, deflation and denudation, one of the most important problems is salinization in arid and semi-arid zones of the earth. In order to fight against the loss of fertile land, the threatened areas have to be recorded, investigated, and controlled. Satellite image data are especially suited, for the following reasons:

(*a*) The investigation and registration of large areas allow detailed understanding of the morphology of landscape and provide information on vegetation, hydrology, pedology, and the influence of man.

(*b*) The repetition of such observation of the same area enables seasonal comparisons and also change detection within larger periods (years).

(*c*) The selection of the most favourable season and relevant spectral bands for the best interpretation of salinization can lead to a meaningful automatic classification.

A research project has been designed (8) to determine the relevant feature combinations for a supervised classification of different degrees of salinization and the change in the course of years, applied to the Konya plateau in central Turkey (fig. 157).

Thermal mapping

All matter radiates energy at thermal infra-red wavelengths, both day and night. The ability to detect and record this thermal radiation in image form at night removes the cover of darkness. Aircraft thermal infra-red imagery as well as acquisition from satellites have been investigated for a large variety of applications.

In April 1978 the HCMM satellite (Heat Capacity Mapping Mission) was launched into a nearly sun-synchronous 620 km circular orbit, designed in particular to acquire imagery in the 10.5 to 12.5 μm band (resolution 0.6×0.6 km). The orbit chosen for HCMM results in a 16-day repeat cycle with crossing times in the mid latitudes of the Northern Hemisphere at 1:30 p.m. and 2:30 a.m.

Within the Tellus project the HCMM satellite image data will be used for soil moisture and heat budget evaluation in selected European zones of agricultural and environmental interest. One contribution by the Federal Republic of Germany will investigate which typical surface features visible in the thermal map describe the natural and cultural landscape regions. The study will possibly lead to a deeper understanding of soil moisture and heat budget (2),(3).

Figure 158 shows a section of a HCMM image of 30 May 1978 at 2.13 GMT. The scene has been geometrically corrected by means of 50 control points and transformed into Gauss-Krüger co-ordinates. The calibration is preliminary, displaying temperatures from 2°C to 8°C in steps of 1°C following the colours from blue to dark red. The visible structures in the thermal map have

*See figures 149-159 in the map supplement.

been generated mainly by the relief, the pattern of settlements, and the forest distribution. The man-made thermal distribution of the earth's surface is to be seen within images of this relatively rough scale in the different temperatures of wooded and non-wooded areas and in the heat-islands of large towns such as Mannheim-Ludwigshafen and Karlsruhe.

As a first attempt of combining HCMM and LANDSAT imagery, figure 159 displays the thermal map of figure 158 for only those areas classified as city, mixed urban or built-up land and shown in figure 135. This allows:

(*a*) Comparison of surface temperatures of similar towns in different locations;

(*b*) A rough classification of agglomerations of large cities;

(*c*) A statistical analysis of the surface temperature field within any single land-use class.

Because of the relatively poor resolution of HCMM, the value of this information for European applications will be limited, whereas more significance can be expected for larger homogeneous areas. In the latter case it should be possible to extract valuable information on soil moisture from the data.

Radar imagery

Radar applications for remote sensing are in a very early state of development. Within the first Spacelab mission in 1981, the first European Microwave Remote Sensing Experiment (MRSE) will be launched into space. This microwave instrumentation effort has been undertaken by DFVLR in order to gather microwave data on land and water surfaces. From those data, information can be extracted on directional sea wave spectra and the state of land surfaces. A Side-Looking Airborne Radar (SLAR) is currently in operation on board an appropriate DFVLR-aircraft (6), acquiring imagery of selected land surfaces (fig. 160). Additional multispectral image data and ground-truth radar data will help us to understand microwave backscattering by various surfaces.

So far, the only radar data available from space are those of the SEASAT 1 satellite, which had unfortunately a short lifetime of 106 days. Its Synthetic Aperture Radar (SAR) with a resolution of 25 m, for example, was recording data on 53 passes. Figure 161 gives an image of SEASAT SAR data of Niagara Falls on 20 September 1978.

Meteorology

The METEOSAT geostationary satellite has been in operation since November 1977. It is part of the five satellite observing system around the globe for continuously monitoring planetary weather. METEOSAT has been placed at zero longitude above Africa, and records every half hour the earth's disk as visible from that position.

This first world weather experiment has essentially three main objectives:

(*a*) To record the earth's surface and its cloud cover with radiometers;

(*b*) To retransmit the preprocessed images and weather data to the users;

(*c*) To collect the data from automatic measurement platforms on the ground.



Figure 160. Federal Republic of Germany: airborne radar imagery of an agriculturally used area (with marked fields, of which the image data have been compared with ground-truth data. Edge length ≈ 2 km.)

METEOSAT is a spinning spacecraft which scans the covered surface of the earth line by line, once per revolution. The most prominent instrument on board is the radiometer, which records images of the earth within three spectral bands (figs. 162-164): the visible channel (0.4-1.1 μm); the water vapour channel (5.7-7.1 μm); and the thermal infra-red channel (10.5-12.5 μmm). The ground resolution varies from 2.5 to 10 km. The most novel capability is given by the water vapour channel (see also fig. 147) which provides a record of the water vapour distribution in the upper and mid troposphere (5-9 km), thus achieving dynamic information of the vertical motions of ascending or plunging air in the large-scale depression and anticyclone systems of atmospheric circulation.

Routine operations and scientific use include image sectorization, evaluation of wind vectors from the apparent cloud motions or water vapour structures, and determination of cloud heights according to their temperature. The mounting of image sequences enables the user to pursue dynamic processes in the atmosphere or daily changes of components of the radiation balance. Likewise it is possible to monitor the surface temperature in areas with few ground stations, especially over oceans.

The most valuable benefit for all countries within the reach of this satellite system, however, will be the evaluation of synoptic weather charts and the improvement of weather prediction. There is, furthermore, information on cloud cover, yielding estimates on rainfall and with this, possibly crop production.

Technology Transfer for Development

An attempt has been made in the present paper to identify the potential benefits of remote sensing. Those would be incomplete without a discussion of at least a few pro-

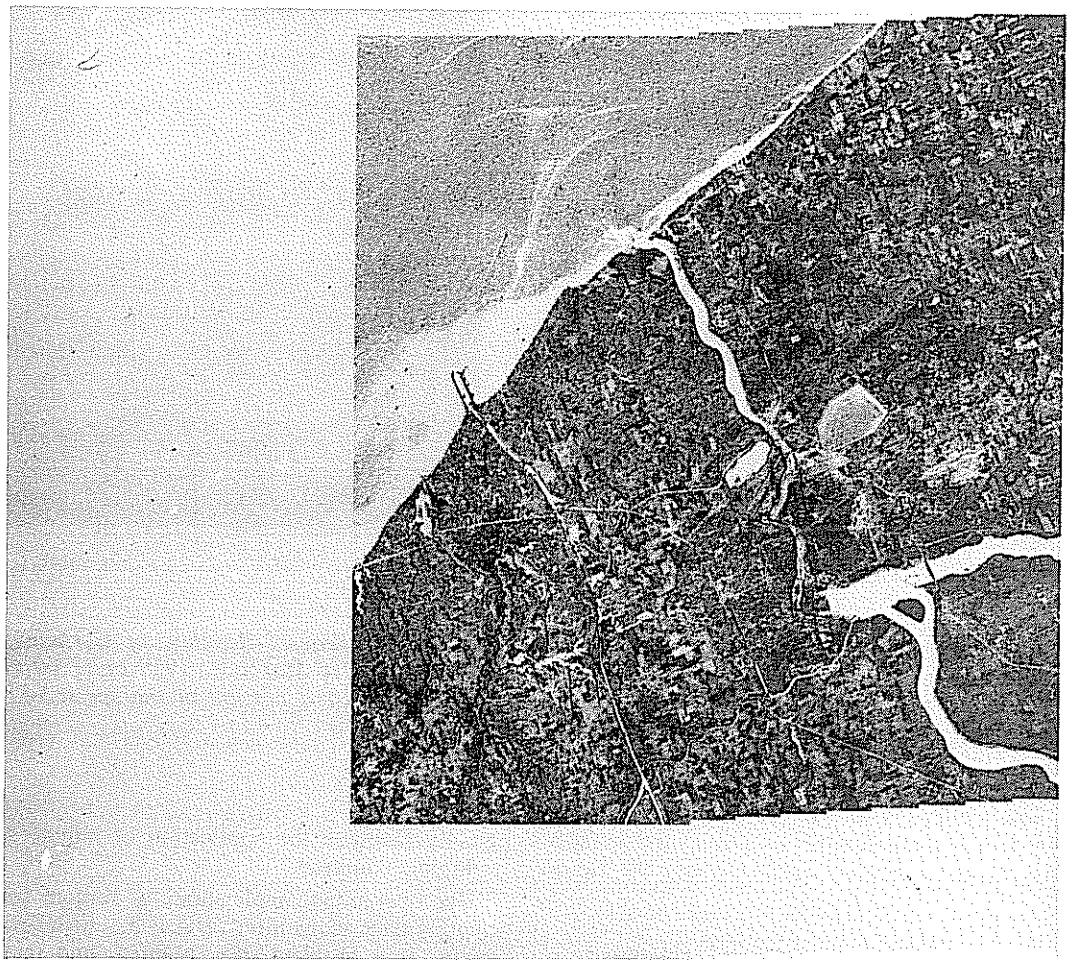


Figure 161. Federal Republic of Germany: SEASAT SAR satellite imagery from the area of Niagara Falls on 20 September 1978 (The ground resolution amounts to about 25 km. Edge length ≃ 37,5 km)

grammatic aspects of the transfer of that technology for purposes of development.

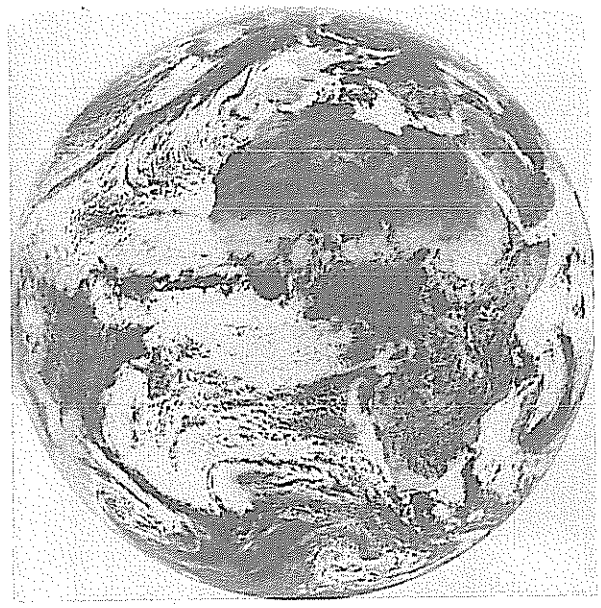
Any technology gains its value through its application. Remote sensing from space represents a technology that is applicable on a global basis. However, there are some prerequisites to such application:

Since remote sensing is still in an experimental rather than operational state, research efforts have to be strengthened to develop the methodology for application. This requires close co-operation between scientists, engineers and users, especially developing countries.

Activities within the United Nations system are of great importance, in particular technical assistance in the field of remote sensing, which is provided to many development aid projects. Training programmes have been and still are being performed, and a suggestion was made recently to establish a kind of catalogue of the latest results achieved in applications of remote sensing, with particular emphasis on problems of developing countries.

As far as the Federal Republic of Germany is concerned, co-operation is supported through the framework of a large number of bilateral agreements between research establishments in developing countries and in the Federal Republic of Germany—the counterpart for remote sensing being the Aerospace Research Establishment (DFVLR) at Cologne (Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt). In addition, the Government of the Federal Republic of Germany is willing to incorporate remote sensing into development aid projects whenever feasible.

The access to remote sensing satellite data has to be assured on a non-discriminatory basis. This is one of the most important issues under discussion within the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. Although this is primarily a political problem, it also involves a number of technical problems, such as standardization of data formats, processing, archiving and dissemination procedures etc , the solution of which would



Figures 162, 163 and 164. Federal Republic of Germany. METEOSAT image data of March 7, 1978 at 12.00 GMT recorded in the visible portion of the spectrum (The ground resolution amounts to about 4.5 km at subsatellite point. The METEOSAT geostationary satellite has been placed at zero longitude (Greenwich) above the equator and is part of a world-wide weather programme with a total number of seven meteorological satellites in geostationary orbits around the equator)

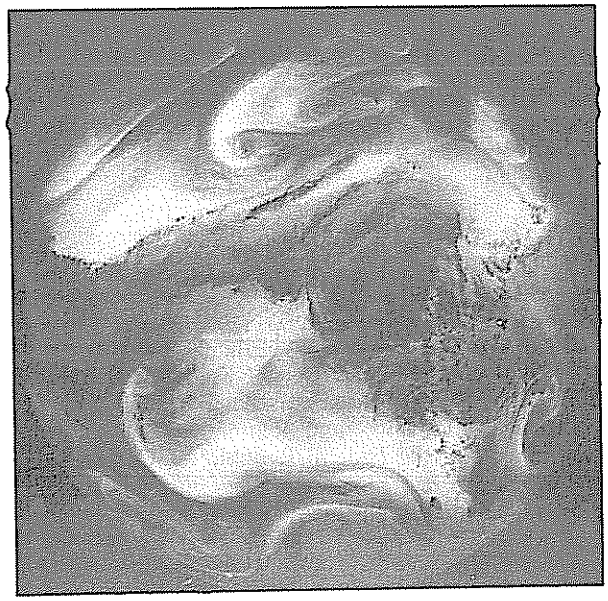


Figure 163. Federal Republic of Germany. METEOSAT image data of March 7, 1978 at 12.00 GMT recorded in the water vapour portion of the spectrum.

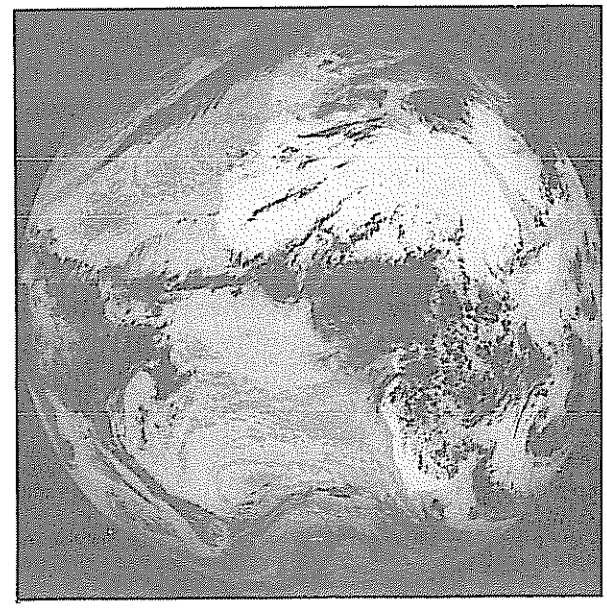


Figure 164. Federal Republic of Germany. METEOSAT image data of March 7, 1978 at 12.00 GMT recorded in the infra-red portion of the spectrum.

greatly facilitate the application of remote sensing in developing countries.

For operational applications of remote sensing, a continuous data acquisition service has to be provided. This, again, is a problem of a political and technical nature. The Government of the Federal Republic of Germany would like to see the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space discuss the political and programmatic aspects of the matter. The technical problem is mainly due to the fact that at present remote sensing satellite systems do not provide sufficient resolution and all-weather capability. Whereas the next generation of remote sensing satellites in the early 1980s will probably meet the resolution requirements in the optical bands, it is to be expected that all-weather capability cannot be provided before the late 1980s.

This is one of the reasons why particular emphasis within the space programme of the Federal Republic of Germany is put on the development of active microwave remote sensing. DFVLR is conducting a research programme which aims at the development of a combined optical and microwave sensor system on a European remote sensing satellite in the late 1980s. Experimental sensors such as a radar, a multispectral scanner and a precision photographic camera system will be flown and tested on Spacelab missions beginning in 1981. Data from those experiments will be made available to users outside the Federal Republic of Germany and Europe to assure as broad as possible user involvement. More than 100 users from about 30 countries registered for the first two experiments on board the first Spacelab mission in 1981, which are the only officially announced experiments.

Finally, it should be noted that DFVLR, as the national remote sensing research centre and the national archiving and distribution centre for remote sensing satellite data, is

prepared to continue and increase its dialogue and co-operation with partner organizations in developing countries with the particular aim of developing remote sensing applications.

Remote sensing is not only a promising technology, applicable and useful globally, but it is also a challenging technology which calls for close international co-operation. It cannot be developed to an operational state in scientific laboratories; it must have the direct involvement of the users, including and especially those in developing countries.

REFERENCES

1 Casimir, M. J., R. Winter *and* B. Glatzer. Nomadism and remote sensing: animal husbandry and the sage-brush community in a nomads' winter area in western Afghanistan. In preparation, 1979.

2 Gossmann, H. The thermal behaviour of natural and cultural landscape regions in southern Federal Republic of Germany as derived from satellite imagery. In preparation. 1979.

3 Gossmann, H. *and* P. Haberäker. Image processing HCMM-satellite thermal images for superposition with other satellite imagery and topographic and thematic maps. In preparation. 1979.

4 Haberäker, P. Untersuchung zur Klassifizierung multispektraler Bilddaten aus der Fernerkundung. DLR Forschungsberichte 77-72, 1977.

5 Computation of a data structure for a topographic map using multispectral LANDSAT scenes. *By* P. Haberäcker *and others*. Proceedings of the Thirteenth Symposium on Remote Sensing of the Environment, Ann Arbor, Michigan. April 1979.

6 Schlude, F. Ein Experimental-Radargerät zur Erdbeobachtung vom Flugzeug aus. *Bildmessung and Luftbildwesen* 4, 1978.

7 Spiers, B. *and* P. Nowak. Digital processing of LANDSAT imagery relating to development of a rice scheme, southern Sudan. Draft, project SUD 73/001, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1977.

8 Thies, A. *and* R. Winter. Investigations of salinization in the Konya plateau of central Turkey, using satellite image data. In preparation. 1980.

9 Winter, R. Statistische Beurteilung von Klassifizierungsergebnissen. DFVLR internal report. 1978.

10 Auswertung von Satellitenaufnahmen für die Landnutzung. *By* P. Haberäcker *and others*. Schriftenreihe *Raumordnung* des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen and Städtebau. Bonn 1980.

MAPAS TEMATICOS: CARTOGRAFIA GEOCIENTIFICA PARA EL INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES*

Documento presentado por Guatemala

PRESENTACIÓN

La dinámica de la superficie de la Tierra, consecuencia de fenómenos naturales algunas veces y otras de la acción del hombre, puede ser representada cartográficamente para contribuir a una mejor comprensión de un ambiente complejo, en ocasiones frágil y sobre todo reducido por la presión de una población creciente en número y necesidades.

El adelanto tecnológico en materia de cartografía temática y el desarrollo de sistemas de obtención periódica, análisis y procesamiento de datos de sensores remotos desde aéronaves y satélites, permiten obtener información confiable y oportuna acerca de los recursos naturales, la cual es indispensable para determinar el uso óptimo y prever la conservación de los mismos. De esta manera, los estudios geográficos apoyados por la tecnología contribuyen a mejorar la calidad de vida de la humanidad.

El Instituto Geográfico Nacional de Guatemala ha incorporado el uso de los datos de los sensores remotos de los satélites LANDSAT como parte de la metodología de estudio del territorio nacional y para la preparación de mapas temáticos. Los resultados obtenidos, por el momento de carácter experimental, son satisfactorios y constituyen una excelente perspectiva para considerar la instalación de un sistema operacional que resuelva la demanda de información actualizada, básica para el inventario de los recursos naturales y la planificación del desarrollo regional.

CONSIDERACIONES GENERALES

Los recursos naturales

Se ha definido como recurso natural todo aquello que existe en la naturaleza y que el humano puede aprovechar en su beneficio. En este sentido, para que un sistema natural pueda ser utilizado por el hombre es necesario que éste tenga acceso al mismo. La humanidad, a través de experiencias y con un costo ecológico y social que algunas veces ha sido muy elevado, ha aprendido también que puede hacer uso de los recursos de la naturaleza, únicamente sobre la base de un respeto bioético hacia los mismos. Todo esto supone un conocimiento objetivo de la cantidad y calidad de los recursos y una mejor comprensión del comportamiento ambiental.

El objetivo del aprovechamiento de los recursos de la tierra es el bienestar del hombre, quien se sirve de ellos para satisfacer sus derechos biológicos y espirituales: alimento, vestido, habitación, salud, seguridad, recreación, cultura y todo aquello que contribuya a su desarrollo integral. Habida cuenta que el hombre juega un papel central en el uso y conservación de su legado terrestre, la mejor comprensión de la problemática ambiental y de los recursos comprende también el conocimiento del comportamiento social.

La información básica

Han sido desarrollados varios métodos para llevar a cabo el inventario de los recursos naturales. En cada caso los especialistas determinan los parámetros que identifican al recurso en cuestión y los relacionan con las variables que directa o indirectamente afectan su aprovechamiento óptimo.

Para lograr la planificación del desarrollo regional, sobre la base de los principios anteriormente expuestos, se ha reconocido la necesidad de contar con información bá-

* El texto original de esta monografía, preparado por Carlos P. Lemmerhofer A., División de Estudios Geográficos, Instituto Geográfico Nacional, se publicó como documento E/CONF.71/L.77.

sica, es decir, con datos suficientes y confiables acerca del potencial y disponibilidad de los recursos existentes en la región. Para que la información básica sea útil deberá ser de tal calidad que permita ser utilizada para elaborar proyectos para el desarrollo integral de la región y tomar decisiones inmediatas tendientes a usar, mejorar y conservar los recursos

En la tarea de realizar el inventario de los recursos y estudiar el comportamiento ambiental, la cartografía ha jugado un papel trascendental a través de la historia humana. Modernamente el conocimiento geocientífico plasmado en mapas temáticos contribuye a lograr los objetivos del desarrollo. El apoyo de la tecnología permite contar cada día con más y mejor información básica y obtenerla en el momento oportuno

El panorama de la cartografía es tan extenso como la Tierra misma; sin embargo, por razones de órden práctico, la función de los institutos geográficos se circunscribe a la preparación de aquellos elementos de base para proveer a los especialistas de muy variadas disciplinas, de la información necesaria para continuar los estudios específicos de su propio campo de acción. La demanda de los datos básicos mencionados es cada día mayor y exige la utilización de una metodología que permita mantener al día la información requerida

La tecnología

La percepción remota o teledetección, conceptualizada como un sistema de obtención de datos que comprende plataformas espaciales, aéreas y terrestres, varios tipos de sensores y el procesamiento, análisis, interpretación y presentación de información multidisciplinaria, constituye la herramienta más valiosa con que se puede contar para la preparación de los mapas temáticos

Percepción remota es el proceso de obtener datos de objetos sin entrar en contacto con ellos. Así, el ojo humano y las cámaras fotográficas son ejemplos de sensores remotos. Los sensores miden la energía electromagnética reflejada, dispersada o emitida por los objetos que la reciben del sol.

El objetivo principal de la percepción remota es reconocer las características espectrales, espaciales y temporales de los objetos que reflejan o emiten valores de energía distintos en diferentes longitudes de onda. La energía puede medirse con los sensores remotos en diferentes porciones del espectro electromagnético. Por ejemplo, nuestros ojos detectan la energía reflejada en el espectro visible; las cámaras fotográficas pueden registrar la energía reflejada en la porción visible y en el infrarrojo cercano si se usan películas con emulciones sensibilizadas para tal propósito.

Existen muchos tipos de sistemas de sensores que pueden ser utilizados en percepción remota. Los sistemas fotográficos son los más comunes; sin embargo, las películas son sensibles únicamente a la energía de una porción limitada del espectro electromagnético y no permiten obtener información acerca de las características termales de la superficie terrestre. Los rastreadores multiespectrales opticomecánicos (*Multi-Spectral Scanner*-MSS) son capaces de obtener datos tanto en la porción visible como en la termal del espectro electromagnético (0,3-15 μm)

Los datos de sensores remotos pueden obtenerse desde diferentes plataformas; las más comúnmente utilizadas son las aéronaves, y, a partir de 1972, los satélites tecnológicos han proporcionado una visión de la Tierra como nunca antes se había logrado.

El primer satélite tecnológico para la observación de los recursos terrestres, ERTS-1, actualmente denominado LANDSAT-1, fue lanzado al espacio el 23 de julio de 1972. LANDSAT-2 fue puesto en órbita el 22 de enero de 1975. Desde el 5 de marzo de 1978 se encuentra en operación LANDSAT-3 y para 1981 se espera contar con los datos que proporcionará LANDSAT-D. Los satélites LANDSAT tienen una órbita circular, casi polar, a más de 900 km sobre la superficie terrestre y circundan la Tierra cada 103 minutos, aproximadamente 14 veces por día. De esta manera cada LANDSAT cubre el globo terráqueo cada 18 días en forma repetitiva.

Los satélites, LANDSAT tienen tres sistemas de adquisición de datos:

1) Un rastreador multiespectral (MSS);

2) Una cámara vidicon de haz de retorno (RBV), o sistema de televisión;

3) Un sistema de colección de datos.

El MSS es el sistema principal y obtiene datos en escenas de 185 km por lado, en cuatro bandas espectrales, en las porciones visible e infrarrojo cercano del espectro electromagnético. Estas bandas son:

Canal 1 (Banda 4): 0,5 a 9,6 μm, (verde)

Canal 2 (Banda 5): 0,6 a 0,7 μm, (rojo)

Canal 3 (Banda 6): 0,7 a 0,8 μm, (cercano infrarrojo)

Canal 4 (Banda 7): 0,8 a 1,1 μm, (cercano infrarrojo)

Los datos del MSS de LANDSAT se pueden obtener como representaciones pictóricas (imágenes) y en forma digital como cintas compatibles de computadora (computer compatible tapes-CCT). Las CCT son procesadas para obtener el formato adecuado para ser utilizadas para el procesamiento posterior por medio de sistemas de análisis digital apoyado por computadora.

Las CCT contienen los datos de todos los elementos de resolución (pixel) correspondientes a una escena. Los datos están registrados en un sistema de coordenadas por líneas y columnas. Para el caso de LANDSAT-2, una escena está compuesta de 2.340 líneas por 3.256 columnas; es decir, aproximadamente 7,6 millones de elementos de resolución. Cada elemento de resolución tiene 60 m por 80 m; es decir, aproximadamente 0,5 ha.

Aplicaciones

Interpretación visual de datos LANDSAT

Los especialistas de los diferentes campos de estudio de los recursos terrestres han encontrado en el uso de fotografías aéreas y datos de sensores remotos las más diversas aplicaciones. A manera de ejemplo, se presenta en la figura 165* la reproducción de una imagen obtenida por el MSS del satélite LANDSAT-2. Este tipo de producto ha sido de gran utilidad para llevar a cabo una clasificación de cobertura de la Tierra sobre la base de la interpretación de patrones de uso y ocupación del espacio. Dicha clasificación se encuentra en proceso y deberá realizarse periódicamente con el fin de contar con datos básicos para analizar la evolución de la cobertura terrestre a través del tiempo.

* Véase el sobre al final del documento

Los diferentes tipos de productos fotográficos de los datos de los satélites LANDSAT pueden obtenerse del EROS Data Center en formatos correspondientes a varias escalas de presentación. A partir de estos productos es posible llevar a cabo estudios e interpretaciones para la representación de mapas temáticos a escala 1:250.000 en forma confiable. Las características más sobresalientes del sistema son las siguientes:

Toma periódica de datos: Pueden obtenerse escenas de LANDSAT cada nueve días. Esto aumenta las probabilidades de contar con escenas libres de nubes a lo largo del año, permite analizar la evolución de la cobertura terrestre y de esta manera contar con los datos necesarios para formular modelos de proyección.

Análisis multiespectral: Los sensores de LANDSAT proporcionan datos de la energía reflejada en diferentes longitudes de onda electromagnética. Esto permite el análisis de rúbricas espectrales que contribuye notablemente a mejorar la interpretación de las clases de cobertura terrestre.

Visión de conjunto: Cada escena de LANDSAT cubre una superficie de 34.225 km^2 (18.5 × 185 km). Diez escenas de LANDSAT cubren el territorio de Guatemala proporcionando una visión instantánea de conjunto. Esto permite realizar evaluaciones generales que dan en forma objetiva una idea de la distribución y magnitud relativa de los recursos naturales y problemas ambientales.

Resolución espectral: El sensor principal de LANDSAT opera en cuatro bandas[1] espectrales, dos de ellas en la porción visible y dos en la infrarroja cercana del espectro electromagnético. Cada banda puede registrar pequeñas variaciones de reflectancia relativa, lo cual permite diferenciar clases espectrales no reconocibles a simple vista.

Bajo costo: La obtención periódica de datos básicos desde satélites representa una pequeña inversión para los usuarios, sobre todo si se toma en cuenta que no han tenido que cubrir los costos más significativos como poner en órbita un satélite, la construcción de los sensores montados a bordo y de los sistemas de telemetría, procesamiento de cintas compatibles de computadora e imágenes. Además, la experiencia desarrollada a través de varios años de investigación puede estar al alcance del usuario a un costo accesible.

Avance tecnológico: En el presente, los sistemas desarrollados dan solución a muchos de los problemas relacionados con la información acerca de los sistemas naturales; sin embargo, la rapidez con que avanza la tecnología, constituye una promesa para un futuro cada día más cercano. Por ejemplo, para 1981 se espera contar con LANDSAT-D, que tendrá a bordo un nuevo sensor, el mapeador temático (*thematic mapper*), con una resolución espacial de 0,1 ha (30 × 30 m). De igual manera, los sistemas de análisis son mejorados cada día para satisfacer las necesidades de un mayor número de usuarios.

Análisis digital, apoyado por computadora

Durante los meses de marzo a julio de 1978, especialistas centroamericanos participaron en un programa de adiestramiento en servicio en el Laboratorio para Aplicaciones de Sensores Remotos (LARS) de Purdue University. El programa fue desarrollado como parte del convenio de asistencia técnica ATN/SF-1550-RE entre el Banco Interamericano de Desarrollo y las Repúblicas de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Esta fase comprendió varias actividades ligadas al programa de científicos visitantes de LARS y tuvo, como objetivo final, el estudio detallado de un área de aproximadamente 320,000 ha por país, realizado por los participantes de cada uno de ellos.

En la figura 166* se presentan los resultados de la clasificación final en una fracción del área de estudio de Guatemala. Cada símbolo representa una "clase espectral" asociada a una clase natural de cobertura. La clasificación obtenida por el sistema LARSYS desarrollado por LARS, ha sido sobrepuesta a un mapa topográfico a escala 1:50.000 existente. En este ejemplo es interesante hacer notar la diferencia entre el agua profunda (W) y el agua turbia (−), así como las clase (Z) correspondiente al bosque salado de Mangle (Rhizophora mangle). La clase ($) corresponde al agua poco profunda y áreas anegadas.

A manera de la figura 168* se presenta en este trabajo la edición experimental de un mapa de cobertura básica de la Tierra, a escala 1:50.000. El objetivo de este ensayo es demostrar la posibilidad de preparar, a través de una composición cartográfica, mapas cuyo contenido temático, por evolucionar rapidamente, su presentación requiere una metodología, además de confiable, expedita.

Seguidamente se describe la metodología empleada para obtener la clasificación de cobertura básica por medio del análisis digital de datos LANDSAT.

Los datos del MSS de LANDSAT pueden obtenerse como representaciones pictóricas (imágenes) y en forma digital como cintas compatibles de computadora. Las cintas de LANDSAT son pre-procesadas para ser utilizadas en el sistema de computación electrónica de LARS. El sistema desarrollado por los científicos de LARS se denomina LARSYS y comprende el preprocesamiento, procesamiento, análisis e interpretación de datos numéricos obtenidos con sensores remotos.

LARSYS es un sistema interactivo entre el analista y los datos procesados por computadora, en el cual el analista toma las decisiones lógicas para obtener una clasificación óptima y dispone de los procesadores de LARSYS para manejar la información numérica y relacionar ésta con los datos de referencia y su conocimiento del área de estudio. De esta manera, el procedimiento puede variar de un analista a otro, lo que dependerá, en parte, de los objetivos fijados con anterioridad al estudio y de las características intrínsecas del terreno.

El resultado del procesamiento y análisis de los datos de sensores remotos de LANDSAT por medio del sistema LARSYS fue en mapa de cobertura de clases espectrales. Las clases espectrales obtenidas fueron cuantificadas, se obtuvo su localización espacial que corresponde, desde luego, a clases naturales; es decir, a elementos de la superficie terrestre como los suelos, el agua y la vegetación. El mapa producido puede ser utilizado por diferentes usuarios e interpretado para los fines que cumplan sus propios objetivos; por lo tanto, la información así obtenida no es una información final, sino que constituye la base para un análisis posterior.

Los criterios para la selección de las áreas de estudio obedecieron a razones técnicas, estrechamente relacionadas al logro de los objetivos del programa de adiestra-

[1] El LANDSAT-3 lleva una quinta banda espectral que opera en la región termal infrarroja (10. 4-12. 6 μm)

miento Por este motivo, se escogieron áreas que llenaran, en buena parte, las siguientes características:

a) Disponibilidad de escenas de LANDSAT de la mejor calidad;

b) Disponibilidad de suficientes datos de referencia: fotografías aéreas, mapas topográficos, mapas temáticos e información de campo;

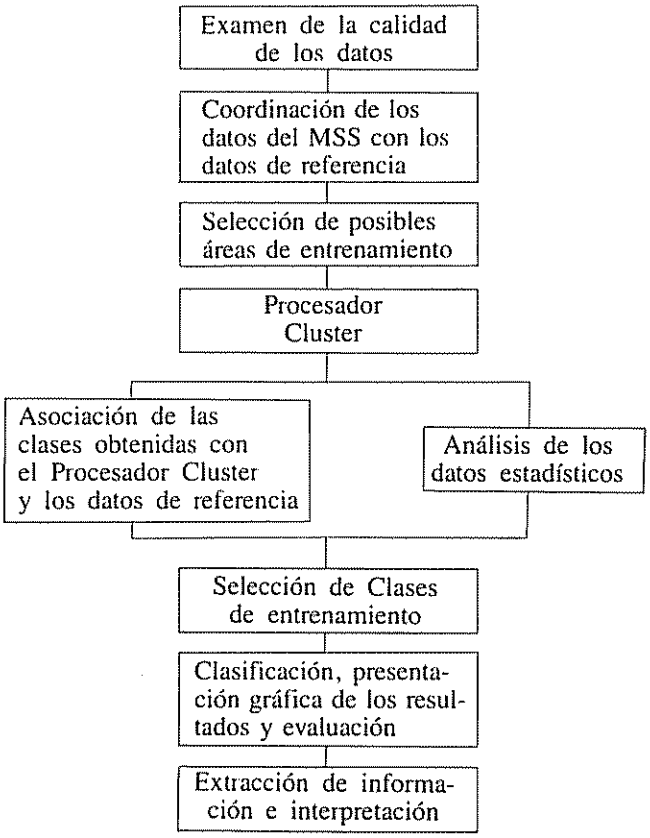
c) Facilidad de acceso;

d) Posibilidad de existencia de miradores naturales;

e) Existencia de cobertura de la tierra representativa de las áreas de mayor interés del país, por ejemplo: agua, suelo, cultivos y recursos forestales

La secuencia del procedimiento para la aplicación de la metodología empleada se resume en el siguiente diagrama:

Procedimiento general de análisis con el sistema LARSYS



Examen de la calidad de los datos

Una vez que se ha determinado el área de interés y han sido establecidos los objetivos del estudio, es conveniente examinar la calidad de los datos disponibles Para el caso del presente estudio fueron inspeccionadas las imágenes existentes y se tomaron en cuenta los factores que pudieran influir en la calidad del trabajo a realizar Los factores cualitativos determinantes para escoger la escena de LANDSAT más apropiados fueron: cobertura de nubes, bruma y humo, fecha de los datos, características de la cobertura vegetal del terreno en la época de toma de datos, disponibilidad de la CCT de LANDSAT correspondiente a la escena y calidad de los datos contenidos en la CCT de LANDSAT. De acuerdo con el código establecido por el centro EROS la calidad se fijó en 8-8-8-8

Coordinación de los datos del MSS con los datos de referencia

Como paso previo al análisis se interpretó la imagen de LANDSAT a escala 1:250.000 en falso color, correspondiente a la escena que contiene el área de estudio. Se identificaron las clases naturales dentro de un nivel general de detalle con el fin de establecer los criterios para la selección de 10 a 15 áreas de aproximadamente 30 km^2 de las cuales debería hacerse un análisis detallado por medio de las fotografías aéreas existentes, así como visitas al campo y revisión de la información adicional disponible Un procedimiento general para obtener los datos de referencia puede enumerarse de la siguiente manera:

a) Análisis visual e interpretación de la imagen, en falso color, a escala 1:250.000 de LANDSAT. El nivel de detalle es suficiente llevarlo a la determinación de los siguientes elementos: áreas urbanas, tierras agrícolas, praderas, tierras forestales, agua, áreas húmedas y suelos descubiertos;

b) Selección de áreas homogéneas y representativas del área de estudio;

c) Reconocimiento de campo;

d) Toma de fotografías de campo en puntos relevantes del terreno;

e) Revisión de la cartografía general y temática existente para toda el área de estudio

Es importante señalar que el analista debe contar con toda la documentación de los puntos antes mencionados durante la etapa de análisis numérico Las fotografías aéreas seleccionadas son indispensables para obtener una óptima clasificación y, de preferencia, se requiere que sean de una fecha de toma lo más próxima a la de la imagen LANDSAT que se utiliza o al menos, de la misma estación anual

Selección de posibles áreas de entrenamiento

En el sistema LARSYS se utilizan los datos de muestras obtenidas en áreas distribuidas en la zona de estudio para extrapolar la información a la superficie completa del área a estudiar

La selección de las áreas de entrenamiento que servirán para obtener las muestras de clases espectrales es una de las decisiones más importantes que debe tomar el analista, ya que de ella depende obtener los datos correctos para las clases de entrenamiento que servirán para clasificar el área completa de estudio

El procedimiento y los criterios más importantes para seleccionar las áreas de entrenamiento en la zona de estudio son:

a) A partir de la imagen en falso color, a escala 1:250.000 de LANDSAT, se escogieron áreas que en total representan alrededor del 15% de la superficie del área de estudio;

b) Cada área debe contener de cinco a ocho clases espectrales definidas en la imagen a escala 1:250.000, de ellas al menos tres se repiten en las otras áreas seleccionadas;

c) Dentro de una misma área se incluyen clases espectralmente homogéneas;

d) Los campos incluidos en cada área tienen dimensiones que permiten su identificación en las representaciones gráficas de los procesadores correspondientes;

e) Para cada área existe la mayor cantidad posible de datos de referencia.

Para determinar la ubicación exacta por líneas y columnas de las áreas de entrenamiento, así como para determinar la calidad de los datos de LANDSAT, es muy útil contar con una representación gráfica que se obtiene con el procesador Pictureprint.

Con el procesador Pictureprint se calcula, para un área determinada, la distribución de frecuencia de los valores de respuesta de cada elemento de resolución, se construye un histograma para los datos de cada canal y se divide el área del histograma en (n) niveles de respuesta, considerados como suficientes para mostrar, con caracteres alfanuméricos, una representación gráfica de los valores de respuesta relativa ya mencionados.

La comparación de la representación gráfica para cada canal da además una idea muy objetiva de cuáles son los objetos naturales mejor contrastados en cada uno. Por ejemplo, en el canal 2 (banda 5) la vegetación, en el canal 4 (banda 7) el agua, y en el canal 3 (banda 6) cuando existen, son fáciles de identificar los problemas de "ruido" y líneas malas inherentes al sistema de adquisición de datos, que para el caso presente es el MSS de LANDSAT.

Procesador Cluster

Cuando han sido seleccionadas las áreas de entrenamiento se procede, por medio del procesador Cluster, a obtener grupos de datos que están distribuidos conforme a una estructura natural.

Para el caso de LANDSAT, los datos de cada punto (pixel) corresponden a valores relativos de respuesta en cuatro dimensiones o canales.

Para utilizar el procesador Cluster, el analista determina las líneas y columnas que definen el área de entrenamiento y el número de "grupos" en que desea distribuir los datos. De esta manera se obtienen los datos estadísticos, promedio y desviación estándar para cada "grupo".

Asociación de las clases obtenidas con el procesador Cluster y los datos de referencia

A partir de este punto, el analista necesita la mayor cantidad posible de información acerca de las áreas de entrenamiento.

Se compara la distribución espacial obtenida en la representación gráfica del procesador Cluster con las fotografías aéreas y de esta forma se relacionan las clases espectrales con las clases informacionales o elementos naturales de la superficie terrestre.

La identificación de las clases espectrales en las fotografías aéreas es indispensable para poder tomar decisiones respecto a las clases de entrenamiento que proporcionarán una clasificación óptima.

Para cada área de entrenamiento el procedimiento es similar.

Análisis de los datos estadísticos y selección de clases de entrenamiento

El analista dispone de las más variadas herramientas para realizar esta actividad. La forma de emplearlas y la metodología seguida varían de uno a otro y, por lo tanto, no puede establecerse un patrón único a seguir.

En el caso del estudio de Guatemala se obtuvieron 12 clases espectrales en cada una de las 14 áreas de entrenamiento; es decir, que en total se manejaron los datos de 168 clases. Para poder manipular esta gran cantidad de información se localizaron las clases obtenidas para cada área de entrenamiento en un espacio espectral bidimensional (*bi-spectral plot*), en el cual se grafican los promedios de los datos de los canales 1 y 2 (visible) y los del 3 y 4 (infrarrojo). Este gráfico se obtiene por medio del procesador Mergestatistics de Larsysxp.

El procesador Mergestatistics permite también incluir, desechar y combinar los datos de las clases espectrales. Ya que resulta poco práctico analizar más de 30 clases en un solo gráfico, se incluyeron las clases por sectores del espacio espectral. De esta manera fueron seleccionadas aquellas clases que podrían dar la mejor clasificación. Un criterio muy importante para la selección de clases de entrenamiento es la separabilidad entre clases espectrales.

Las clases espectrales pueden estar asociadas a las clases informacionales o elementos naturales de la superficie terrestre, de tres maneras:

a) Una clase espectral a una clase informacional;

b) Dos o más clases espectrales corresponden a una clase informacional;

c) Una clase espectral corresponde a dos o más clases informacionales.

En los dos primeros casos la clasificación cumple con los objetivos del estudio. En el último caso no es posible establecer la diferencia entre clases porque espectralmente son similares.

El procesador Separability provee información muy valiosa para determinar la separabilidad entre clases.

Clasificación

En este punto, el analista ha decidido acerca de las clases de entrenamiento que se utilizarán para la clasificación de toda el área de estudio.

El procesador Classifypoints clasifica los datos, punto por punto a la vez, en clases definidas por las estadísticas de entrenamiento. La regla de decisión corresponde a la máxima probabilidad de clasificación correcta (*maximum likelihood classification rule*). Los datos de cada punto a ser clasificados son comparados con todos los de las clases de entrenamiento y el punto se asigna a la clase más probable.

Presentación de la información

La forma de salida de la computadora es un listado de símbolos alfá-numéricos. Sin embargo, los datos quedan almacenados en una cinta magnética y pueden ser procesados para obtener las clases de cobertura, conforme a un código de colores. En la figura 167* se muestra un ejemplo de esta codificación, la cual ha sido sobrepuesta a un mapa topográfico a escala 1:50.000 existente.

Las clases naturales asociadas a la clasificación presentada son las siguientes: 1) Agua; 2) Suelo limpio; 3) Cultivos vigorosos, principalmente caña de azúcar; 4) Cubierta forestal; 5) Agua poco profunda y suelos muy húmedos; 6) Suelo; 7) Cultivos vigorosos, principalmente caña de azúcar; 8) Suelo limpio; 9) Suelo; 10) Forestal; 11) Arbustos y pastos; 12) Cultivos; 13) Forestal

Conclusiones y recomendaciones

Como consecuencia de las actividades desarrolladas hasta la fecha, existe en Guatemala un alto grado de interés por las posibilidades que ofrece la tecnología para obtener información por medio de sensores remotos.

La preparación de mapas temáticos a través de la interpretación visual, a escala 1:250 000 de los datos de sensores remotos de LANDSAT, es una técnica posible de utilizar en nuestro medio, debido a que ya existe un número adecuado de técnicos que conocen el sistema, especialmente en el campo del uso y cobertura de la Tierra. La información obtenida periódicamente de esta manera puede constituir la base para identificar áreas y proyectos cuyo estudio detallado se considere prioritario.

En un futuro, y desde un punto de vista técnico, el sistema LARSYS, de análisis numérico apoyado por computadora, podría ser instalado en Guatemala, ya sea en Centro de Computación propio, o bien por medio de terminales conectadas por un sistema de microonda a un núcleo central instalado en algún sitio de la región centroamericana. Debido a que LARSYS ha sido diseñado para operar en la computadora de LARS, sería necesario contar con una computadora similar en cuanto a capacidad y sistema operativo y, en algunos casos, adecuar los programas para que operen en otra computadora. Como esto tomaría algún tiempo, parece ser que la oportunidad más cercana de utilizar el sistema, sería a través de proyectos demostrativos y adiestramiento en servicio con la participación de LARS.

Conclusiones

1. La experiencia obtenida hasta la fecha, la existencia de algunas facilidades técnicas y la capacidad de los técnicos nacionales permitirían el desarrollo de programas para el aprovechamiento óptimo de los sistemas de sensores remotos en Guatemala.

2. La información obtenida periódicamente mediante la interpretación visual de los datos de sensores remotos de los satélites LANDSAT puede, además de proporcionar una evaluación general actualizada acerca de los recursos naturales, servir de base para identificar áreas y proyectos cuyo estudio detallado se considere prioritario.

3. La periodicidad en la obtención de datos de LANDSAT permite el estudio de la evolución de la cobertura terrestre y otros cambios multitemporales. Además, debido a esta característica de LANDSAT, se incrementa la probabilidad de obtener durante el año escenas libres de nubes.

4. Los resultados obtenidos de la clasificación de áreas de estudio representativas de Centroamérica prueban que el análisis de datos multiespectrales de LANDSAT por medio del sistema LARSYS es factible de aplicar en ecosistemas propios de la region.

5. El sistema LARSYS está diseñado para analizar datos multiespectrales, multitemporales y otros datos que puedan digitalizarse; por ejemplo: variables socioeconómicas, características físicas del terreno (topografía, pendiente, orientación de las pendientes), etc. Por lo antes mencionado, puede tomarse como base la información de LANDSAT y registrar numéricamente en ésta los datos de otras variables. De esta forma se obtendría un sistema de información integrada.

6. LARSYS es un sistema interactivo entre el analista y los datos procesados por computadora en el cual el analista toma las decisiones lógicas para obtener una clasificación óptima. Sobre esta base, el recurso humano es la componente principal del sistema y de su capacidad dependerá la calidad del estudio.

Recomendaciones

1. Aprovechar la capacidad existente en los países de la región para desarrollar programas en los cuales se considere útil el aprovechamiento óptimo de los sistemas de sensores remotos.

2. Evaluar periódicamente la cobertura del territorio mediante la interpretación visual de los datos LANDSAT.

3. Obtener periódicamente los datos de LANDSAT.

4. Utilizar el sistema LARSYS para el análisis de datos multiespectrales de LANDSAT para el estudio y evaluación de áreas de interés específico del territorio nacional.

5. Utilizar el sistema LARSYS y los datos de LANDSAT como base para un sistema de información integrada.

6. Continuar los programas de cooperación técnica y mantener en ellos la componente fundamental de la formación de recursos humanos.

AGENDA ITEM 9

Thematic and small-scale mapping:

(b) *Small-scale mapping (including the International Map of the World on the Millionth Scale (IMW), the International Civil Aviation Organization (ICAO) and other international map series)*

MINIMUM SAFE ALTITUDE WARNING SYSTEM*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

Le Bureau de cartographie aéronautique du Service océanographique national s'est engagé à certifier les données relatives au terrain et aux obstacles qui sont utilisées dans le système automatisé d'alerte en cas de vol au-dessous de l'altitude minimale de sécurité de la Federal Aviation Administration (FAA). Ce nouveau système est en cours d'installation dans certains aéroports des Etats-Unis d'Amérique. Il alertera le contrôleur de la circulation aérienne si un aéronef descend au-dessous de l'altitude de sécurité prescrite pour une zone déterminée. Le document présente les aspects suivants du processus élaboré par le service océanographique pour la mise en place du système : description du système; normes applicables; analyse des données concernant le terrain et les obstacles; vérification en vol du système; et matériel livrable à la FAA.

RESUMEN

La Oficina de Cartografía y Preparación de Cartas Aeronáuticas de la Dirección Nacional de Levantamientos Oceánicos está dedicada a la certificación de datos sobre el terreno y obstáculos utilizados por el Sistema Automatizado de Advertencia de Altura Mínima Segura de la Administración Federal de Aviación. El sistema es un nuevo servicio que se está instalando en aeropuertos seleccionados de los Estados Unidos de América. Transmitirá una señal de alerta al inspector de tránsito aéreo si una aeronave desciende por debajo de la altura segura para una región dada. El documento se referirá a los siguientes procesos de aplicación elaborados por la Dirección Nacional de Levantamientos Oceánicos para el sistema: descripción del sistema; requisitos del sistema; análisis de datos sobre el terreno y los obstáculos; equipo de verificación de vuelos del sistema, y datos transmisibles a la Administración Federal de Aviación.

The National Ocean Survey (NOS) is committed to providing certified terrain and obstacle data required by the Federal Aviation Administration (FAA) to operate the Minimum Safe Altitude Warning (MSAW) System. NOS deliverables in support of MSAW are terrain and obstacle values for each four-square nautical-mile grid covering an area 60 × 60 nautical miles centred on the location of the Automated Radar Terminal System (ARTS).

MSAW is designed to provide a warning to aircraft operating at an unsafe altitude. The system detects, tracks and predicts positions of aircraft targets for the air traffic controller who, in turn, alerts the aircraft. MSAW capability is at present available at 76 airports and is expected to be expanded to 100 airports by 1984.

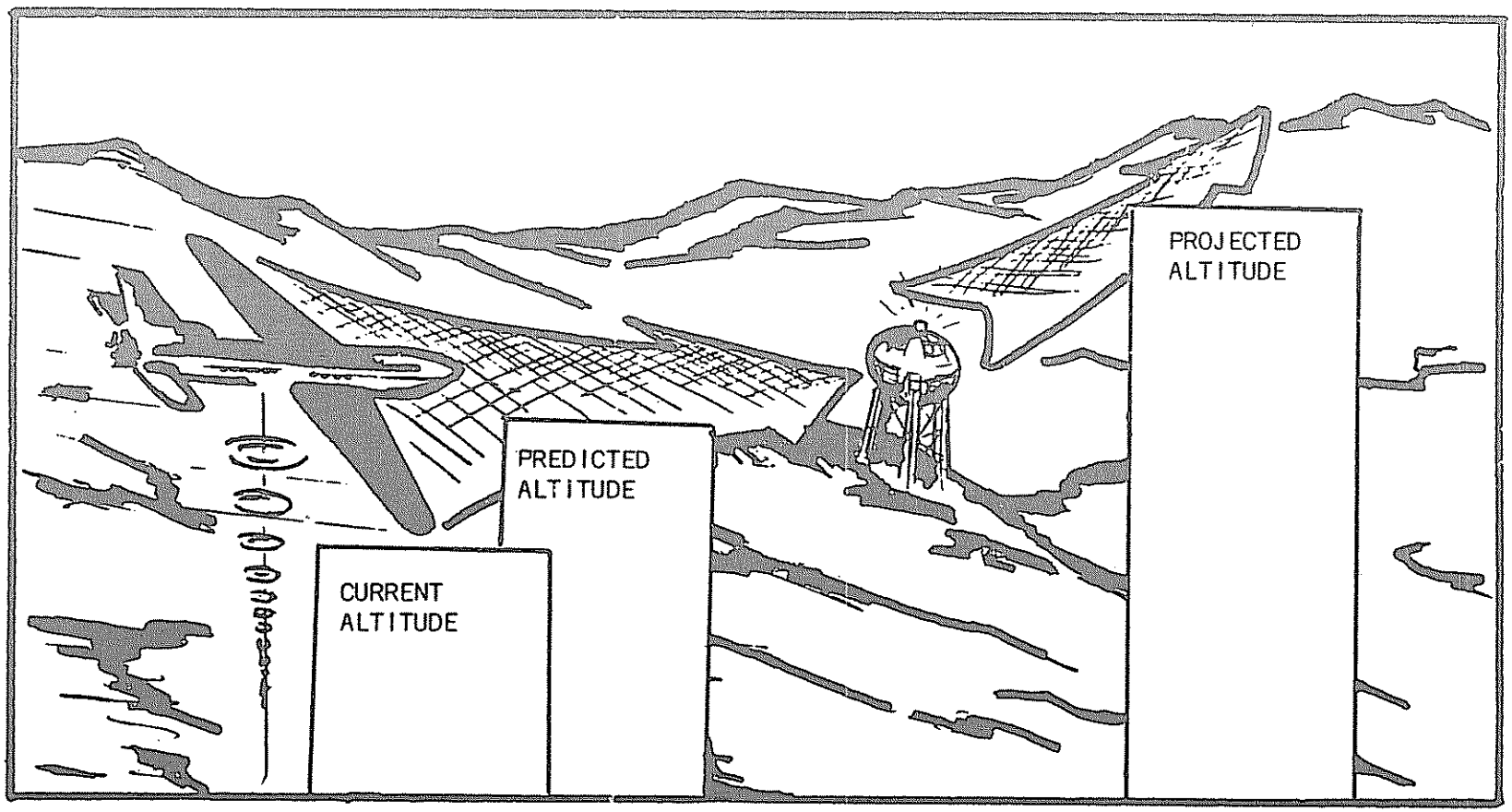
SYSTEMS DESCRIPTION

The MSAW system involves computerized tracking of aircraft and continuous comparing of their position with the predetermined safe altitude for a given area. Whenever the aircraft descends below that altitude or is projected to do so—should the current flight path continue—the words "LOW ALT" flash on the radarscope over the data-tag identifying the aircraft, and a warning buzzer is sounded alerting the controller, who immediately assesses the situation, and, if necessary, radios a warning to the pilot: "Low altitude alert. Check your altitude immediately."

General terrain monitoring service of MSAW takes three factors into consideration: the aircraft's current altitude; the predicted altitude for the next 30 seconds; the projected altitude for the next eight minutes. The ARTS computer compares the "current" Mode C altitude of an aircraft against the minimum safe altitude established for the bin. The "predict" determines where the aircraft will be in 30 seconds if its path is not altered. Regardless of the aircraft's level, or whether it is descending or climbing, the programme determines if the flight path is 300 feet or less above the grid bin. A final or "projected" altitude check is made along a projected 5-degree climb to determine if the aircraft will be 300 feet or less above any bin along its projected path during the next 8 minutes of flight (see fig. 169).

Three radar contacts and three Mode C transmissions are required to establish a definite course or altitude change. The MSAW computer requires about 10 seconds to react to abrupt aircraft manœuvres. Thus, MSAW may react too late when an aircraft manoeuvres quickly; abrupt

* The original text of this paper, prepared by W. J. Chappas, Associate Director, Office of Aeronautical Charting and Cartography, National Ocean Survey, appeared as document E/CONF.71/L.16.



Source: FAA *General Aviation News*

Figure 169. United States of America: Minimum Safe Altitude Warning System: General Terrain/Obstacle Monitoring Service

manoeuvres do not allow the controller time to issue low-altitude alerts to pilots for corrective action. The MSAW system does not issue alerts when an aircraft's projected path is outside of a bin containing a hazardous obstruction and the aircraft makes an abrupt rapid turn towards a bin with a hazardous obstruction or when an aircraft operating at a safe altitude, just above a predetermined minimum safe altitude, makes an abrupt descent.

In support of the MSAW system, NOS reviews and certifies terrain/obstruction elevations for an artificial grid mathematically superimposed over an ARTS III terminal area. The MSAW grid is centred at a Surveillance Radar (ASR) facility and aligned approximately to magnetic north. The grid is a square 128 miles on a side, with subdivisions every 2 miles. The subdivisions are referred to as "bins" with column (x) zero, row (y) zero beginning at the south-west corner of the grid. Each bin within 60 NM of the radar has a mean sea-level altitude assigned to it which represents the highest elevation found in the bin (see figs. 170 and 171).

System requirements: elevation and positional data

NOS has responsibility for fulfilling the various MSAW system requirements for general terrain/obstacle monitoring and airport approach path monitoring. NOS agreed to satisfy the following specific MSAW requirements:

(*a*) To review, update and certify MSAW data generated by the FAA;

(*b*) To determine and certify the horizontal and vertical positions of all obstacles or terrain potentially hazardous to aircraft approaches within 60 NM of MSAW equipped terminals;

(*c*) To acquire and certify MSAW elevation and positional data for airports where inadequate map sources exist;

(*d*) To develop a long-term programme to upgrade the quality and accuracy of MSAW data requirements.

When implemented, the NOS data base will satisfy the requirement to review and certify obstruction, elevation and positional data.

NOS is actively engaged in the development of digital data bases to support its geodesy, hydrography and cartography programmes. The agency has long recognized that its manually recorded files and analog data must be converted to a digitized format in order to meet the demands of its users and to be more responsive to its chart production requirements. Plans have been formulated and programmes are under way to develop centralized data bases especially formatted to provide appropriate accessibility to satisfy unique requirements of a variety of users. Aeronautical data is essential to all users of the National Aviation System, including civil and military users, and to the air traffic controllers who manage the system and expedite safe and efficient flight of passengers and cargo.[1]

In the meantime, NSAW data is being stored on magnetic tape and punch cards for easy conversion to a centralized data base. When implemented, the data base will allow a cartographer to gain access to and manipulate the data with a higher degree of confidence, accuracy and timeliness.

Terrain data collection and analysis

Hazards, natural and man-made, must be carefully analysed and evaluated before being certified for inclusion in the MSAW data. The cartographer uses manual and automated procedures for terrain data analysis (see fig. 172).

Reference tables. FAA generates conversion tables for positioning the MSAW grid (bin overlay) on to 7.5 arc-minute quadrangles or other cartographic reference materials. Reference tables list the *x* and *y* co-ordinates for each quadrangle corner utilized on the MSAW grid. Also supplied are the ASR position and the desired grid declination. All those items are certified before use in the data collection effort.

MSAW project office. The project office is responsible for planning, co-ordinating, controlling and scheduling; fiscal management; and reporting on operational problems to users and participating agencies.

Source data acquisition. Quadrangles needed for the MSAW terminal area are identified by plotting a 60-NM radius on to a 1:1,000,000 USGS topographic index. USGS quadrangles (approximately 300 maps) within the 60-NM radius on the USGS index are secured for terrain data collection and analysis. Source material, other than 7.5-minute quadrangles not carrying the United States National Map Accuracy Standards Note are annotated; a statistical analysis for determining the standard error is performed later.

Terrain/obstacle master bin overlay creation. The grid is plotted, registered and aligned to magnetic north with respect to the ASR geographic co-ordinates. To facilitate analysis, the cartographer lists the following data on worksheets: United States National Map Accuracy Standards Note; *x* and *y* co-ordinates of the map source sheet corners obtained from the FAA reference tables; latitude/longitude of the four sheet corners; and elevations of the highest terrain in each bin listed on the worksheet. All data are transferred from the worksheets as they are reviewed to the master overlay.

Terrain error analysis. Normally, charts and maps published by United States Government agencies quote accuracies in terms of 90 per cent probability (90 per cent assurance). Map sources used for MSAW compilation are consistent with the United States National Map Accuracy Standards (NMAS) used for United States domestic mapping. When NMAS data are not available, source map accuracy is established by sampling techniques and evaluations based on investigations by the National Geodetic Survey or USGS.

Review and automated source data creation. When all discrepancies are resolved, data listed on worksheets are keypunched. Data cards containing elevation values and bin identifications are utilized in the automated terrain data edit step (see fig. 173). Obstacles 200 feet or higher within a 60 NM radius of the ASR are extracted from the data base. Obstacle and terrain data are merged automatically, and computer-generated plots at scales of 1:250,000 and 1:500,000 and associated listings are obtained for product review. The highest minimum safe altitudes are compared with the maximum elevation figure values on the NOS Terminal Area and Sectional charts.

[1] Walter J. Chappas, "National Ocean Survey's cartographic data base forecasts", *Proceedings of the American Congress on Surveying and Mapping. Thirty-eighth Meeting* (Washington, D.C., 1978), p. 285.

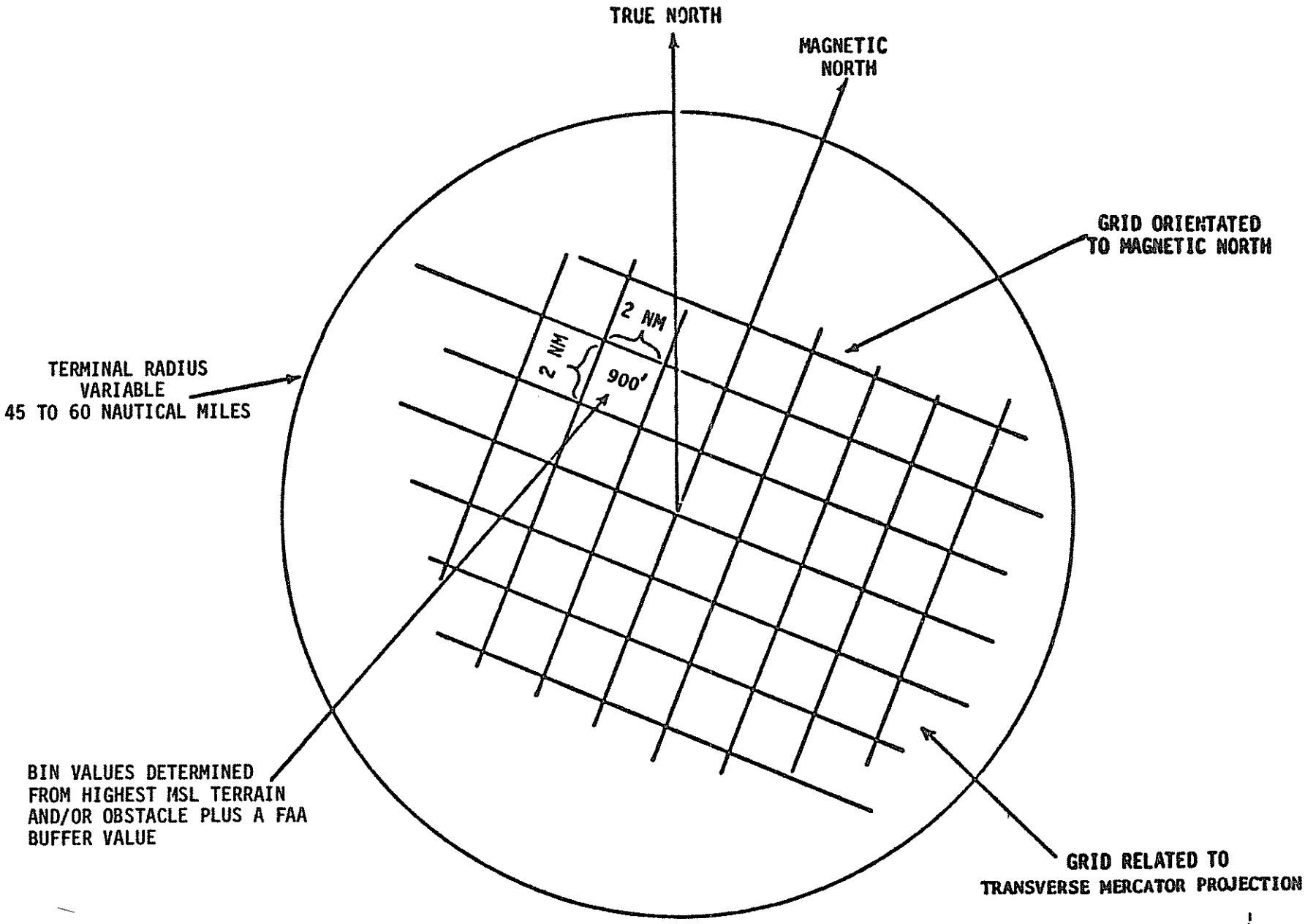


Figure 170. United States of America: artificial grid mathematically superimposed on an Automated Radar Terminal System

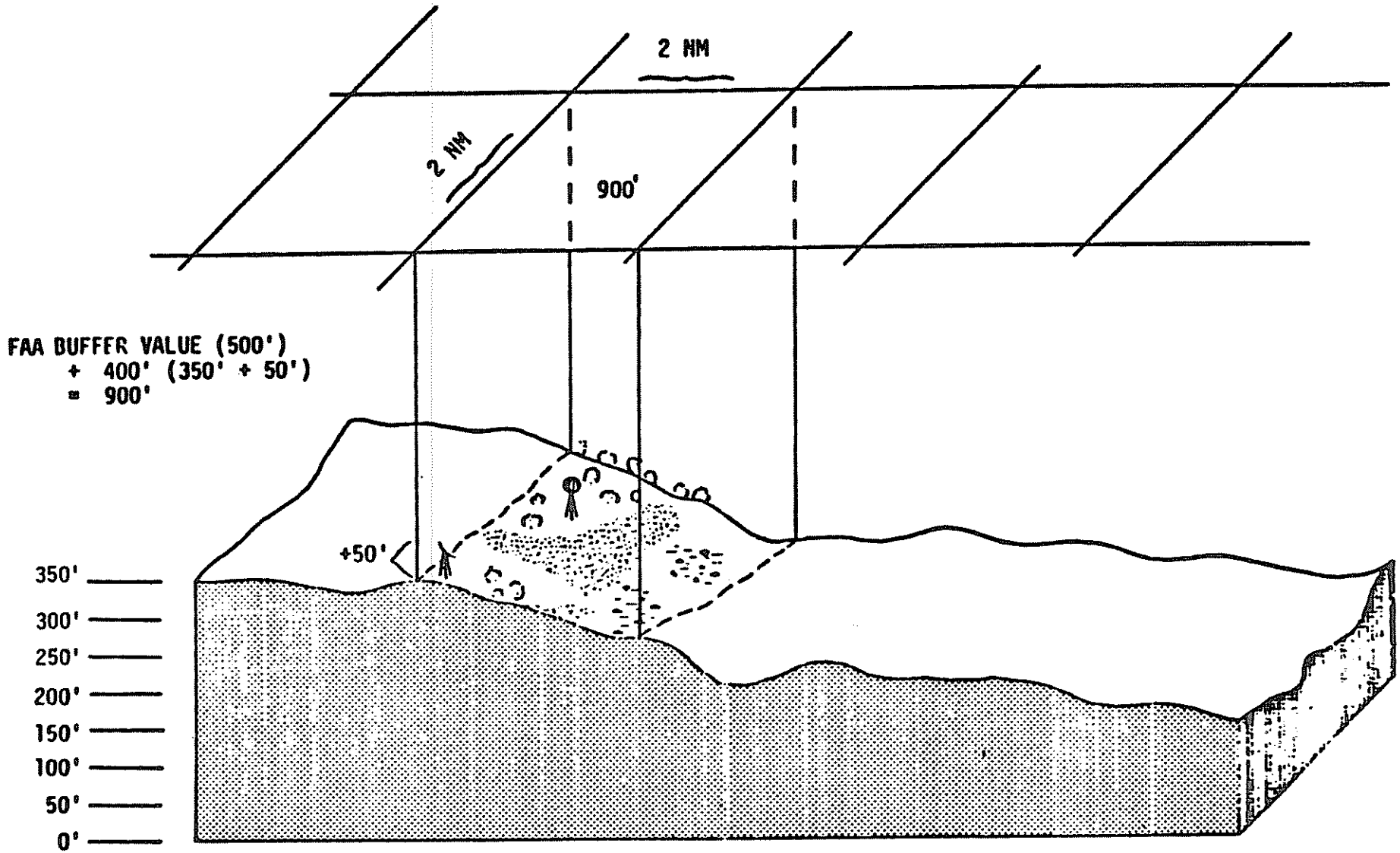


Figure 171. United States of America: subdivision of the grid of figure 170 ("bin") demonstrating the necessary minimum safe flight altitude

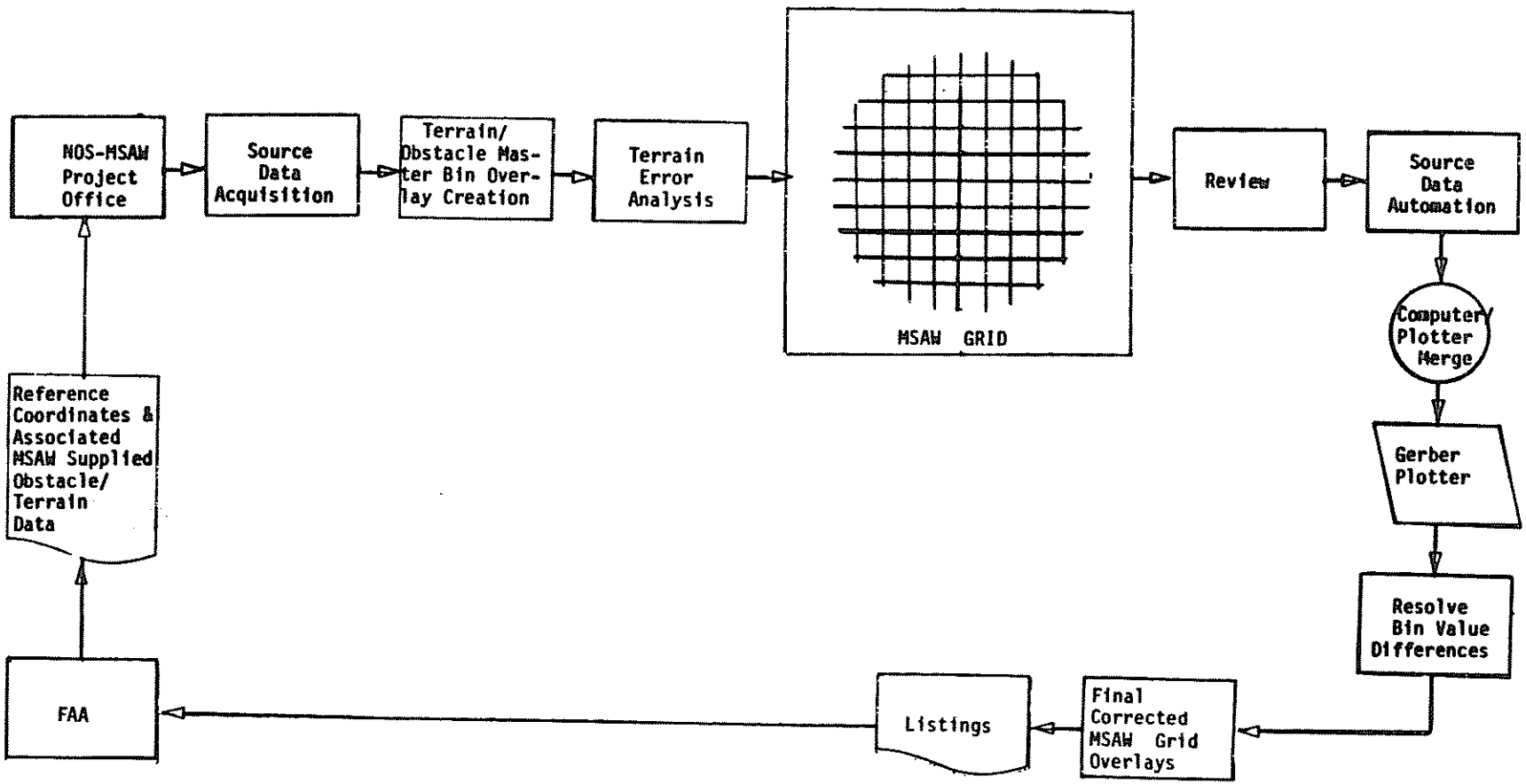


Figure 172. United States of America: terrain data analysis

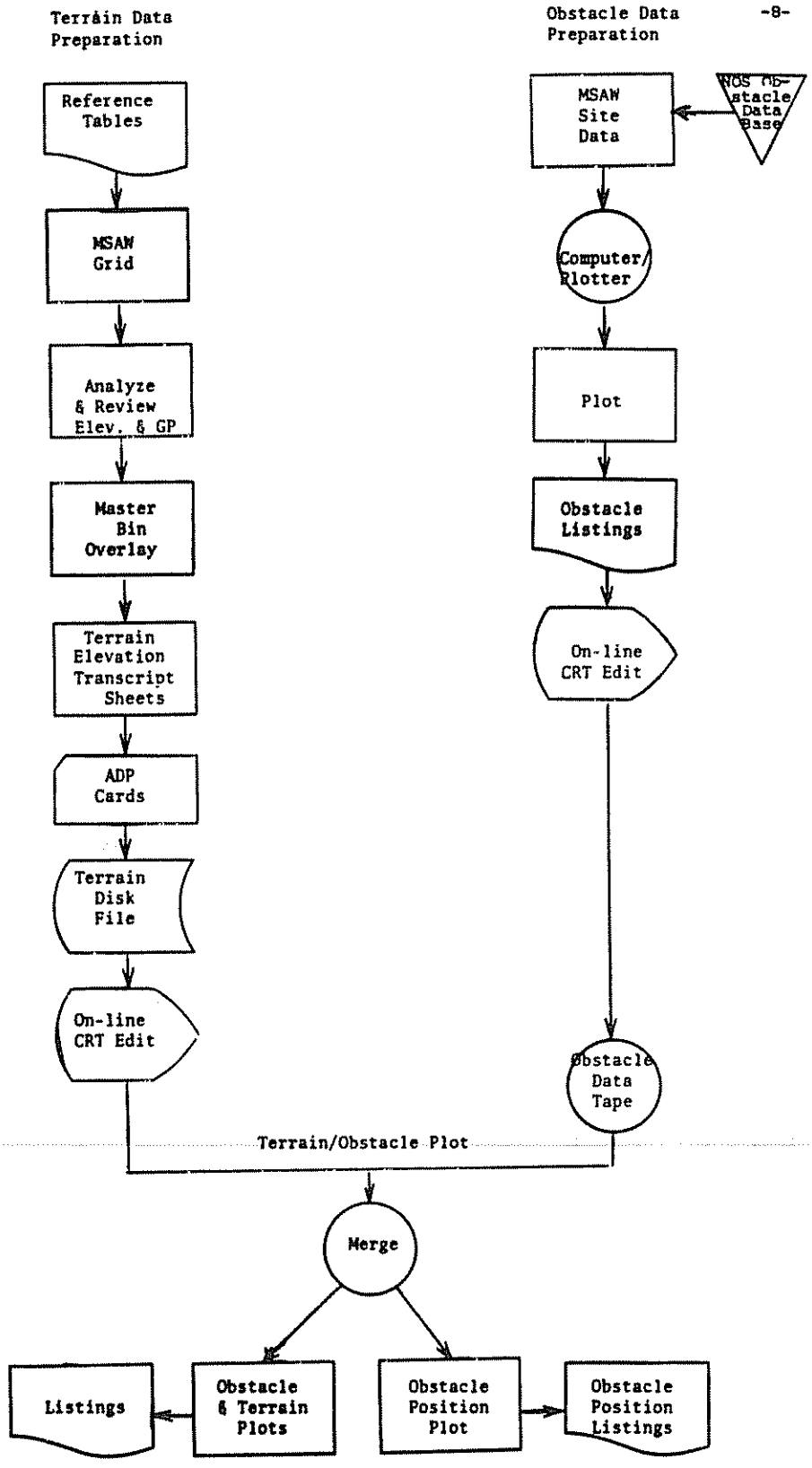


Figure 173. United States of America: generalized National Map Accuracy Standards process flow chart

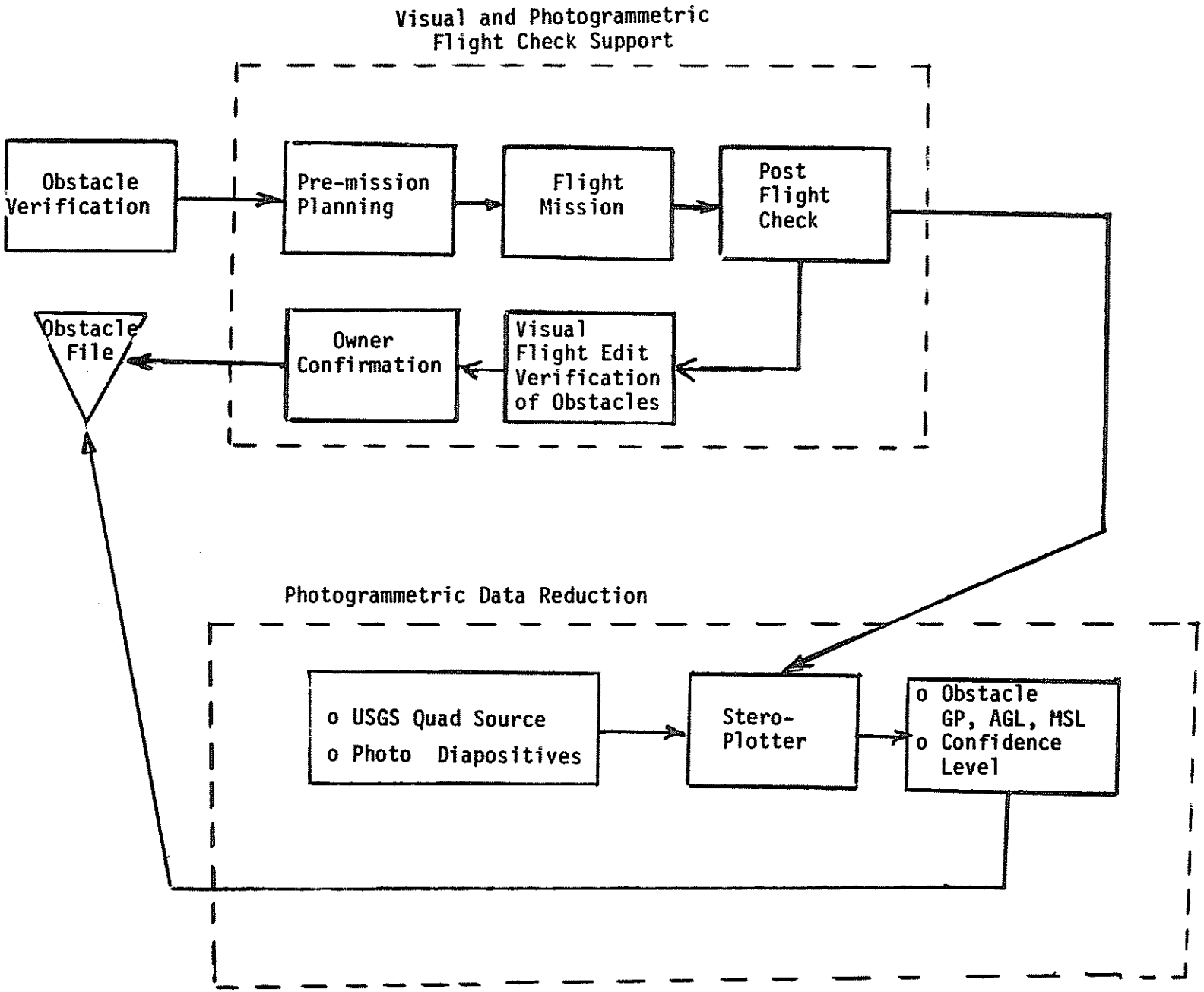


Figure 174. United States of America: Minimum Safe Altitude Warning System: obstacle verification process

MSAW Flight Check Team

Visual and photogrammetric flight missions are flown over predetermined areas. Flight missions are conducted to support MSAW compilation and product review; discrepancies (terrain and obstacle) are co-ordinated and verified (see fig. 174). The Flight Team is provided with the following planning information:

(*a*) A print of all NAVAIDs (VORTAC/VOR DME) within a 100 NM radius of the MSAW radar site;

(*b*) Flat version of sectional charts with an overlay of computer-plotted obstacles greater than 199 feet above ground level, within 64 NM of the MSAW radar site;

(*c*) Obstacles of special interest within the NSAW area which are to be given a thorough check;

(*d*) Clearance from the FAA to perform the necessary and required flight checks in the MSAW approach control area.

The Flight Edit Team submits data on obstacles found but not previously reported or charted and on obstacles reported but not found.

Deliverables to FAA

The deliverables represent a concerted effort of planning and scheduling to process and synthesize the voluminous data required to construct each MSAW grid and certify the terrain and obstacle values in each bin.

Conclusion

The MSAW programme was an interesting human experience as well as a challenging technical assignment for the young cartographer. The MSAW programme provided an opportunity for entry-level cartographers to work on a complicated technical project from its inception to full implementation. The entry-level cartographers were assigned to work under the general supervision of experienced multidiscipline cartographers. Thus, skills were developed in the application of conventional and automated cartographic techniques.

The project was extremely successful in terms of high morale and production efficiency. The MSAW project cartographers had a strong commitment to the support of a programme designed to promote air safety in the National Airspace System.

THE WORLD MAP 1:2,500,000 AS A BASIC MAP FOR SPECIAL-PURPOSE MAPPING*

Paper presented by the German Democratic Republic

RÉSUMÉ

Les pays socialistes intéressés ont, en ce qui les concerne, mené à bien en un temps relativement court l'établissement d'une carte du monde au 1/2 500 000. Il s'agit d'une série polyvalente de cartes qui représentent, à une échelle unifiée et selon une disposition uniforme quant au contenu et à la présentation, la situation physique, politique, économique et géographique de la Terre. Cette carte du monde est propre à servir de fond pour l'établissement de cartes spéciales.

C'est dans cette optique que s'est effectué le travail cartographique depuis le stade de l'élaboration des documents provisoires, dès avant la confection proprement dite de la carte; trois variantes des cartes fondamentales ont été établies et pourront par la suite, moyennant des modifications peu coûteuses, servir à l'établissement de cartes thématiques.

L'édition du volume complet pour l'Amérique latine élargit le champ des usagers qui pourront disposer de cette série de cartes.

RESUMEN

La tarea de hacer un mapa mundial a escala de 1:2.500.000 fue realizada por los países socialistas participantes en un plazo relativamente breve. Se trata de una serie fácilmente adaptable de mapas de las condiciones físicas, políticas, económicas y geográficas de la Tierra a una escala unificada y con un trazado uniforme desde el punto de vista de su contenido y aspecto. Este mapa mundial es muy idóneo para su utilización como mapa básico para el trazado de series de mapas con finalidades especiales.

Estas consideraciones se tuvieron en cuenta al preparar los documentos básicos editoriales, antes de hacer el trazado del propio mapa y de tres variantes de mapas básicos, los cuales están abiertos a nuevas modificaciones mediante un módico gesto para la confección de mapas con finalidades especiales.

La publicación del volumen general para América Latina extiende la posibilidad de proporcionar esta serie de mapas a un círculo más amplio de usuarios.

The German Democratic Republic reported on the production of the map sheets of the world map (1:2,500,000) for South America at the First United Nations Regional Cartographic Conference for the Americas.[1]

Since then, cartographers of the socialist countries involved have completed the first edition of the map. Interested persons can make various uses of it. The present paper will provide information on possible applications of the world map as a basis for special-purpose maps. The making of special-purpose map sets, which record the natural resources of the earth, environmental conditions, aspects of environmental protection, and demographic, socio-economic and national economic facts, demands more sophisticated cartographic science and technology than in the past.

Basic maps of high quality and a high degree of accuracy are needed to supply the topographic base for the

*The original text of this paper, prepared by Dr. Haack, appeared as document E/CONF.71/L.24.

[1] *First United Nations Regional Cartographic Conference for the Americas, Panama, 8-19 March 1976*, vol. II, *Technical Papers* (United Nations publication Sales No. E/F/S.79.I.14), p. 208.

special-purpose or thematic maps. The 1:2,500,000 world map complies to a large extent with the requirements of a basic map in respect of its mathematical foundations, contents and technological realization because the fulfilment of those conditions was made a condition by the editors

Since such a variety of special-purpose maps exists, basic maps of varying information densities should be available. That is why three basic map types were developed during the making of the world map, in order to have, right from the outset, optimal prerequisites for representing both scientific and political features on maps.

The world map is printed in 12 colours (if full sheets are used). The following variants of basic maps are available as prints, with a reduced number of colours. (There is no hypsometric tinting in any of the variants.)

Variant 1—basic map for special-purpose maps of general contents with a maximum of content density:

- black (map border, map names, borders)
- blue (grids, town symbols, hydrography without depth-configuration tinting)
- grey (railways)
- red (roads)
- brown (relief representation without layer tinting)
- violet (border lines and administrative centres)

Variant 2—basic map for special-purpose maps of science:

- blue (grids, town symbols, hydrography without depth-configuration tinting)
- brown (relief representation without layer tinting)
- violet (border lines and administrative centres)

Variant 3—basic map for special-purpose maps representing political features:

- black (map border, map names, borders)
- blue (grids, town symbols, hydrography without depth-configuration tinting)
- grey (railways)
- red (roads)
- violet (border lines and administrative centres)

The variants are obtained without any additional expenditure when the circulation run of the full sheets is printed.

The variants of basic maps mentioned above permit, through minor changes, such additional modifications as may be needed for special-purpose maps. If the letters, for instance, are covered, map names not required for variant 3 can be dropped. In other cases, individual data, such as names, can be added to variant 2.

The world map at the scale of 1:2,500,000 can be used not only with the available sheet lines but also in modified formats. As a map with sheet division by means of meridians and parallels providing edge comparison, the desired basic map can be obtained if different sheets or their parts are assembled to form large sheets, according to the territory to be represented. Such basic maps can be compiled, for instance, for individual States (Mexico, Columbia), for groups of States (Central America) or for sea areas (the Caribbean Sea, Gulf of Mexico). Thus, various possibilities exist for making available basic maps for specific units (according to the three variants, with further modification possible) without expensive and lengthy making of new maps.

Right from the outset, the editors of the world map, when drafting the mathematical foundations of the map along the principle of minimum distortions and equal distribution of such distortions, planned to make overlapping sheets for the tangential zones between conic projection and azimuthal projection (latitudes 60° north and south). Overlapping sheets were also made for the tangential points of the two conic projections at latitudes 0° and 24° north and south.

The edition of such overlapping sheets ensures the representation of large areas of the earth in a single projection, thus making it possible to use the world map for special-purpose maps.

In the past few years, scientific investigations were made to test the applicability of the world map for special-purpose mapping. It was used in practice for that purpose.

Examples that can be cited are the Geomorphological Map of Europe, 1:2,500,000, made in Czechoslovakia under Demek within the framework of the International Geographical Union, and the Land-use Map of Europe, 1:2,500,000, brought out by Hungary.

The trend in many of the geosciences, towards drafting special-purpose map sets at the scale of 1:2,500,000, can provide new knowledge and illustrate professional questions.

For the purpose of promoting that development, the Department of Surveying and Mapping attached to the Ministry of the Interior assumed the task of editing an omnibus volume of the world map 1:2,500,000 for Latin America. The omnibus volume contains 30 sheets, including nine overlapping sheets. It also contains an introductory section with an index of the sheets of the whole set, a sheet classification, and an alphabetical register of the geographical names contained in it, together with geographical characteristics and other data. The introduction is in six languages (English, French, German, Portuguese, Russian and Spanish). The edition of the omnibus volume on Latin America makes the set of maps available to a wider circle of users.

L'UTILISATION D'UN SYSTÈME DE TRAITEMENT D'IMAGES POUR LA CARTOGRAPHIE À PETITE ÉCHELLE À PARTIR D'IMAGES SPATIALES*

Document présenté par la France

SUMMARY

The LANDSAT satellites provide images which can be used for preparing photomaps at various scales up to 1:250,000. By means of an interactive system of image processing it is possible to make geometric corrections, carry out the assembly of several images and produce masks which reduce editing, reproduction and printing operations.

RESUMEN

Los satélites LANDSAT proporcionan imágenes que permiten lograr fotomapas en diferentes escalas, hasta la escala 1:250.000. Un sistema interactivo de elaboración de imágenes permite efectuar las correcciones geométricas y el montaje de varias imágenes y generar modelos que reducen las operaciones de redacción, de reproducción y de impresión

INTRODUCTION

L'Institut géographique national (IGN) a été amené à s'intéresser aux images des satellites LANDSAT pour la révision de cartes à petite échelle (1/500 000 OACI), la création de fichiers soit maillés, soit de contours sur l'occupation du sol. L'étude présentée ici concerne la fabrication de photocartes couleur dans le cadre d'un programme de réfection d'une carte préexistante à l'échelle de 1/250 000. Le but du travail entrepris est de mettre au point un processus technique utilisant comme données les bandes magnétiques LANDSAT CCT fournies par la NASA ou par l'ESA (station de réception de téléspazzio) et aboutissant à la fourniture par coupure des éléments suivants :

a) Un document photographique permettant la mise en place des éléments complétés (révision);

b) Trois films demi-teinte qui, après tramage, sont imprimés respectivement en magenta, jaune et cyan et constituant le fond de la photocarte couleur.

La carte définitive est imprimée en quatre couleurs : jaune, magenta et cyan pour le fond, et noir pour le trait (pour un exemple, voir fig. 175 hors texte).

NATURE DES DONNÉES ET PROBLÈMES POSÉS

Les produits fournis par le satellite LANDSAT sont des images analogiques ou numériques couvrant d'un seul tenant une zone de 185 km par 185 km enregistrées dans différents créneaux du spectre visible (schématiquement : le vert, l'orange, le rouge et le proche infrarouge). Sur chaque zone élémentaire ou scène, on dispose donc de quatre images qu'on peut combiner photographiquement ou électroniquement de façon à obtenir une image en fausses couleurs. Les problèmes posés sont de trois ordres :

a) Trouver la combinaison qui se rapproche au mieux de la couleur naturelle ou, plus exactement, d'une charte naturelle;

b) Raccorder en géométrie des scènes différentes couvrant une même coupure;

c) Raccorder en "couleur" ces mêmes scènes et les différentes coupures.

Nous avons été amenés afin de résoudre ces problèmes et de maîtriser donc le processus à utiliser les données LANDSAT sous forme numérique et à les traiter numériquement.

MATÉRIEL UTILISÉ

Le processus a été étudié et mis au point sur le système MATRA 101, système interactif de traitement d'images que l'IGN a acquis en mars 1977. Cet ensemble se compose d'une console interactive M70 (I S), d'un centre de calcul et d'un logiciel de traitement. La console M70 permet de visualiser une image ou une combinaison d'images sur écran couleur en noir et blanc.

Son électronique comporte six mémoires-images (512 × 512 points × 1 octet), cinq mémoires graphiques (512 × 512 points × 1 bit), des dispositifs câblés permettant de modifier la dynamique et la balance chromatique d'une mémoire-image et/ou d'une combinaison de mémoires-image, un curseur interactif permettant de piquer des points sur écran (coordonnées dans l'image et valeurs d'intensité).

Le centre de calcul s'articule autour d'un ordinateur Solar 16-65 de la SEMS de 96 kmots de 16 bits; les périphériques utilisés dans le cadre de cette étude sont des dérouleurs de bande magnétique servant à entrer les données et à sortir les images "résultats" et des disques 50M octets servant à stocker les résultats intermédiaires.

Le logiciel de traitement écrit en Fortran IV et en PL 16 (macro-assembleur symbolique du Solar) se décompose en deux parties : les applications d'améliorations d'image (manipulation au niveau de la console), les applications de calcul (traitement au niveau du centre de calcul).

Les programmes correspondants sont pour partie fournis avec le système par le constructeur et pour partie développés par l'IGN (nouvelles applications ou optimisation d'applications préexistantes).

ÉTAPES DE RÉALISATION

Nous distinguerons dans le processus trois phases différentes qui peuvent être séparées du point de vue logique bien qu'elles s'interpénètrent dans le cadre d'une fabrication normale.

Les opérations à caractère géométrique

D'une façon générale, si on veut réaliser la réfection de feuilles dans un découpage préexistant (1° de latitude × 1° 30 de longitude), il est nécessaire d'utiliser quatre scènes LANDSAT qui, compte tenu de la trajectoire du

* Le texte original de ce rapport, préparé par M. Brun, Institut géographique national, a paru sous les cotes E/CONF.71/L.31 et Add.1.

satellite, proviennent deux à deux d'orbites différentes. Une fois corrigées les déformations systématiques dues au système d'acquisition (corrections effectuées en standard sur les bandes fournies par l'ESA), on établit donc une mosaïque numérique entre les extraits des quatre scènes recouvrant la coupure; généralement, il s'agit d'une rotation des scènes provenant d'une orbite par rapport aux scènes provenant de la suivante. Il reste ensuite à adapter cette nouvelle image dans la projection utilisée et à corriger éventuellement des erreurs résiduelles; cela est réalisé en utilisant des points de calage (la plupart du temps des points géodésiques) "piqués" sur l'image LANDSAT et sur la feuille préexistante, points qui servent à calculer le modèle de déformation.

Les opérations à caractère radiométrique

Le but de cette phase est de choisir la combinaison des images originales LANDSAT et leur balance chromatique de façon à obtenir un résultat esthétiquement satisfaisant; cela est réalisé de façon interactive sur écran couleur en utilisant différentes zones-échantillons disséminées dans la coupure. Le choix fait, on l'adapte aux différentes scènes (souvent de dates différentes) constituant la coupure en utilisant les zones de recouvrement entre scènes sur cette coupure. On détermine aussi, si besoin est, les masques des zones devant venir à l'impression en aplat (eau, certains types de sol, etc.); l'interprétation est faite de façon automatique par seuillage ou par classification sur les données satellites et les masques ainsi obtenus sont combinés numériquement aux trois images fondamentales devant servir pour l'impression.

Les opérations liées à la restitution des images et à leur impression

Les trois images numériques fondamentales correspondant aux planches d'impression magenta, jaune et cyan sont destinées à être rejouées sur le restituteur d'image Visir que possède l'Institut français du pétrole. Cet appareil transforme chaque point élémentaire de l'image qui lui est fournie sur bande magnétique en un carré de 81 microns de côté, carré dont la densité sur le film est fonction linéaire de la valeur du point sur la bande. Ensuite les trois films ainsi générés sont agrandis et tramés pour servir de planches-mères d'impression. Il est nécessaire de prendre un certain nombre de précautions préalablement aux opérations de photographie et de reprographie, essentiellement :

a) Correction de la courbe de réponse film + Visir;

b) Amélioration du contraste local de l'image, ceci étant aussi très utile pour le complètement de la coupure par photo-interprétation.

Conclusion

Cette étude menée jusqu'à la phase de réalisation effective a montré l'utilité des données satellites sous forme numérique dans le cadre d'un programme de cartographie à petite échelle. L'intérêt du traitement numérique réside essentiellement dans la maîtrise qu'on obtient au niveau du raccord entre différentes scènes et dans le petit nombre de planches-mères d'impression, réduit grâce à l'insertion numérique des masques dans les images en demi-teinte. Signalons aussi que, avec des satellites (ou des capteurs) à meilleure résolution, l'intérêt de cette méthode est considérablement accru dans la mesure où on pourrait alors aborder des échelles plus grandes. Ainsi, par exemple, avec le futur satellite français SPOT, il sera sans doute possible de réaliser ou de mettre à jour une cartographie au 1/50 000.

Références

Lamarille, V : Etude d'une amélioration des textures de photographies aériennes pour l'interprétation automatique des données Thèse de docteur-ingénieur en informatique géologique, Paris VI, 1975.

Cazabat, C : Applications du satellite ERTS 1 à la cartographie traditionnelle Présenté au treizième Congrès de la Société internationale de photogrammétrie, Helsinki, 11-23 juillet 1976.

Braconne, S.: Applications des notions de textures et structures à la cartographie thématique automatique Journées de télédétection du GDTA, Sainte-Mandé, France, 1977

Lummeaux, J , J Poulain et S Braconne.: Un système cohérent de traitement d'images Présenté au douzième Symposium on Remote Sensing of the Environment, Manille, 1978.

AGENDA ITEM 9

Thematic and small-scale mapping:

(c) *National and regional atlases*

MAPAS Y ATLAS DEL MEDIO AMBIENTE*

Documento presentado por España

EL TEMA DEL MEDIO AMBIENTE

En las últimas décadas ha aparecido un tema de atención científica universal, que ha recibido un nombre un tanto confuso en español (medio ambiente), aunque tampoco sea demasiado explícito en francés (*environnement*) o en inglés (*environment*).

En un principio se habló, sobre todo, de la degradación o deterioro del medio ambiente; después se pasó a considerar su recuperación y conservación, hasta que, finalmente, se ha llegado a hablar del medio ambiente como de una realidad física tan corpórea como la geología o la meteorología.

La madurez científica de una ciencia, la ecología, que estudia las relaciones entre los seres vivos y el medio que les rodea, proporcionó base a muchos estudios que se realizaron sobre el medio ambiente, referidos, principalmente, a la acción del hombre sobre su entorno y a las consecuencias que se reflejan de esta acción para la calidad de la vida humana.

En la mayor parte de estos estudios se trata claramente de asuntos que se pueden considerar típicos de la geografía física o humana. Por esta razón, los organismos e instituciones dedicadas a la geografía han multiplicado sus centros y comisiones dedicados a temas del medio ambiente. Así, la Unión Geográfica Internacional (UGI) creó en 1976, entre otras, las comisiones dedicadas total o parcialmente a estos estudios, titulados: "Problemas del medio ambiente", "Programa hidrológico internacional", "Geoecología de montaña" y "Medio ambiente litoral", y los grupos de trabajo sobre la cartografía del medio ambiente y de su dinámica y sobre la percepción del medio ambiente, mientras que, en colaboración con la Asociación Cartográfica Internacional, se organizó un grupo de trabajo conjunto sobre Atlas del medio ambiente.

¿Qué es el medio ambiente?

La determinación del contenido del término "medio ambiente" es muy difícil. Para la mayor parte de los que la oyen, esta expresión representa algo que antes existía en perfecto estado en la naturaleza y que ahora tiene muy baja calidad, y en ese "algo" se confunden la pureza del aire, la claridad del agua de los ríos y la salud de los bosques. Para otros, el medio ambiente es lo que rodea al hombre, condicionando su vida, y entonces pocos aspectos de la naturaleza o de la actividad humana quedan fuera de este concepto.

En la primera reunión del Grupo de Trabajo Conjunto UGI-ACI sobre Atlas del Medio Ambiente se deliberó largamente sobre el campo que debía abarcar su actividad y se llegó a esta definición inicial, que seguramente es susceptible de ulterior reforma: "El medio ambiente significa para nosotros el conjunto de circunstancias geográficas que influyen (preservan, mejoran o destruyen) el sistema ecológico humano".

Ahora bien, la mayor parte de los temas incluidos en esta definición era ya objeto de investigación anteriormente: meteorología, vegetación, erosión, edafología, geografía industrial, geografía de la vivienda, geografía médica, son unos pocos ejemplos de dichos apartados geográficos.

Mapas directos del medio ambiente

Todos estos temas han sido cartografiados desde hace tiempo, por lo que, un tanto exageradamente, se da el nombre de mapas del medio ambiente a los que muestran los casos de deterioro del mismo o, al menos, de sus variaciones. Así se justifica la expresión de "mapas del medio ambiente dinámico".

La Comisión de la UGI, que lleva este nombre y que preside el Profesor Journaux de la Universidad de Caen, ha preparado los ejemplos más satisfactorios de cómo deben ser estos mapas. Por la naturaleza de los datos representados (contaminación de aguas y de la atmósfera, tratamiento de residuos, daños en la vegetación, procesos de erosión, etc), los mapas han de tener escala relativamente grande (1:50.000 es la menor posible).

La nota más característica de estos mapas, impresos en diez colores, es que cada color designa un elemento del medio ambiente; así, el siena indica espacios labrados, el rojo degradación de la superficie de la tierra, el lila contaminación del agua y el violeta contaminación del aire.

Puede comprenderse fácilmente que los datos de este tipo de mapas no son de fácil obtención, y que será larga la implantación regular de esta cartografía, que, por otra parte, debe ser renovada periódicamente.

Mapas de escala pequeña

Extender esta representación cartográfica a regiones o países enteros, con la necesaria reducción de escala, presenta notables problemas, por la exigua superficie de los datos representados, que son de difícil generalización.

* El texto original de esta monografía, preparado por Francisco Vázquez Maure, Instituto Geográfico Nacional, se publicó como documento E/CONF.71/L.68

Por tanto, es preferible, en general, que estos mapas a pequeña escala sean de tipo monográfico y no complejo, y de esta manera han comenzado a aparecer mapas de calidad de agua de los ríos, de zonas de erosión destructora, de deforestación debida a variadas causas, de condiciones de vivienda, etc.

Estos mapas deben tener, aparte de otros fines científicos, el principal de mostrar en qué lugares debe realizarse una acción reparadora del medio ambiente deteriorado. Su preparación y eventual publicación debe sucederse en pequeños plazos de tiempo, y sus datos deben ser obtenidos con la mayor objetividad, pues las conclusiones que se obtengan de la lectura del mapa pueden ser manejadas a favor de las causas más disparatadas.

Atlas del medio ambiente

La reunión de colecciones de mapas de este tipo daría lugar a un atlas, y en este terreno se preparan obras en diversos países (Canadá, Hungría, Polonia, Reino Unido). Pero lo más corriente es que se haya procedido a integrar estos mapas en los atlas nacionales, como una nueva sección de los mismos. Así ha ocurrido en el de Polonia, recientemente terminado, o en el de la República Democrática Alemana.

La indudable interrelación entre territorios próximos y de características físicas semejantes, pero pertenecientes a distintos países, ha movido a la publicación de colecciones de mapas regionales. Los principales ejemplos de esta cartografía corresponden a las zonas de los Grandes Lagos (Canadá-Estados Unidos de América), de la costa Seattle-Vancouver (también Canadá-Estados Unidos) y del Mar Báltico.

La necesidad de que las láminas de los atlas del medio ambiente sean sustituidas por otras tan pronto como cambien las condiciones ambientales lleva a la cuestión de si será preferible sustituir la expresión "Atlas del medio ambiente" por la de "Series de mapas del medio ambiente".

Otro problema es la posibilidad de incluir mapas complejos. Como se acaba de explicar, un mapa complejo en el que se superpongan todos los elementos ambientales es imposible; sin embargo, debe tenderse a formar grupos con estos elementos con representación conjunta. En todo caso, los mapas de diversos temas deben tener la misma escala y base topográfica para permitir una fácil comparación.

Grupo de Trabajo sobre Atlas del Medio Ambiente

Las actividades de este Grupo de Trabajo, citado anteriormente, se refieren a los atlas cartográficos que, teniendo en cuenta el trabajo científico de otras disciplinas, ilustran los elementos y la complejidad del medio ambiente en un lugar, una región, un país o un conjunto de regiones o países.

Las reuniones celebradas (Madrid, Londres, Maryland, La Coruña) se han dedicado a presentar y comentar los atlas (o series de mapas) publicados en todos los países, a preparar una bibliografía sobre el tema, al estudio de los problemas de estas publicaciones y a la preparación de la edición de una serie de capítulos monográficos que puedan servir de ejemplos de la forma de representar temas diversos.

Hay que esperar que el desarrollo de la cartografía del medio ambiente supere en poco tiempo todas las previsiones que ahora pueden hacerse. El empleo directo y conjunto de la teledetección y de la cartografía automática puede originar una técnica cartográfica muy diferente de las que ahora se utilizan.

NATIONAL ATLAS OF SURINAME*

Paper presented by Suriname

RÉSUMÉ

On cherche depuis des années à établir un atlas national du Suriname.

Néanmoins, faute de ressources humaines et financières, il a fallu attendre jusqu'à maintenant pour mettre ce projet à exécution.

Après une étude de faisabilité, réalisée en coopération avec C. Koeman, de l'Université d'Utrecht (Pays-Bas), le Comité cartographique surinamais a adressé une demande de fonds au Ministère de l'enseignement.

L'atlas comprendra 35 cartes en noir et blanc et en couleurs, consacrées à 11 thèmes principaux, l'échelle utilisée variant du 1/5 000 000 au 1/500 000.

For many years Suriname has wished to compile a national Atlas. However, a shortage of manpower and financial support necessitated the postponement of the project until the present, and a serious study of the possibilities of compiling such an atlas has now been made.

Dr. C. Koeman, a professor from the University of Utrecht (Faculty of Historical Cartography) and recently a guest lecturer at the University of Natural Science Technology in Suriname, made a proposal for the compilation of the Atlas. The proposal was sent to the Surinamese Cartographic Commission, which made a feasibility study and handed its finding to the Minister of Education and Culture, along with a request to put at its disposal the necessary funds (approximately $US 300,000).

The Atlas will cover the following topics:

1. General cartography and topography;
2. Geography and geology;

*The original text of this paper appeared as document E/CONF.71/L.82.

3. Climate;
4. Physical geography;
5. Natural resources;
6. Means of subsistence;
7. Population, demography, social-economic structure;
8. Communication;
9. Public health;
10. Utility supplies;
11. Economic planning.

The scales of the maps will be between 1:5,000,000 and 1:500,000.

It was decided to establish a foundation and charge it with the technical and financial responsibilities of producing the Atlas. A provisional estimate indicates that an atlas of 35 sheets can be realized (sheet format 54 × 66 cm). Most of the maps will be printed in 4 colours, but some will be in black and white. It is estimated that the project, including printing, will take three years.

AGENDA ITEM 10

Standardization of geographical names

REPORT OF THE UNITED NATIONS GROUP OF EXPERTS ON GEOGRAPHICAL NAMES ON THE WORK OF ITS EIGHTH SESSION*

Held at Headquarters, New York, from 26 February to 9 March 1979

TERMS OF REFERENCE

In pursuance of Economic and Social Council resolution 1314 (XLIV) and decision 1978/7, the Secretary-General invited the United Nations Group of Experts on Geographical Names to convene its eighth session at United Nations Headquarters, New York, from 26 February to 9 March 1979.

ATTENDANCE

The session was attended by 37 experts from 26 countries representing 14 of the 17 geographical/linguistic divisions of the world. Observers from the International Hydrographic Organization (IHO) and of the Intergovernmental Oceanic Commission (IOC) were also present (see annex I). The Chief of the Cartography Section, United Nations Secretariat, served as the Secretary for the Group.

OPENING OF THE SESSION

The session was opened on behalf of the Secretary-General by Mr. N. F. Falzon, Deputy Director, Transport and Cartography Branch, Centre for Natural Resources, Energy and Transport, Department of Technical Co-operation for Development. The Chairman of the Group of Experts thanked the United Nations for the services set at its disposal.

RULES OF PROCEDURE

It was agreed that the same rules of procedure to be followed were those of former sessions.

The Group adopted the following agenda:

1. Opening of the session
2. Adoption of the agenda
3. Review of divisional composition
4. Report by the Chairman on overall activities of the United Nations Group of Experts on Geographical Names
5. Report by the Secretary
6. Reports by the Divisions (divisional meetings, consultations, concerted actions and divisional problems)
7. Reduction of exonyms (reports of progress and problems, lists of exonyms)
8. Names of features beyond a single sovereignty
9. Review of aims
10. Report of activity by the working groups since the seventh session:
    - (*a*) Definitions
    - (*b*) Undersea and maritime features
    - (*c*) Extraterrestrial topographic features
    - (*d*) Single romanization system
    - (*e*) Training courses
    - (*f*) International gazetteers
    - (*g*) List of country names
    - (*h*) Automated data processing
11. Discussion on working groups and further conference recommendations of general importance
12. Provisional agenda for the Fourth United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names
13. Provisional agenda for the ninth session of the United Nations Group of Experts on Geographical Names
14. Plans of action before the Fourth Conference
15. Adoption of the report

The officers of the session were: Chairman, Mr. J. Breu (Austria); Vice-Chairman, Mr. W. J. Absaloms (Kenya); Rapporteur, Mr. A. Rayburn (Canada); Secretary, Mr. C. N. Christopher (United Nations Secretariat).

REVIEW OF DIVISIONAL COMPOSITION

The composition of the linguistic/geographical divisions was reviewed and accepted as follows:

(a) *Africa Central Division*
Angola, Burundi, Central African Republic, Chad, Congo, Equatorial Guinea, Gabon, Rwanda, Sao Tome and Principe, United Republic of Cameroon, Zaire

(b) *Africa East Division*
Botswana, Ethiopia, Kenya, Lesotho, Madagascar, Malawi, Mauritius, Mozambique, Seychelles, Somalia, Swaziland, Uganda, United Republic of Tanzania, Zambia

(c) *Africa West Division*
Benin, Cape Verde, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Ivory Coast, Liberia, Mali, Mauritania, Niger, Nigeria, Senegal, Sierra Leone, Togo, Upper Volta

(d) *Arabic Division*
Algeria, Egypt, Iraq, Jordan, Lebanon, Libyan Arab Jamahiriya, Morocco, Saudi Arabia, Sudan

(e) *Asia East Division* (other than China)
Japan, Republic of Korea

(f) *Asia South-East Division*
Democratic Kampuchea, Indonesia, Lao People's Democratic Republic, Malaysia, Philippines, Singapore, Thailand, Viet Nam

(g) *Asia South-West Division*
Afghanistan, Iran, Israel, Pakistan, Turkey

(h) *China Division*
China

(i) *Dutch- and German-speaking Division*
Austria, Belgium, German Democratic Republic, Germany, Federal Republic of, Netherlands, Suriname, Switzerland

* The original text of this paper appeared as document E/CONF.71/L.10

(j) *East, Central and South-East Europe Division*
Bulgaria, Czechoslovakia, Greece, Hungary, Poland, Turkey, Yugoslavia

(k) *India Division*
Bangladesh, India, Pakistan

(l) *Latin America Division*
Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominican Republic, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haiti, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Spain, Suriname, Uruguay, Venezuela

(m) *Norden Division*
Denmark, Finland, Iceland, Norway, Sweden

(n) *Romano-Hellenic Division*
Belgium, Canada, Cyprus, France, Greece, Holy See, Italy, Luxembourg, Monaco, Portugal, Romania, Spain, Turkey

(o) *USSR Division*
Union of Soviet Socialist Republics

(p) *United Kingdom Division*
Australia, Guyana, Ireland, New Zealand, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

(q) *United States of America/Canada Division*
Canada, United States of America

It was agreed that countries that had not so far announced their adherence to any particular division should be approached and their wishes in the matter determined. Mr. Christopher would approach Bhutan, the Maldives and Nepal; Mr. Absaloms would approach the Comoros and Somalia; Mr. Ramondou would approach Andorra, Djibouti, Italy and San Marino; Mr. Lewis would approach the Bahamas, Barbados, Fiji, Grenada, Jamaica, Malta, Nauru, Papua New Guinea, St. Lucia, Samoa, Solomon Islands, South Africa, Tonga, Trinidad and Tobago and Tuvalu; Mr. Szymczak would approach Albania; Mr. Tazi would approach Bahrain, Democratic Yemen, Kuwait, Mauritania, Oman, Qatar, the Syrian Arab Republic, Tunisia and the United Arab Emirates; Mr. Komkov would approach Mongolia; Mr. Breu would get in touch with Burma, the Democratic People's Republic of Korea and Sri Lanka.

Reports[1]

The report of the Chairman on overall activities of the United Nations Group of Experts on Geographical Names and on his activities as Chairman of the Group was contained in Working Paper No. 14. Mr. Breu's analysis of the situation facing the Group, expressed as "Thoughts on the future of standardizing geographical names within the framework of the United Nations" was contained in Working Paper No. 12.

The Secretary for the Group stated that the report of the Athens Conference, including the resolutions adopted, had just been printed.[2] He noted that the Fourth United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names was scheduled for 1982. He agreed to investigate the possibility of producing an information bulletin relating to names standardization work and of having it circulated to all division chairmen and convenors of working groups twice a year.

Mr. Bizenga, reporting on the activities of the Africa Central Division, said that there had been some progress in establishing national toponymic committees in his division (Working Paper No. 43).

The report by Mr. Absaloms on the activities of the Africa East Division was contained in Working Paper No. 46. He drew attention to a seminar held at Nairobi in November 1978, during which the problems of field collection and office treatment of geographical names were discussed.

Mr. Sawyerr, speaking for the Africa West Division, commented on continuing difficult problems relating to the romanization of unwritten languages and technical assistance needed in that field (Working Paper No. 19).

The Arabic Division drew attention to a geographical conference held at Riyadh, which all Arab countries had attended. The conference had shown general agreement on the transliteration system for Arabic adopted at the London Conference (resolution 8)[3] and later modifications (Working Papers No. 55 and 56).

The Secretary stated that although the representative from the Asia South-East Division was absent, he had received information that a divisional meeting had been held and that action in support of names standardization in the Philippines was being taken by that Government.

Mr. Kanakubo, for Asia East Division, though unable to attend, had submitted a written report (Working Paper No. 9), which noted, among other things, that the Republic of Korea wished to participate in the work of the Group of Experts.

Mr. Erinç, for Asia South-West Division, commented on some of the standardization problems in his division; his report was contained in Working Paper No. 44.

The report prepared by Mr. Wang on the China Division was contained in Working Paper No. 11. Mr. Wang said that it was expected that the Pinyin forms of the names of Chinese post offices would be sent to the Union postale universelle in June 1979.

Following Mr. Ramondou's report on the Romano-Hellenic Division, contained in Working Paper No. 34, there was discussion on the desirability of Italy's participation in the work of the Group of Experts. It was agreed that an invitation should be sent to the various official agencies in Italy concerned with names standardization.

The report prepared by Mr. Komkov on the USSR Division was contained in Working Paper No. 25. Mr. Komkov noted that the countries that were members of the Council for Mutual Economic Assistance (CMEA) had jointly reached agreement on transliteration systems for the Cyrillic alphabets. He said that the CMEA system for the Russian alphabet was being examined by the appropriate bodies in the USSR and, if approved, would be submitted to the Fourth Conference in 1982 for adoption as the international system for the transliteration of the geographical names of the Soviet Union.

Divisional reports were presented by the Chairman of the Dutch- and German-speaking Division, the East, Central and South-East Europe Division, the Latin America Division, the United Kingdom Division and the United

[1] See annex II for a list of the working papers.

[2] *Third United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names, Athens, 17 August-7 September 1977*, vol. I, *Report of the Conference* (United Nations publication, Sales No. E.79.I.4).

[3] See *Second United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names, London, 10-31 May 1972*, vol. I, *Report of the Conference* (United Nations publication, Sales No. E.74.I.2), chap. III.

States of America/Canada Division. No representative from the Norden Division was present, but it was noted that Mr. Allan Rostvik had succeeded Mr. Hovda as divisional representative.

The Chairman of the Latin America Division reported on the work of his Division during the period since the Third Conference, at Athens. He stated that there had been a fifth regional Central American meeting in January 1979, and several of the countries in the Division had reported on the preparation of gazetteers and geographical names lists.

National reports on progress in names standardization work were given by Mr. Breu for Austria, Mr. Velazquez for Cuba, Mr. Meynen for the Federal Republic of Germany, Mr. Haack for the German Democratic Republic, Mr. Mavridis for Greece, Mr. Gall for Guatemala, Mr. Földi for Hungary, Mr. Adebekun for Nigeria, Mr. Szymczak for Poland, Mr. Wekker for Suriname, Mr. Lewis for the United Kingdom and Mr. Randall for the United States of America. Mr. Kanakubo, not present at the meeting, submitted a report on the compilation of Japanese geographical names, in Working Paper No. 8. Zambia, also not represented at the meeting, presented a report on its activities, in Working Paper No. 54.

Reduction of exonyms

Mr. Randall observed that the United States continued to reduce exonyms in official publications but that certain exonyms were retained where they were of particular use. He explained that the Government of the United States could not dictate to private publishers the geographical names they used in their publications. Mr. Lewis noted that exonyms in use varied from one context to another. He expressed the view that they could never be abolished altogether and that what was important was to use the local official form whenever possible. The retention of certain exonyms, perhaps subordinately, was often considered of benefit to users. Mr. Ormeling observed that for those countries producing international maps, the reduction of exonyms had proven to be a difficult experience. Mr. Breu noted that certain countries had concluded bilateral agreements on the names to be employed in school books and school atlases. Mr. Erinç stressed the need for co-operation between neighboring countries. Mr. Gall suggested that countries should ensure that they used officially the names that had been approved nationally in the country concerned. Mr. Breu pointed out that certain exonyms were mandatory—as, for example, in civil aviation, where English was the sole language used in international communication. He concluded the discussion by referring to the technical paper entitled "Conventional names, definitions, usage,"[4] presented to the Second Conference, which contains a detailed treatment of the fundamental problems involved, and by emphasizing that the question of exonyms should not be considered from a political standpoint or as an expression of nationalism.

Names of features beyond a single sovereignty

Mr. Haack elaborated on the list of names of oceans, arms of oceans and undersea reliefs contained in Working Paper No. 16. Some discrepancies were noted, examples being water features in the area of Turkey. Mr. Kapoor noted that the International Hydrographic Organization was working on the same subject.

Review of aims, functions and *modus operandi* of the Group of Experts

It was agreed that a study should be undertaken of the accomplishments of the United Nations Group of Experts on the Standardization of Geographical Names since its creation. An editorial group under the direction of Mr. Randall, with Mr. Gall, Mr. Geelan, Mr. Breu and Mr. Rayburn as members, was set up to prepare a report on the results achieved in the area of standardization. Their paper, entitled "The work of the United Nations in the standardization of geographical names", would be informative for new experts on the group and for others who were unfamiliar with its work. Various experts proposed a complete review of aims, functions and *modus operandi*. Because limited time was available for discussion and because updating of the *modus operandi* was felt to be an immediate necessity, it was agreed that a revised *modus operandi* be prepared and that aims and functions be discussed separately. An editorial group under the direction of Mr. Blok and composed of Mr. Lewis, Mr. Gall, Mr. Sawyerr and Mr. Wekker redrafted the *modus operandi*. The amended version is issued as annex III.

Experts were invited to submit working papers on aims and functions (as well as *modus operandi*) for consideration by the Group of Experts at its ninth session and at the Fourth Conference.

Working Group on Definitions

Mr. Lewis, the Convenor of the Working Group, explained that a certain amount of work was still necessary to complete the Spanish version of the definitions. An editorial group composed of Mr. Gall, Mr. Gonzalez and Mr. Velazquez, with Mr. Lewis present, was formed to complete that work. The final text was submitted to the Group and approved for publication. In the course of discussion, it was pointed out that the title of the Spanish text had been amended to take account of the fact that the glossary comprised only "selected" terms. It was agreed that the titles of the English and French versions should be amended to read "Glossary of selected terms used in the standardization of geographical names" and "Glossaire de termes choisis, utilisés dans la normalisation des noms géographiques". Mr. Lewis agreed to submit the glossary in its final trilingual form for publication. The Group expressed its gratitude to Mr. C. Page and Mr. M. F. Burrill for the work done previously. It was proposed that the glossary should be circulated at the next regional cartographic conference, in Mexico in 1979, and that it should also be published in *World Cartography* so as to reach a wider public. It was further agreed that when the glossary was published, the Working Group would be disbanded. Subsequent revisions, if necessary, would be considered by the Group of Experts as a whole.

Working Group on a single romanization system for each non-Roman writing system

Mr. Földi, the Convenor of the Working Group, reviewed the work done by the Group in Working Paper No. 33.

[4] *Ibid.*, vol. II, *Technical Papers* (United Nations publication, Sales No. E.74.I.4), pp. 195-196.

Arabic. Mr. Tazi reported that a meeting had been held at Riyadh to consider the romanization of Arabic (Working Paper No. 55). All Arab nations attended, and complete agreement was obtained on using the system approved at the Second Conference and in later modifications (Working Paper No. 56).

Cyrillic. Mr. Komkov stated that the CMEA countries had prepared jointly a new transliteration system for the romanization of the Cyrillic alphabets. He explained that the system of romanization existed in two versions of equal status: one using diacritical signs; and the other using letter combinations for use in telecommunications and data processing. The system that might be considered by the authorities in the USSR for possible submission to the Fourth Conference was described as being neutral in respect of the individual Cyrillic script languages of the CMEA countries concerned. That meant that a given Cyrillic letter would be transliterated by the same Roman letter, regardless of the different phonemic values of the separate donor languages. Mr. Haack stated that his country was producing a gazetteer of the USSR, which would use the system expected to be agreed to by the CMEA countries. Mr. Komkov stated that names of the USSR in languages other than Russian are, as a rule, converted to Russian as the medium for romanization for the purpose of international standardization.

Chinese. In discussion of Working Paper No. 10, Mr. Wang emphasized that at the moment Mongol, Tibetan and Uighur names were directly transcribed into an appropriate Pinyin romanized form; the Pinyin spelling of all other minority language names was obtained through the medium of the Han character form. Mr. Wang confirmed that diacritical tone marks were omitted from the Pinyin forms of geographical names on maps and in atlases and gazetteers.

Burmese. Mr. Breu asked the Convenor of the Working Group to contact the appropriate authorities in Burma on the question of the romanization of Burmese names.

Greek. Mr. Mavridis reported that Greece and Cyprus had continued their studies on the development of a joint system for the romanization of Greek. Many problems had still to be overcome but it was anticipated that a finalized system would be agreed to by 1981.

Japanese. It was noted that no change had occurred since the Third Conference.

Pashto and Dari. It was noted that no information had been received from Afghanistan since the Third Conference.

International Gazetteers

Mr. Lewis referred to several points in his Working Paper No. 39. He reminded the Group that the concept of a one- or two-volume gazetteer comprising 200,000 or more names presented many difficulties. Discussion centred on the possible publication of a smaller gazetteer containing not many more than 15,000 to 20,000 names. Mr. Meynen had prepared an outline scheme for such a publication. Mr. Lewis suggested that the use of an automated atlas index from an existing publication was the most practical means of producing the gazetteer of the larger content of names. Several experts put forward the view that an existing commercial publication should be used as the basis for a United Nations gazetteer. Many experts supported the view that an international gazetteer published in the name of the United Nations, whether commercially produced or not, was a desirable goal. Mr. Christopher observed that there was a genuine demand for authoritative information on geographical names by the United Nations. Mr. Mavridis proposed a gazetteer which might be produced by commercial publishers with acknowledgements to the United Nations in the form of a document which would expand as information became available. Mr. Komkov was strongly of the opinion that some form of gazetteer should be published as soon as possible and regarded it as one of the most important potential tasks of the Group.

It was finally agreed that a small study group should be set up, with Mr. Meynen as convenor and Messrs. Breu, Lewis, Komkov and Geelan as members. The report of the study group is given in Working Paper No. 49. It was agreed that Mr. Meynen should compile lists—for four selected countries—Argentina, Thailand, Tunisia and the Upper Volta—and that they should be submitted, by the division chairman, through the convenor of the group, the countries concerned for their comments.

Working Group on Training Courses

Mr. Ormeling presented the report of his Working Group (Working Paper No. 42). He said that an earlier proposal to hold a training course in the Netherlands could not be realized owing to lack of funds. Recent experience had shown that there was some merit in conducting training courses in the form of a series of lectures to be presented by international experts on the basis of the programme accepted in 1975 in one or two countries not too far from each other and that such a course, or seminar, could be effective in South-East Asia. He undertook to prepare the ground during a forthcoming visit and inform the Group of Experts of the results of his visit. Mr. Ormeling said he, in co-operation with the Chairman, would draft letters of invitation to individual lecturers, which would be issued by the Secretariat. He would endeavour to ensure that the host country would arrange for accommodation and relative costs, leaving the lecturers themselves to take care of their travelling expenses. Mr. Ramondou informed the experts that the University of Dijon had produced a film on toponymy with special reference to Burgundy. Mr. Wekker approved the suggestion that a videotape of the proposed seminar might be produced, since it would be of great benefit to other countries.

Extraterrestrial Topographic Features

Mr. Komkov reviewed the information contained in Working Paper No. 23. He explained that certain nations had not submitted names for inclusion in nomenclature to be applied to the planets of the solar system. He reminded delegates that all that was necessary was to give the information requested and that the form was of secondary importance as long as the information was complete. Mr. Randall observed that the substantive work of the working group on topographic features had reached the stage where it could be disbanded. Mr. Komkov stated that, although he would continue his work with the International Astronomical Union (IAU), it would be premature to abandon the working group, which should be allowed to continue until the next Conference. That was

agreed. Mr. Komkov offered to circulate the reports of the IAU Committee on Extraterrestrial Nomenclature to those experts who wished to receive copies. Mr. Mavridis stated that his country had prepared lists of names for submission and that he would be sending them in shortly.

List of country names

Mr. Ramondou, convenor of the Working Group on Country Names, presented his report (Working Paper No. 48), and invited comments on the draft list of country names, circulated as Working Paper No. 48/Add.1. The Secretary stated that the Terminology Unit of the United Nations Secretariat, responsible, among other things, for producing the official United Nations list of country names in English, French and Spanish, was looking forward to the final publication of the list of the Group of Experts, which gave the short and long forms of all country names in the six languages of the United Nations as well as in the official language or languages of each country concerned. Examination of the draft by the experts in the course of the meeting showed that much remained to be done to bring it to a state of readiness for publication. It was agreed that amendments should be sent directly to Mr. Ramondou, who would bring a final version, for adoption, to the Group of Experts at its ninth session.

Given the continual change in the formal names of countries, as well as expected additions to the membership of the United Nations, it was agreed that the list of country names, once published, should be kept up to date by the regular issue of addenda and corrigenda. The convenor of the Working Group on Country Names, the Chairman and the Secretary of the Expert Group met with the Director of the Translation Division, Department of Conference Services, who agreed to maintain liaison with the Group in the matter of country names and terminology.

Undersea and maritime features

The Working Group on Undersea and Maritime Features met with representatives of the Intergovernmental Oceanographic Commission and the International Hydrographic Organization (IOC/IHO) and reached agreement on two elements of the working group's programme: proposed guidelines for the standardization of undersea feature names for international use; and undersea features name proposal form.

The convenor said that two further actions would be required before those items could be approved for international use—namely, approval by the IOC/IHO and by the Fourth United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names. The convenor also said that a question had arisen concerning possible conflict with similar tasks being undertaken by the United Nations Law of the Sea Conference (LOS). The Secretary reported that LOS was also concerned with the definition of certain undersea terms that the Working Group had been dealing with. He informed the Expert Group that, in communication with the secretariat of the Law of the Sea Special Studies Section, he had learned that a legal study in that connection was being undertaken on behalf of the LOS. He had been told that no action should be taken at that time on defining "continental shelf" or any other feature relating to that term. After further discussion, it was agreed that the Secretary would inform the secretariat of LOS of the list of undersea feature definitions prepared by the Working Group. On the basis of further consultations with the Director of the Translation Division, Department of Conference Services, a staff member from that Department would present the list of undersea feature definitions to the LOS Conference at Geneva in March 1979. The Secretary would also inform representatives of IOC/IHO of the interest of the LOS in the subject.

The convenor of the Working Group said he would continue work on the subject of undersea feature names and report progress to the Group of Experts at its ninth session. He also asked members engaging in undersea naming (either in national or international waters) to inform him of their work so that he could provide pertinent facts to other interested parties. He also said that he would circulate the third edition of the Gazetteer of Undersea Features to members of the Working Group. That publication, which should be ready in 1979, is an example of national treatment of international undersea features.

With respect to maritime feature names, the Working Group will co-operate with IHO, at the appropriate time, to work out common procedures and terms. Finally, the convenor called on representatives of maritime nations to continue efforts to reach agreement on names of shared bodies of water.

Automated data processing

Mr. Böhme presented the report on automated data processing. The Group of Experts decided that one of the terms of reference of the Working Group on Automated Data Processing would be to investigate the management of information on data processing for the preparation of gazetteers, names lists and other formats, in order to present a report on the subject to the Chairman of the Group and also to the Chief of the Cartography Section, United Nations Secretariat.

Members of the Working Group and others interested in the subject were asked to make bibliographies available to the convenor.

Brief statements on national programmes were given by Mr. Lewis, Mr. Komkov and Mr. Randall. It was observed by several experts that small gazetteers could be compiled more quickly and more cheaply by manual methods than by the use of computer technology. Mr. Böhme gave a detailed report on progress in the Federal Republic of Germany, emphasizing the desirability of establishing quantity limits in order to attain goals, the need to avoid duplication in programmes in national systems and the necessity to set up methods of data compatibility and verification. Mr. Böhme stated that his system had no restrictions on the use of diacritical marks. Mr. Breu suggested that Working Paper No. 50 should be distributed widely to persons working in the area of automated data processing of geographical name information.

Mr. Mavridis suggested that magnetic tapes should be prepared in such a way that they could be exchanged among countries.

Discussion on further conference recommendations and other business

In implementation of resolution 4, adopted at the Third Conference,[5] concerning a reliability statement on maps, the inclusion of a reliability assessment in the form of a diagram or footnotes was considered a desirable objective. A model for a reliability statement applicable to maps of Guatemala was submitted by Mr. Gall. Mr. Randall observed that there is often much difficulty in framing a general statement on reliability of the names appearing on a specific map. He also stated that the question was related to cartographic specifications. Mr. Lewis contrasted general statements on reliability with precise assessments of reliability and the problem of the use of one or the other in the margins of maps.

Mr. Breu referred to Working Paper No. 5. It was agreed that the title should be shortened to "Toponymic guidelines for cartography". The idea was generally approved. Mr. Randall made a plea to supplement them by the inclusion of a complete list of toponymic abbreviations found on maps. It was agreed that nations should consider the development of such guidelines for national and international use. Some experts stated they would provide them for their countries.

Provisional agenda for the Fourth United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names

The Group drew up the following provisional agenda for the Fourth United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names:

1. Opening of the Conference
2. Adoption of the rules of procedure
3. Election of officers
4. Report on credentials
5. Adoption of the agenda
6. Organization of work
7. Reports by Divisions and Governments on the situation in their regions and countries and on the progress made in the standardization of geographical names since the Third United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names
8. National standardization:
   - (*a*) Field collection of names
   - (*b*) Office treatment of names
   - (*c*) Treatment of names in multilingual areas
   - (*d*) Administrative structure of national names authorities
9. Training courses:
   - (*a*) Consideration of courses already held
   - (*b*) Programmes of future courses
   - (*c*) Prospective developments
10. Gazetteers:
    - (*a*) National gazetteers
    - (*b*) United Nations series of gazetteers
    - (*c*) Concise world gazetteer
    - (*d*) Other publications
11. Automated data processing:
    - (*a*) Data collection procedures
    - (*b*) Data elements required
    - (*c*) ADP systems
    - (*d*) Compatibility and structure of systems
12. Terminology in the standardization of geographical names
13. Exonyms:
    - (*a*) Categories and degree of use of exonyms
    - (*b*) Principles to be followed in the reduction of exonyms
    - (*c*) Provisional list of exonyms
14. Policies, procedures and co-operative arrangements for the naming of features beyond a single sovereignty:
    - (*a*) Features common to two or more nations
    - (*b*) Maritime features
    - (*c*) Undersea features
    - (*d*) Extraterrestrial features
15. Writing systems:
    - (*a*) Conversion of names from one writing system to another:
      - (i) Romanization
      - (ii) Conversion into non-Roman writing systems
    - (*b*) Writing of names from unwritten languages
16. International co-operation:
    - (*a*) United Nations Group of Experts on Geographical Names
    - (*b*) Exchange of information:
      - (i) Reliability statement
      - (ii) Aids to pronunciation of names nationally standardized in non-phonemic writing
      - (iii) Scope and development of procedures in exchange of information
    - (*c*) Divisional and interdivisional meetings and programmes
    - (*d*) Technical assistance
    - (*e*) Co-operation with international organizations
    - (*f*) Co-operation with public information media
17. Report of the Conference

Provisional agenda for the ninth session of the United Nations Group of Experts on Geographical Names

The Group drew up the provisional agenda for the ninth session:

1. Opening of the session
2. Adoption of the agenda
3. Review of divisional composition
4. Report by the Chairman
5. Report by the Secretary
6. Reports by the Divisions
7. Review of recommendations concerning aims and functions
8. Report of activity by the working groups since the eight session
   - (*a*) Undersea and maritime features
   - (*b*) Extraterrestrial topographic features
   - (*c*) Single romanization system
   - (*d*) Training courses
   - (*e*) International gazetteers
   - (*f*) List of country names
   - (*g*) Automated data processing
9. Toponymic guidelines
10. Discussion on working groups and further conference recommendations of general importance
11. Review of the provisional agenda for the Fourth United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names
12. Provisional agenda for the tenth session of the United Nations Group of Experts on Geographical Names
13. Other business
14. Adoption of the report

Plans of action before the Fourth Conference

It was agreed that each division and working group would carry on its work with special regard to the resolutions adopted at the Third Conference and the results of the eighth session of the United Nations Group of Experts on Geographical Names. This would be done for the most part by divisional meetings and by correspondence. The Chairman of the Group of Experts would communicate with members of the Group and with the Cartography Section of the Secretariat by means of circular letters. They would be sent only to divisional representatives, whose responsibility it would be to forward copies to all national experts (especially to convenors of working groups) within each division, and to surveying and mapping agencies.

[5] See *Third United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names, Athens, 17 August-7 September 1977*, vol. I, *Report of the Conference* (United Nations publication, Sales No. E.79.I.4), chap. III.

The convenors of working groups would also carry out their work by means of circular letters to their members. Copies of all circular letters should be sent to the Chairman of the Group of Experts. It would also be helpful to the Chairman if he could receive copies of any correspondence by experts which had a direct bearing on the work of the Group.

The Chairman of the Group of Experts would be responsible for forwarding to divisional representatives any information on names standardization received through the Cartography Section.

The Secretary stressed the absolute necessity of having working papers for the ninth session submitted to the Cartography Section at least three weeks before the starting date of the session. Only in that way would it be possible for experts to have papers in hand at the beginning of the session for study, and it would help expedite the work of the Group as a whole.

Annex I
LIST OF PARTICIPANTS

Africa Central Division
Division Chairman: Mr. M. Bizenga (Congo) — Directeur de l'Institut géographique national, B.P. 125, Brazzaville

Africa East Division
Division Chairmen: Mr. W. J. Absaloms (Kenya) — Assistant Director of Surveys, Survey of Kenya, P.O. Box 30046, Nairobi

Mr. O. M. Wainaina (Kenya) — Survey of Kenya, P.O. Box 30046, Nairobi

African West Division
Division Chairmen: Mr. J. L. Sawyerr (Liberia) — Secretary, Liberian Board of Geographic Names, Ministry of Land and Mines, P.O. Bag 9024, Monrovia

Mr. O. Adebekun (Nigeria) — Director of Federal Surveys, Federal Survey Department, P.M.B. 12596, Lagos

Arabic Division
Division Chairmen: Mr. A. Tazi (Morocco) — Directeur, Institut universitaire de la recherche scientifique, Villa Baghdad, Q. Souissi, R. Aït ourir, Rabat

Mr. Hadi Bulugma (Libyan Arab Jamahiriya) — Garyounis (Benghazi) University, Benghazi

Arabic Division (continued)

Mr. A. A. Mughran (Saudi Arabia) — Department of Geography, King Abdulaziz University, Jeddah

Asia East Division (other than China)
Absent

Asia South-East Division
Absent

Asia South-West Division (other than Arabic)
Division Chairmen: Mr. S. Erinç (Turkey) — Geographical Institute, University of Istanbul, Istanbul

Mr. A. A. Hilaly (Pakistan) — Counsellor, Permanent Mission of Pakistan to the United Nations, 8 East 65th Street, New York, New York 10021

China Division
Division Chairmen: Mr. WANG Jitong (China) — Director, Office for Geographical Names, Research Institute of Surveying and Cartography, Beijing

Mr. DU Xiangming (China) — National Bureau of Surveying and Mapping, The Research Institute, Beijing

Mr. BA Hao (China) — National Bureau of Surveying and Mapping, Beijing

Mr. WANG Changsen (China) — National Bureau of Surveying and Mapping, Beijing

Dutch- and German-speaking Division
Division Chairmen: Mr. F. Ormeling (Netherlands) — ITC-Enschede, Boulevard 1945, Enschede

Mr. D. Blok (Netherlands) — Royal Netherlands Academy of Sciences and Letters, Keizersgracht 569-571, Amsterdam-C

Mr. E. Meynen (Federal Republic of Germany) — Ständiger Ausschuss für Geographische Namen, Langenbergweg 82, D-5300 Bonn 2

Mr. R. Böhme (Federal Republic of Germany) — Ständiger Ausschuss für Geographische Namen, Institut für Angewandte Geodäsie

Dutch- and German-speaking Division (continued)

Richard-Strauss-Allee 11
D-6000 Frankfurt am Main

Mr. E. Haack (German Democratic Republic) — Administration for Surveying and Cartography, Ministry of the Interior, Mauerstr. 29-32, DDR-1086 Berlin

Mr. J. Breu* (Austria) — Geographical Department, Austria Institute for Eastern and Southeastern Europe, Josefsplatz 6, A-1010 Vienna I

East, Central and South-East Europe Division
Division Chairmen: Mr. M. Szymczak (Poland) — Warsaw University, ul. Krakowskie Przedmieście 26/28, Cracow

Mr. E. Földi (Hungary) — Földmérési Intbzet, P.O. Box 546, 1373 Budapest

India Division
Absent

Latin America Division
Division Chairmen: Mr. F. Gall (Guatemala) — 13 Avenida A, No 14-23, Colonia Loma Linda, Zona 11, Ciudad de Guatemala

Mr. I. VELAZQUEZ García (Cuba) — Chief, Department of Cartography, Cuban Institute of Geodesy and Cartography, 20 No. 4115 Miramar, Playa, Havana

Mr. J. B. C. Wekker (Suriname) — President, Cartographic Committee, Phlox Str. 2, Paramaribo

Norden Division
Absent

Romano-Hellenic Division
Division Chairmen: Mr. J. Ramondou (France) — Institut géographique national, 2, avenue Pasteur, 94160 Saint-Mandé

Mr J. M. GONZALEZ Aboín (Spain) — Instituto Geográfico y Catastral, General Ibáñez de Ibero 3, Madrid 3

Romano-Hellenic Division (continued)

Mr. L. Mavridis (Greece) — Chairman, Department of Geodetic Astronomy, University of Thessaloniki, Thessaloniki

Mr. D. Vayacacos (Greece) — General Director, Greek Language Historical Dictionary, Academy of Athens, University Str. 28, Athens

Union of Soviet Socialist Republics Division
Division Chairmen: Mr. A. M. Komkov (USSR) — Vice-Chairman, Permanent Joint Committee on Geographical Names, Cartographic, Scientific Information Centre, 11 71 Novoshchukinskoya, D-98 Moscow

United Kingdom Division
Division Chairmen: Mr. H. A. G. Lewis (United Kingdom) — Permanent Committee on Geographical Names, 1 Kensington Gore, London S.W. 7 2 AR

Mr. P. J. M. Geelan (United Kingdom) — Permanent Committee on Geographical Names, 1 Kensington Gore, London S.W. 7 2 AR

United States of America/Canada Division
Division Chairmen: Mr. R. Randall (United States) — Executive Secretary, U.S. Board on Geographic Names, Defense Mapping Agency, Building 56—U.S. Naval Observatory, Washington, D.C. 20305

Mr. E. A. Stoneman (United States) — Chairman, U.S. Geographical Board, Department of State, 22nd and C Street, N.W., Washington, D.C. 20520

Mr. C. M. Heyda (United States) — SDNT, Hydrographic/Topographic Center, 6500 Brookes Lane, N.W., Washington, D.C. 20315

Mr. J. Orth (United States) — Executive Secretary for Domestic Names, U.S. Board on Geographic Names, USGS National Center 523, Reston, Virginia 22092

*Chairman of the United Nations Group of Experts on Geographical Names.

United States of America/Canada Division (continued)

Mr. A. Rayburn (Canada) . . . . . Executive Secretary
Canadian Permanent Committee on Geographical Names
580 Booth Street, Rm. 1224
Ottawa, K1A OE4

Observers

International Hydrographic Organization (IHO): . . . Admiral D. C. Kapoor
Director of the Directing Committee of IHO
7 Avenue J. F. Kennedy
Monte Carlo
Monaco

Intergovernmental Oceanic Commission (IOC): . . . . . Mr. G. N. Ewing
Chairman of the Joint IHO/IOC Sub-committee on Geographical Names and Undersea Nomenclature
Assistant Deputy Minister
Department of Fisheries and Oceans
C. D. Howe Building
Sparks Street
Ottawa, K1A
Canada

Annex II

LIST OF WORKING PAPERS

1. Withdrawn (see Working Paper No. 27)
2. Thoughts on the future of standardization of geographical names within the framework of the United Nations (agenda item 9). Submitted by J. Breu, Austria
3. Updating of the aims, functions and *modus operandi* of the United Nations Group of Experts on Geographical Names (agenda item 9). Submitted by F. Fall, Guatemala.
4. Comité directeur de l'ISO/TC 46—Réunion de Berlin (Novembre 1978), Rapport du secrétariat ISO/TC 46/SC 2: Conversion des langues écrites (agenda item 4). Submitted by J. Breu, Austria.
5. Toponymic guidelines for international cartography (agenda item 10(*d*)). Submitted by J. Breu, Austria
6. Working paper (agenda items 6 and 9). Submitted by J. Wekker, Suriname
7. United Nations specialist on geographical names (agenda item 6). Submitted by F. Gall, Guatemala.
8. The present state of automation in the compilation of Japanese geographical names (agenda item 10(*h*)). Submitted by T. Kanakubo, Japan.
9. Report from the Asia East Division (agenda item 6). Submitted by T. Kanakubo, Japan.
10. Technical explanations on spelling in the "Atlas of the People's Republic of China in the Chinese Phonetic Alphabet" (agenda item 10(*d*)). Submitted by China.
11. Report on the progress made in the standardization of geographical names in China (agenda item 6). Submitted by China.
12. Resolution of the Thirteenth International Congress of Onomastic Sciences, Cracow, 21-25 August 1978 (agenda item 4). Submitted by J. Breu, Austria
13. United Kingdom proposal for action at the forthcoming meeting of the United Nations Group of Experts on Geographical Names (agenda item 9). Submitted by the United Kingdom Division.
14. Report by the Chairman (agenda item 4). Submitted by J. Breu, Austria
15. Report of progress concerning the standardization of geographical names in the German Democratic Republic covering the period since the Third United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names in 1977 (agenda item 6). Submitted by the Ministry of the Interior of the German Democratic Republic.
16. List of names of oceans, arms of oceans and undersea reliefs (agenda item 8). Submitted by the Ministry of the Interior of the German Democratic Republic.
17. The spelling of geographical names of the Union of Soviet Socialist Republics and the People's Republic of Bulgaria in the German Democratic Republic (agenda item 11). Submitted by the Ministry of the Interior of the German Democratic Republic
18. Geographical names on the Baltic sea-coast of the German Democratic Republic (agenda item 11). Submitted by the Ministry of the Interior of the German Democratic Republic
19. Report of Africa West Division (agenda item 6). Submitted by Liberia
20. Withdrawn
21. Report of the United States of America/Canada Division (agenda item 6). Submitted by R. Randall, United States.
22. Standardization of geographical names in Greece (agenda item 6). Submitted by Greece
23. Concerning extraterrestrial topographic feature names (agenda item 10(*d*)). Submitted by A. M. Komkov, USSR
24. An automated information retrieval system for geographical names (toponyms) (agenda item 10(*h*)). Submitted by the USSR
25. Standardization of geographical names in the USSR in the period between the seventh and eighth sessions of the United Nations Group of Experts on Geographical Names (1977-1978) (agenda item 6). Submitted by A. M. Komkov, USSR
26. List of exonyms of the German Democratic Republic (agenda item 7). Submitted by the Ministry of the Interior of the German Democratic Republic
27. Report of the United Nations Working Group on Undersea and Maritime Features (agenda item 10(*b*)). Submitted by R. Randall, United States.
28. Activities of the United States in geographical names since the seventh session of the United Nations Group of Experts on Geographical Names (agenda item 6). Submitted by R. Randall, United States.
29. United States proposal concerning the work of the United Nations Group of Experts on Geographical Names (agenda item 9). Submitted by R. Randall, United States
30. Report by the United Kingdom Division (agenda item 6). Submitted by H. A. G. Lewis, United Kingdom.
31. Report by the United Kingdom Division (agenda item 6). Submitted by the United Kingdom
32. Sobre la posible romanización única de las diversas escrituras mundiales (agenda item 10(*d*)). Presentado por España
33. State of work on a single romanization system for each non-roman writing system (agenda item 10(*d*)). Submitted by E. Földi, Hungary
34. Rapport d'activité de la division romano-hellnique (agenda item 6). Submitted by J. Ramondou, France
35. Proposal for a working programme and layout of the United Nations Concise Gazetteer of the World (agenda item (*f*)). Submitted by the Dutch- and German-speaking Division

35/Add.1. Withdrawn.

36. List of country names and derivations as well as of capitals (agenda item 10(*g*)). Submitted by the Dutch- and German-speaking Division
37. Geographical names on the coast of the Federal Republic of Germany (agenda item 10(*g*)). Submitted by E. Meynen, Federal Republic of Germany.
38. ISO annual sub-report for 1978, conversion of scripts (agenda item 10(*d*)). Submitted by J. Breu, Austria.
39. Report by the Chairman of the Working Group on Gazetteers (agenda item 10(*f*)). Submitted by H. A. G. Lewis, United Kingdom
40. Statement made by A. Tazi (Morocco) on exonyms, at the eighth session of the United Nations Group of Experts on Geographical Names (agenda item 7)

41 Names of the capitals of States (agenda item 11). Submitted by the Ministry of the Interior of the German Democratic Republic

42. Working Group on Training Courses (agenda item 10(*e*)). Submitted by F. Ormeling, Netherlands

43 Documents de travail de la Division Afrique centrale (agenda item 6) Submitted by M. Bizenga, Congo

44. The activities of the Asia South-West (other than Arabic) Division (agenda item 6). Submitted by S. Erinç, Turkey

45. Report of the Federal Republic of Germany (agenda item 6). Submitted by E. Meynen, Federal Republic of Germany

46 Report of Africa East Division (agenda item 6). Submitted by W. J. Absaloms, Kenya

47 Report by Nigeria (agenda item 6). Submitted by Nigeria

48. Rapport du groupe de travail pour la liste des noms des pays du monde (agenda item 10(*g*)). Submitted by J. Ramondou, France

48/Add 1

Liste des noms de pays du monde (agenda item 10(*g*)). Submitted by J. Ramondou, France.

49. Special study group appointed to consider a proposal for an interim concise gazetteer of the world (agenda item 10(*f*)). Submitted by E. Meynen, Federal Republic of Germany.

50 Instructions for data capture for the preparation of the "Gazetteer of the Federal Republic of Germany" by automated data processing (agenda item 10(*h*)). Submitted by the Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main, Federal Republic of Germany

51. Paper submitted by S. Erinç, Turkey (agenda item 6)

52. Working paper on the standardization of division names (agenda item 6). Submitted by S. Erinç, Turkey.

53 Glosario de cierta terminología de trabajo usada en la normalización de nombres geográficos—primera edición (agenda item 10(*a*)). Submitted by the Group of Definitions

54 Report of activities (agenda item 6). Submitted by Zambia.

55 Transliteration of the Arabic alphabet (agenda item 10(*e*)). Submitted by A. Tazi, Morocco

56. Notes on the Geographical Conference of Islamic States (agenda item 10(*e*)). Submitted by A. Tazi, Morocco.

57. Report of the Chairman of the Latin America Division (agenda item 6). Submitted by F. Gall, Guatemala

Annex III

Modus Operandi OF THE UNITED NATIONS GROUP OF EXPERTS ON GEOGRAPHICAL NAMES

By Economic and Social Council resolution 1314 (XLIV) of 31 May 1968 and later decisions, the United Nations Group of Experts on Geographical Names was charged with providing for continuous co-ordination and liaison among countries to further the standardization of geographical names and to encourage the formation and the work of linguistic/geographical divisions.

In order to achieve the results required, on both the national and the international levels, as specified in the resolutions adopted at the United Nations conferences, the linguistic/geographical divisions listed below were formed:

Africa Central Division
Africa East Division
Africa West Division
Arabic Division
Asia East Division (other than China)
Asia South-East Division
Asia South-West Division (other than Arabic)
China Division
Dutch- and German-speaking Division
East, Central and South-East Europe Division
India Division
Latin America Division
Norden Division
Romano-Hellenic Division
Union of Soviet Socialist Republics Division
United Kingdom Division
United States of America/Canada Division

Membership of divisions

A country not already a member of a division will decide for itself to which division it wishes to belong. A country may also participate in the activities of divisions other than its own, provided the nature of their participation is not such as to change the linguistic/geographical character of the division.

The Group of Experts is composed of the national experts sent by member countries of the 17 divisions. Each division will select, by methods of its own choosing, an expert to represent the division as a whole at the meetings of the Group of Experts and to speak on divisional matters at the United Nations Conferences on the Standardization of Geographical Names.

The divisional representative will be responsible for ensuring that the work of the Group of Experts and its potential for technical assistance are brought to the attention of the individual nations within his division and for reporting to the United Nations any special problems within his division.

The divisional representative is expected to stimulate the standardization work within his division by all appropriate means—for example, correspondence (including national surveying and mapping agencies) and divisional meetings, preferably at least once every five years.

In order to guarantee the continuity of work, each division having more than one sovereign member State should select an alternate representative; the divisional representative will act in close contact with his alternate.

Governments may appoint national experts to attend meetings of the Group of experts on the understanding that those national experts will have the right to vote and that their attendance will be co-ordinated with the expert who represents the division in question and who will vote on behalf of the division. The Group of Experts would welcome participation by countries that have not yet participated in conferences or sessions of the Group of Experts, especially when their language or script is to be considered.

The Group of Experts will elect the following officers: Chairman; Vice-Chairman; and Rapporteur.

The elections mentioned above will be held at the termination of each United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names. The officers will serve until their successors are elected at the next Conference. The Cartography Section of the United Nations Secretariat will be the secretariat for the Group.

In the absence of the Chairman, the Vice-Chairman will assume the office of the Chairman. In the absence of the Vice-Chairman or the Rapporteur, the Chairman will appoint persons to complete the unexpired portion of their terms of office.

The Group of Experts will meet in accordance with the precedents set by the Economic and Social Council.

Agreement on technical matters will be achieved by consensus and not by voting. Voting will be reserved for matters solely of a procedural character.

Questions implicating national sovereignty outside the scope of standardization of geographical names are excluded from discussion in the Group.

Persons with special knowledge of particular aspects of the standardization of geographical names may be invited to place before the Group of Experts their specialized knowledge.

During the meetings of the Group of Experts, special working groups may be appointed to deal with particular issues. Upon completion of the appointed task, the working group will be automatically disbanded, unless especially directed to remain in being.

Working groups of specialists may be formed by the Group of Experts under the chairmanship of one of the national experts referred to above, to study particular problems between meetings of the Group of Experts.

In preparation for meetings of the Group of Experts, the Chairman may ask for special papers on particular topics.

The working languages of the United Nations selected for the conduct of business during the meetings of the Group of Experts will depend upon the nature of the representation and the facilities available at the time.

The Group of Experts will maintain communication among themselves. The Chairman will be responsible for communicating the results of the main activities to the Cartography Section of the United Nations Secretariat and to the members and officers of the Group.

Apart from communication through formal channels, experts representing divisions and also national representatives will be notified by informal means of the transactions, programmes and requirements of the Group of Experts.

The Group of Experts will encourage countries to supply information and assistance to other nations within or outside their respective divisions and also to the Cartography Section

PREPARATION BY ELECTRONIC DATA PROCESSING OF A CONCISE GAZETTEER ACCORDING TO UNITED NATIONS RECOMMENDATIONS*

Presented by the Federal Republic of Germany

The preparation of gazetteers was decided upon by resolution 4, entitled "National standardization", adopted by the first United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names, held at Geneva from 4 to 22 September 1967. At the Second United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names, held in London from 10 to 31 May 1972, the use of automated data processing was mentioned for the first time, in resolution 30, entitled "Application of data processing". The Third United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names, held at Athens from 17 August to 7 September 1977, recommended the United Nations Group of Experts on Geographical Names to turn its special attention to automated data processing.[1] In compliance with that recommendation, the Group of Experts founded a working group for automated data processing, with the following countries as members: Canada, Cuba, Japan, Malaysia, Spain, the Union of Soviet Socialist Republics, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, the United States of America and Zambia. R. Böhme, Federal Republic of Germany, was appointed convenor of the working group.

First attempts to prepare a gazetteer of the Federal Republic of Germany according to United Nations recommendations were made in 1968. The first partial edition, a gazetteer of Lower Saxony prepared by automated data processing, was submitted to the Athens Conference. In it, the printing of the names and the data relevant to them was done in preliminary form. (The graphic quality of future pages was to be improved.) An example of a page intended for the final edition, and abridged instructions, were attached. For the use of the gazetteer, detailed instructions will be worked out.

Once it was decided to prepare a gazetteer by data processing, it was necessary to define the principles, i.e., how many names would be entered and what additional information would be considered useful. As a first step, it is important to find out from the administration of a country what information systems have already been established by data processing in other technical fields, in order to handle data for the same features in the same way and to avoid duplication. By that means, one of the most essential rules to be observed in the establishment of a gazetteer by data processing is respected: compatibility with other systems already in existence. It is quite possible that some countries already have co-ordinate lists for the central points of settlements, which one can make use of by adding them to the data stock either at a terminal or via punched cards. Frequently it happens, however, that the data required for the gazetteer must be collected on one's own. In that case it is recommended that the data be taken by means of a digitizer from available maps, which should be at a scale larger than 1:500,000. This implies the digitizing of central points of populated places, the determination of river lengths, surface areas of lakes and the like. It is of utmost importance that, when the system to be used and the procedure of data collection are determined, the questions of data stock correction and later data stock revision are already settled. For determining the system, one will have to turn to experts in data processing who can, however, only do satisfactory work when the toponymist has defined his problem in such a manner that the data specialist can convert it into structures suitable for data processing. As soon as such a system stands, in principle, and has been tested, work can begin.

Collecting data entails a considerable amount of work. In order to make it possible for the greatest number of operators to begin work, instructions must be worked out which indicate precisely to each operator in what sequence he must proceed. At the Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG) at Frankfurt am Main, such instructions were prepared for the gazetteer of the Federal Republic of Germany. Although they were adapted to the instrumental equipment available at IfAG, they can serve as a model for similar data processing systems. The English translation of part of the instructions was submitted in the form of a working paper to the Group of Experts on Geographical Names at its eighth session. It contains details on collecting by digitizer or on punched cards, and on correction and revision. Furthermore, it deals in detail with matters such as the opening of magnetic tapes, the registration of sheet corners, feature collection by headers, the treatment of errors, and the closing of a digitizing section, all of which are explained by high-speed printer outputs. In punched card collection, it is very important that agreement be reached on the format of the data on the punched card. Examples are given in the instructions. The great importance of data stock correction and data stock revision has already been stressed. The instructions specify in detail how to proceed in the event that parts of the data record must be included or changed, entire strings must be replaced, names or key numbers must be changed or the entire feature, including all details, must be input anew. Since the process of data collection can only be dealt with briefly in the present paper, the Institut für Angewandte Geodäsie is ready to place details of the process at the disposal of anyone interested, upon request.

The Working Group on Automated Data Processing is at present engaged in making inquiries among its members about data processing systems for gazetteers which

* The original text of this paper, prepared by R. Böhme, Institut für Angewandte Geodäsie, appeared as document E/CONF.71/L.19

[1] See the reports of the Conferences (United Nations publications, Sales Nos. E.68.I.9, E.74.I.2 and E.79.I.4)

either have already been implemented or are in the process of being tested. The Working Group is also concerned with the compilation of a bibliography containing all contributions so far published on the subject. The results of those activities will be described in a report to the chairman of the Group of Experts on Geographical Names and will subsequently be made more widely available to countries. Those countries that are at present not represented in the Working Group but have already carried out a considerable amount of preparatory work on the use of data processing for the preparation of gazetteers are expected to be especially interested, but the information will be made available to all developing countries, particularly those of Latin America. The object is to place the findings of many years of experimental work at their disposal so that those countries need not repeat the investigative work already done. It is hoped that the report will be submitted to the chairman of the Group of Experts in 1980 so that it can be distributed to all countries before the ninth session of that Group, which is scheduled to be held at United Nations Headquarters in 1981. It should be possible to end the present phase of inventory-taking, which marks the present task of the Working Group on Automated Data Processing, with a comprehensive report to the Fourth United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names in 1982.

UNITED STATES PARTICIPATION IN INTERNATIONAL NAMES PROGRAMMES*

Paper presented by the United States of America

RÉSUMÉ

Depuis la première Conférence cartographique régionale des Nations Unies pour l'Amérique, qui a eu lieu à Panama du 8 au 19 mars 1976, les Etats-Unis d'Amérique ont continué à jouer un rôle actif dans toutes sortes de programmes internationaux concernant les noms géographiques.

Depuis cette conférence, les Etats-Unis ont participé à des programmes des Nations Unies, à des programmes régionaux et à des programmes de caractère bilatéral ayant pour objectif de mettre au point de meilleures méthodes pour les travaux de normalisation des noms géographiques au niveau local et international. En 1977, les Etats-Unis ont assisté à la troisième Conférence des Nations Unies sur la normalisation des noms géographiques, qui s'est tenue à Athènes du 17 août au 7 septembre, et pris part à des réunions de comités consacrées à diverses questions, telles que la toponymie des détails sous-marins, l'automatisation, les nomenclatures toponymiques, la romanisation et les définitions. Les Etats-Unis ont également participé à la huitième session du Groupe d'experts des Nations Unies sur les noms géographiques. A cette occasion, les Etats-Unis ont présenté des recommandations visant à améliorer les travaux de cet organe.

Les Etats-Unis ont par ailleurs contribué aux programmes du Pan American Institute of Geography and History (PAIGH) visant à préparer un répertoire des organismes des pays participant au PAIGH chargés de la normalisation des noms géographiques, ainsi qu'un glossaire des termes géographiques utilisés par les pays membres. Ces deux ouvrages doivent paraître en 1979.

La coopération avec d'autres pays aux fins de la recherche de solutions aux problèmes et de la mise en œuvre de programmes dans le domaine de la normalisation des noms géographiques demeure un aspect essentiel des activités des Etats-Unis. Cette coopération s'est avérée particulièrement utile pour les programmes des Etats-Unis concernant les noms étrangers, en particulier pour l'établissement de nomenclatures toponymiques.

RESUMEN

En el período transcurrido desde la Primera Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para América, celebrada en Panamá del 8 al 19 de marzo de 1976, los Estados Unidos de América han seguido participando activamente en una amplia gama de programas internacionales relativos a los nombres geográficos.

Desde esa reunión, los Estados Unidos han tomado parte en programas de las Naciones Unidas, en programas regionales y en programas de carácter bilateral encaminados a prestar asistencia en la elaboración de mejores métodos para las actividades nacionales e internacionales de normalización. Los Estados Unidos asistieron a la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas para Normalizar los Nombres Geográficos, celebrada del 17 de agosto al 7 de septiembre de 1977 en Atenas, y participaron en reuniones de comités sobre temas tales como los nombres de los accidentes submarinos, la automatización, los nomenclatores, la romanización y las definiciones. Los Estados Unidos participaron, asimismo, en el octavo período de sesiones del Grupo de Expertos de las Naciones Unidas en Nombres Geográficos. En dicha reunión, los Estados Unidos formularon recomendaciones para el mejoramiento de la labor de ese órgano.

Los Estados Unidos participaron también en programas del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) destinados a elaborar un índice de las instituciones de los Estados miembros del IPGH que estuvieran trabajando en la normalización de los nombres geográficos y un glosario de los términos geográficos utilizados por las naciones integrantes. Según se prevé, esos materiales se publicarán en el curso de 1979.

La colaboración con otras naciones en relación con problemas y programas sigue siendo fundamental en las actividades de los Estados Unidos. Esa colaboración ha tenido considerable valor para los programas de los Estados Unidos en materia de nombres extranjeros, especialmente para la compilación de nomenclatores.

La estrecha relación de trabajo con el Reino Unido y el Canadá ha proporcionado un buen marco para tratar los temas de interés común para los Estados Unidos y esos países.

* The original text of this paper, prepared by Richard R. Randall, Geographer, Defense Mapping Agency, and Executive Secretary, United States Board on Geographic Names, appeared as document E/CONF.71/L.66.

D'étroites relations de travail avec le Royaume-Uni et le Canada ont fourni un cadre adéquat pour l'examen des questions d'intérêt commun pour les Etats-Unis et ces deux pays.

Dans le cadre des activités de coopération, il convient de signaler en particulier l'institution d'un programme de formation qui permet aux ressortissants d'autres pays d'acquérir une formation en cours d'emploi aux méthodes de normalisation utilisées par les Etats-Unis. En 1978, un spécialiste du Royal Thai Survey (Service géographique thaïlandais) a travaillé pendant six semaines dans divers organismes américains pour se familiariser avec les méthodes de normalisation qui y sont utilisées.

Ha tenido particular importancia el establecimiento de un programa que permite impartir capacitación a personas procedentes de otros países con respecto de los procedimientos de normalización aplicados en los Estados Unidos. En 1978, un funcionario del Royal Thai Survey trabajó durante seis semanas en varios organismos de los Estados Unidos para adquirir experiencia en procedimientos de normalización.

For nearly a century, the United States of America has played a role in international names programmes. That role increased in proportion to the part played by the United States in international affairs, and received heavy emphasis after the Second World War. Because of the manifest requirements for adequate information about geographical names on a world-wide basis, the country is at present more busily occupied with international names programmes than ever before. More and more of the programmes are based on co-operative efforts with involved nations and, further, reflect growing interest on the part of the United Nations in names. The present paper, which reviews some of the major elements of United States work in the international area, supplements information on the topic presented in the report of cartographic activities in the United States of America of 1976.[1]

Since the preparation of that paper, the United States has continued to be active in international names programmes. A major event on the schedule was the Third United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names, held at Athens from 17 August to 7 September 1977. At that Conference, to which the United States sent a delegation of six persons, 152 representatives from 59 countries and 11 intergovernmental and international scientific organizations gathered to discuss action taken on topics considered at the previous Conference (1972) and the intervening sessions of the United Nations Group of Experts on Geographical Names. Papers presented by the United States covered such subjects as undersea features, extraterrestrial features, a national report, and other areas in which the country has been active.

One of the papers submitted by the United States delegation was a statement concerning work with the Pan American Institute of Geography and History (PAIGH), and a PAIGH Committee on Geographical Terminology. The statement mentioned work done by the committee to prepare two publications, one a directory of agencies in PAIGH countries engaging in names standardization, and the other a glossary of geographical terminology used in the same countries. By 1 March 1979 the directory of agencies was ready for final production; it should be available by July of 1979. The glossary of geographical terminology is still being compiled, but is nearing the final stages of work. It should be completed by August of 1979 and published shortly after.

More recently, the United States participated in the eighth session of the United Nations Group of Experts on Geographical Names, held at United Nations Headquarters from 26 February to 9 March 1979. There the United States reported on both its domestic and foreign names programmes. Worthy of mention is the plan to prepare gazetteers of the various states, based on names carried by standard map series produced by the United States Geological Survey. The gazetteers will be formatted for automated data processing and can be printed to meet stated requirements. For example, names can be listed in alphabetical order or they can be listed by type of feature. Currently, the states of Alaska, Massachusetts and Rhode Island are available, while the states of Washington, Idaho, Wyoming, Nebraska, Iowa, Indiana, Ohio, Pennsylvania and New Jersey are being prepared. Gazetteers of foreign areas are also being produced to update the library of some 160 publications already published. To the maximum extent feasible, the United States Board on Geographic Names (BGN) co-operates with countries being covered. Such collaboration has been and continues to be the primary basis of gazetteer work.

At the eighth session of the Group of Experts, the expert from the United States requested a review of the aims and objectives of the Group in the interest of bringing about changes to assure greater progress in specified areas. The original purposes of the Group, which are twofold, are still valid: to promote standardization of names within countries; and to encourage the exchange of technology from one country to another to aid in standardization.

Another example of the involvement of the United States in international names programmes is the close liaison maintained between BGN and the Permanent Committee on Geographical Names for British Official Use (PCGN) of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. In February 1979 those two standardizing organizations held their eleventh conference to discuss mutual interests and to develop plans for working on programmes related to problems of names in various areas. Of particular significance to BGN and PCGN is the advent of transliteration systems developed by countries using non-roman alphabets. BGN and PCGN have for many years employed specific transliteration systems that differ from those being established by some of those countries. The sudden introduction of new systems, by creating many new spellings of names, causes considerable confusion to "user" countries, such as the United States and the United Kingdom, which also may have to undertake costly revision of cartographic products and names files. BGN and PCGN

[1] *First United Nations Regional Cartographic Conference for the Americas, Panama, 8-19 March 1976*, vol. II, *Technical Papers* (United Nations publication. Sales No. E/F/S.79.I.14), p. 47.

reaffirmed their opposition to new transliteration systems that were not being used in the country concerned or whose development was carried out with no consultation with BGN or PCGN.

The United States co-operates with other organizations and countries in other ways. The BGN Advisory Committee on Antarctic Names corresponds with its counterparts in other countries to discuss questions about names and their application to features. Japan, the United Kingdom, New Zealand and Australia are some of the countries with which that committee has worked in recent times. The Advisory Committee on Extraterrestrial Feature Names, which was created in 1974, works closely with the International Astronomical Union in applying names to topographical features of the planets of the solar system. The Advisory Committee on Undersea Features also collaborates with other countries and accepts names of submarine features that appear on lists of specialized maps or charts issued by their official agencies.

Two of those BGN advisory committees gain further exposure to the international community through United States representation in United Nations programmes. In the area of undersea names, the United States has chaired the Working Group on Undersea and Maritime Features, a role that also includes collaboration with the Intergovernmental Oceanographic Commission and the International Hydrographic Organization. The task of the Working Group is to develop common standards for naming undersea features. Already accepted by the Working Group are guidelines (or principles) for naming features and a form that can be used when new names are proposed. Further work is required on terms and definitions on feature types. The United States also has contributed to ideas of international co-operation on naming extraterrestrial features by membership in the United Nations Working Group on Extraterrestrial Names.

A major element of BGN work on foreign names, of course, is co-operation with the countries concerned. That co-operation takes many forms, including correspondence on specific questions, exchange of materials or lists of names, and active collaboration on gazetteers. In the past few years, BGN has worked with Suriname, Guyana, the Soviet Union, Australia, New Zealand, Andorra and Canada, as well as the United Kingdom. Such exchanges will be increasingly sought by the United States in the future, not only because such arrangements constitute the logical approach to solving names problems but also because nations of the world are more and more able to share names information and to engage in co-operative programmes.

Another aspect of the involvement of the United States in international names work is a programme whereby BGN provides training in names-standardization procedures for representatives of foreign countries. The need for such training has long been discussed by members of the Board and by persons of other countries. At the Third United Nations Conference on Geographical Names (Athens, 1977), the United States delegation announced that BGN would organize such training for interested individuals. Several responses were received and, as a result of negotiations then carried out with Thailand, in June of 1978 a representative of the Royal Thai Survey Department began a six-week course. The course included lectures and on-the-job training in methods employed by both the Domestic Names Committee and the Foreign Names Committee. Since BGN does not carry out field-work, the training was confined to office procedures. Several benefits resulted from the course. First, the student from Thailand acquired important skills in standardization procedures which he can apply to names work carried out by his own country. Secondly, the staff of the BGN Foreign Names Committee gained information about names in Thailand which helped them to solve problems confronting them. Then, the experience set up a close liaison between the two countries which can be used in the future to take advantage of each. Finally, important lessons learned about presenting the course can be applied to future training sessions. Credit is due to the United States Geological Survey for supporting the aspect of training that related to domestic names, and to the Defense Mapping Agency for supporting work related to foreign names.

Geographical names can be viewed at different levels of concern. They are the object of attention of persons interested in genealogy, anthropology, history, etymology and onomastics. But they play a more vital role as pieces of information that are indispensable if humans are to communicate effectively about places on the face of the earth, in Antarctica, on the sea floors and on the surfaces of planets. Because names are vital elements of communication systems, they also need to be freely shared on a world-wide basis; they should be shared like information about climate or health. In the context of having universal locational importance, names, therefore, are essential elements of maps and charts designed to impart knowledge about places. With a full understanding of the problems associated with names collection, processing and updating, the United States reiterates its readiness to collaborate with all countries and all international organizations in names programmes. That attitude is based on the realization that communication, of which geographial names are an important part, is the primary vehicle through which genuine international understanding is attained.

LE TRAITEMENT AUTOMATISE DE TOPONYMES*

Document présenté par la France

SUMMARY

The cumbersomeness of manual processing of toponyms in cartographic processes has led to the study of the possibility of perfecting an automated processing system. An experiment was made, the results of which are described in the paper, together with the photocomposition results, i.e. lists of names to be used in preparing map name and reference indexes.

RESUMEN

Lo engorroso del tratamiento manual de los topónimos durante los diversos procesos cartográficos ha hecho que se estudiara la posibilidad de elaborar un sistema de tratamiento automático. Se ha emprendido, y se presenta aquí, un ensayo al respecto, así como sus resultados de fotocomposición: listas de topónimos destinadas a la redacción de la plancha de nombres e índice de referencias del mapa.

Lors du processus classique de cartographie, les toponymes sont manipulés un grand nombre de fois. Tout d'abord, ils sont acquis sur le terrain et recopiés sur un état justificatif, duquel on extrait les noms qu'on trie de façon à les regrouper en ensembles homogènes du point de vue typographique. Ces listes sont ensuite photocomposées, ce qui sous-entend une nouvelle copie. Ces divers traitements se reproduisent autant de fois que la carte est généralisée. Le risque d'erreur devient tel qu'il nécessite un important travail de vérification. La tentation est donc très forte de stocker ces toponymes sur un support magnétique, une fois pour toutes, lors de l'établissement des états justificatifs des noms et de mettre en place des processus de sélection et de photocomposition automatiques, à partir de cette unique source d'informations. On supprime ainsi et les risques d'erreur et les multiples vérifications.

A partir d'un tel stockage des noms, on peut très facilement faire des index de cartes. L'index est un complément particulièrement enrichissant de la carte; or il est assez délicat à établir, si on ne fait pas intervenir d'automatisme. C'est pourquoi rares sont les cartes munies d'index. Ce sous-produit d'un fichier de noms n'est donc pas du tout négligeable. De nombreux autres types d'exploitations se développeront certainement autour de cette source d'informations, mais, pour le moment, le présent texte ne développera que les deux grandes familles d'applications cartographiques : établissement des listes de noms en vue de la rédaction de la planche de noms et établissement d'index.

Pour être exploitable et pour remplir les missions qu'on s'est fixées, un fichier doit contenir suffisamment d'informations tout en évitant d'être ambitieux sous peine de ne jamais réussir à le compléter. C'est pourquoi on a choisi d'enregistrer les champs suivants :

a) Nom;

b) Nature de l'objet géographique dénommé;

c) Importance relative dans l'ensemble des objets de même nature;

d) Coordonnées de l'objet;

e) Appartenance de l'objet à une entité géographique.

Quelques problèmes se posent déjà pour la constitution de tels enregistrements. Les options suivantes ont été prises :

Le nom est codé dans sa forme longue complète, en majuscules et minuscules. Les accents sont codés par des signes symboliques spéciaux précédant la lettre à modifier. Les termes génériques et les articles sont renvoyés entre parenthèses à la fin du toponyme lui-même.

Cette règle du terme générique renvoyé en fin de toponyme pose un problème, lorsqu'on aborde certaines régions qui pratiquent une langue régionale suffisamment vivace pour que des termes génériques locaux soient d'usage courant dans les toponymes. Une première solution est de ne pas renvoyer les termes génériques, une deuxième est de faire accompagner toute publication de ces toponymes d'un lexique des termes génériques retenus.

L'ensemble des natures d'objet peut être très réduit et dans ce cas l'information sous-jacente est limitée ou plus étendue et les applications nécessiteront un plus grand soin. Actuellement nous avons décidé de laisser cet ensemble ouvert.

L'importance cartographique de l'objet dénommé est fonction de l'échelle de représentation. C'est ce code qui déterminera le corps typographique du nom. C'est aussi lui qui permettra de faire des sélections pour l'établissement des cartes dérivées. Il est bien connu que l'importance prise par un objet dépend de ses voisins, et le nombre de ses voisins dépend de l'échelle, ce qui explique qu'une déduction logique des objets et de leurs caractéristiques, pour les échelles dérivées, en ne tenant compte que de l'objet lui-même peut apparaître peu satisfaisante pour le cartographe. Nous lui laissons donc la possibilité de réajuster ce champ pour les échelles dérivées.

Les coordonnées citées sont celles de l'élément lui-même pour les détails ponctuels. Pour les détails de plus grande étendue, on prend le centre de gravité visuel. Les éléments linéaires peuvent être soit des routes—mais nous avons choisi de ne pas les enregistrer pour le moment—soit des éléments hydrographiques. Dans ce cas, on note les coordonnées du confluent ou de l'embouchure s'ils se trouvent dans la carte considérée, sinon les coordonnées du point de sortie définitif de la carte.

Le champ dénommé "appartenance" veut donner une idée de l'imbrication des objets géographiques entre eux. C'est la division administrative de plus petit niveau significatif (fonction de l'échelle de la carte) qui contient l'objet tout entier. Ainsi pour une carte au 1/25 000, en France, la commune sera le niveau de base.

Les objets à cheval sur deux communes sont notés comme appartenant au canton.

* Le texte original de ce rapport, préparé par E. Rinié, a paru sous la cote E/CONF.71/L.75.

Les rivières et les éléments linéaires étant essentiellement longs, on note l'élément récepteur (fleuve ou bassin).

Dans l'ensemble pour tous les champs enregistrés, une structure d'accueil très souple a été envisagée.

Les documents de base sont l'état justificatif des noms et la minute de complètement du terrain. A partir de ceux-ci on enregistre tous les champs et on crée un fichier des noms. Des programmes sont établis pour sortir, d'une part, la liste des noms cartographiques et, d'autre part, l'index d'accompagnement de la carte.

Un essai a été réalisé à l'Institut géographique national en France, lors de la préparation d'une carte routière, sur une préfecture (division administrative)

A partir de l'état des noms, on a numéroté, séquentiellement tous les noms, enregistré la correspondance numéro—nom, nature du détail, importance du détail (fonction, pour les lieux habités, du nombre d'habitants). Le niveau d'appartenance est la préfecture. Les coordonnées ont été obtenues en reportant sur un calque des points correspondants à la localisation du détail avec le numéro les caractérisant. Sur table de numérisation, on a alors enregistré la correspondance numéro—coordonnées table. Par un programme de transformation, à partir de points d'appui connus, on calcule les coordonnées géographiques de ces points qu'on ajoute à l'enregistrement ébauché.

Un premier tri des noms est réalisé. Il permet de regrouper les noms ensembles homogènes de nature de détail et d'importance. Ainsi à l'intérieur de cet ensemble tous les noms ont les mêmes caractéristiques typographiques et sont de plus triés géographiquement. A chacun de ces groupes le cartographe affecte des caractéristiques typographiques et un programme génère la photocomposition de cet ensemble. Le film obtenu reproduit sur support adhésif est utilisable par la dessinatrice pour la mise en place des noms de la manière la plus classique qui soit. Sa recherche est facilitée par le fait que les noms se présentent dans un ordre géographique donné.

Les noms à disposition sont photocomposés avec différents espacements de façon à laisser le choix de la bonne présentation au rédacteur. les noms de rivière sont photocomposés plusieurs fois et avec deux corps descendants, puisque l'enregistrement de base est celui situé au confluent et que l'importance de la rivière peut varier dans l'étendue de la zone cartographiée. Il n'est pas exclu que la dessinatrice ait parfois une photocomposition additive à demander, cependant on a essayé de prévoir le maximum de cas possibles afin de limiter la fréquence de cette éventualité.

Un deuxième tri des noms est réalisé, de façon à obtenir l'index, qui est également photocomposé directement. La présentation choisie est : nom—coordonnées—signe conventionnel caractéristique de la nature du détail, de façon à obtenir le maximum d'impact visuel et, par ce fait, favoriser la recherche d'un nom. Le nombre de symboles doit être petit, si on veut effectivement conserver ce meilleur impact visuel.

Cet essai est très limité et reste entâché d'imperfections. Nous avons néanmoins démontré la faisabilité du système. Nous allons immédiatement passer à des réalisations de plus grande envergure et mettre en œuvre des programmes de tests et d'interconnexions entre fichiers.

LA NORMALIZACION DE LOS NOMBRES GEOGRAFICOS: UN MECANISMO PARA LOGRARLA*

Documento presentado por México

Es evidente la confusión y desorden imperantes en lo que respecta a los nombres geográficos. Quizás en el pasado, por una manifiesta falta de interés por el tema, se dejó en la mayoría de los casos al capricho y al azar la designación de nombres que se han venido aplicando con criterios muy subjetivos, sin bases científicas o de apoyo cultural que los justifiquen.

Hoy en día, apreciada en su exacta dimensión la importancia de este problema, es necesario reconocer que los topónimos y otros nombres geográficos son parte de la riqueza cultural de cada nación.

Para la elaboración de una cartografía útil es fundamental contar con nombres geográficos normalizados que permitan situar, diferenciar y delimitar correctamente los accidentes geográficos.

Una ligera revisión de la problemática en esta materia, hace evidente la permanencia, desde hace veinte años, de una serie de factores que dificultan la normalización de los nombres geográficos. Destacan, entre otros:

a) La determinación del nombre auténtico y su ortografía correcta;

b) La determinación de la extensión de los accidentes geográficos a los que se les aplica el nombre;

c) La elección entre varios nombres, con bases para su aceptación;

d) El tratamiento de nombres en idiomas que no tienen escritura;

e) La definición de criterios para conservar nombres establecidos o sustituirlos por otros;

f) El considerar cuándo debe estimarse excesiva la duplicidad de nombres;

g) El cómo lograr la aceptación de nombres normalizados por parte de los habitantes.

Desde 1967 a la fecha se han efectuado tres conferencias de las Naciones Unidas, tres conferencias regionales panamericanas y cinco reuniones de América Central entre otras, convocadas todas ellas para tratar problemas de normalización de nombres geográficos. Entre sus principales recomendaciones se encuentran:

a) La creación de órganos nacionales encargados de la normalización de nombres geográficos;

b) La publicación de glosarios nacionales de términos geográficos;

c) El estudio de la composición étnica o linguística de cada país para identificar el idioma de procedencia de los topónimos.

* El texto original de esta monografía, preparado por Miguel A. Gutiérrez Vertti, Francisco Hansen Albites, Eduardo Menéndez Acosta y Gerardo de Jesús Romero, Secretaría de Programación y Presumpuesto (DETENAL), se publicó como documento E/CONF.71/L.79

Los principales resultados en el ámbito internacional en materia de nombres geográficos son:

a) La adopción, por parte de algunos países, de las recomendaciones de las Naciones Unidas en el sentido de la creación de organismos normalizadores de nombres geográficos;

b) La creación del glosario de terminologia técnica que está prácticamente terminada en sus versiones en inglés y francés;

c) La existencia de cursos de capacitación para normalización de nombres geográficos;

d) El hecho de que varios países están trabajando en la normalización de nombres geográficos.

Las repetidas instancias de las diversas conferencias internacionales para la creación de organismos normalizadores no han tenido el éxito deseado. Salvo contadas excepciones, sus recomendaciones no llegan a cristalizar debido a que se quedan encajonadas y no alcanzan a las autoridades capaces de tomar decisiones. Cuando llegan a instrumentarse, el organismo carece a menudo del apoyo necesario; no tiene toda la autoridad requerida; no se piensa que su actividad tenga alguna prioridad y, ante la magnitud del problema, o no hace nada efectivo o simplemente deja de funcionar.

Los topónimos son parte de la información, la cual para su empleo eficiente debe ser veraz y oportuna; la información falsa y confusa conduce a la formulación de juicios equivocados y a una inadecuada toma de decisiones.

Los problemas definidos desde 1959 en lo que respecta a los nombres geográficos siguen siendo los mismos en la actualidad; las posibles formas de solución se plantearon desde entonces y no se ven a la fecha resultados significativos. Nuevamente parece que no se ha tenido suficiente respaldo en la solución del problema.

Muchos usuarios a menudo piensan que la inclusión de topónimos en un mapa elaborado por una institución oficial automáticamente los legaliza. Esto no es cierto en todos los casos. Lo que ocurre con frecuencia es que la institución simplemente recopila dichos nombres procurando no alterar los usos sancionados por la costumbre, reproduciendo a menudo los errores y a veces agravándolos sin tener la oportunidad, debido a presiones de producción, de investigar la validez de los nombres recopilados.

Uno de los factores que han influido en este estado de cosas es la falta previa de una cartografía sistemática y ordenada. Mientras no la hubo, los topónimos se desarrollaron a su propio arbitrio, con todos los vicios e inconsistencias naturales de una acción espontánea. Uno de los problemas actuales es que ahora, como en el caso de México, se está haciendo un esfuerzo por tener una cartografía sistemática, de alto valor informativo, y se tienen que incorporar a ella, casi por fuerza, todos los vicios e inconsistencias de los nombres geográficos desarrollados en siglos.

Existen algunos antecedentes históricos-legales que demuestran la necesidad y la preocupación por la certeza y la permanencia de los nombres geográficos. Dentro de éstos deben mencionarse:

a) Durante la dominación española en América existió una ley que protegía los nombres de las poblaciones indígenas;

b) En los Estados Unidos, una ley pública en 1947 crea una autoridad central para normalizar los nombres geográficos en conjunto con el Consejo de Nombres Geográficos (Board on Geographic Names), cuyos resultados han permitido a aquel país contar con un nomenclator nacional; el de todos los países del mundo y el de los accidentes geográficos submarinos. La Luna y algunos planetas no han sido la excepción;

c) En la provincia de Quebec, en el año 1977, se expide una ley denominada Carta de la Lengua Francesa que crea una comisión de toponimia cuyas disposiciones normalizan, haciendo oficiales y obligatorios, los nombres geográficos de esa provincia.

En base a estas experiencias y algunas otras, debemos reconocer que constituyen las mejor comprobación de que las buenas intenciones, las mejores recomendaciones y los mayores esfuerzos para alcanzar una normalización de nombres geográficos sólo son posibles, cuando se cuenta con una efectiva sustentación legal.

Aun cuando existe en algunos países autoridad nacional de nombres geográficos, el avance en materia de normalización no depende exclusivamente de la existencia del organismo.

Paralelamente a este y a los esfuerzos desarrollados por las conferencias y reunions de normalización, es necesaria la cabal comprensión por parte de las autoridades nacionales de alto nivel acerca de las repercusiones en los aspectos económicos y sociales de contar con un nomenclátor nacional normalizado.

Es absolutamente necesaria la concientización de los grupos dirigentes sobre la necesidad de legislar en materia geográfica. La geografía ya no es una ciencia descriptiva: en la actualidad tiene implicaciones analíticas profundas, estrechamente relacionadas con el bienestar de los grupos sociales.

El mayor o menor avance que se logre en la normalización de nombres geográficos depende en gran parte de esta comprensión.

Se trata en todo caso, de normar la actividad geográfica y sus manifestaciones y, dentro de ello, debe incluirse la normalización de la toponimia.

En vista de las anteriores consideraciones, la delegación de México se permite proponer a la Conferencia que apruebe las recomendaciones siguientes:

a) Todos los países de América deberán dar la necesaria legislación en materia geográfica y, muy especialmente, en normalización de nombres geográficos. Dicha legislación deberá contemplar otras actividades de la cartografía, como son: geodesia, aerofotografía, fotogrametría, etc. El cuerpo de leyes que se diseñe para regular las actividades geográficas deberá tener alcance y observancia general en cada país y su objeto deberá ser la geografía comprendida integralmente.

b) Las Naciones Unidas deberán orientar prioritariamente su ayuda técnica y financiera para normalización de nombres geográficos a los países que cuenten con leyes en materia geográfica.

c) Las Naciones Unidas deberán elaborar y difundir un documento, dirigido a las autoridades de decisión en cada país y a los grupos involucrados en problemas geográficos, que establezca en forma integral las ventajas sociales y económicas que representa tener una normalización de nombres geográficos, tanto a nivel nacional como internacional.

The confusion and disorder prevailing in the matter of geographical names are evident. Perhaps because of a manifest lack of interest in this subject, in the past the designation of names was in most cases left to whim and chance, with the result that they have been used in a very subjective manner with no scientific or cultural basis to justify their use.

Now that the importance of this problem is properly appreciated, it must be recognized that toponyms and other geographical names are part of the cultural wealth of each nation.

Useful cartography must draw on standardized geographical names that make it possible to locate, differentiate and delimit geographical features correctly.

A brief review of the problems involved reveals the persistence of a number of factors, over the past 20 years, that have made the standardization of geographical names difficult, namely:

(*a*) The determination of the proper name and its correct spelling;

(*b*) The determination of the extent of the geographical features named;

(*c*) Substantiated selection of a single name to be accepted out of several proposed names;

(*d*) The treatment of names in languages having no written form;

(*e*) The establishment of criteria for the preservation of established names or their replacement by others;

(*f*) The problem of deciding when duplication of names should be considered excessive;

(*g*) The problem of ensuring acceptance of standardized names by the inhabitants.

Since 1967, three United Nations conferences, three regional conferences for the Americas and five Central American meetings have been held, among others, to discuss the problems involved in standardizing geographical names. Those conferences made the following main recommendations:

(*a*) The establishment of national agencies to standardize geographical names;

(*b*) The publication of national glossaries of geographical terms;

(*c*) The study of the ethnic or linguistic composition of each country to identify the language from which toponyms are derived.

The principal achievements in the international sphere with regard to geographical names are:

(*a*) The adoption by certain countries of United Nations recommendations concerning the establishment of agencies to standardize geographical names;

(*b*) The preparation of a glossary of technical terms, the English and French versions of which are practically complete;

(*c*) The organization of training courses in the standardization of geographical names;

(*d*) The work being carried out by several countries in standardizing geographical names.

The repeated recommendations of the various international conferences concerning the establishment of agencies for the standardization of geographical names have not been as successful as one would have hoped. With a few exceptions, the recommendations on the subject have failed to crystallize because they come to a dead end and do not reach the authorities capable of making decisions; and when they are acted on, such agencies often lack the necessary support and authority or have not been assigned sufficient priority. Consequently, in view of the magnitude of the problem, they either become ineffectual or simply cease to function altogether.

Toponyms are part of information, and if information is to be adequate and serve its purpose, it must be truthful and opportune. False and confused information leads to bad judgement and inadequate decision-making.

The problems defined in 1959 regarding geographical names persist at the present time. Possible means of solving them were proposed at that time; however, no significant results have been recorded to date. Once again it appears that efforts to solve the problem received insufficient support.

Many users often assume that the inclusion of toponyms on maps prepared by official institutions automatically legalizes the use of such names, although this is not necessarily true. What happens is that institutions frequently merely compile lists of such names without altering the versions sanctioned by custom, often reproducing errors—and at times compounding them—without being able to investigate the validity of the names compiled, because of production pressures.

One of the factors contributing to this situation is the lack of orderly and systematic prior mapping. Without such mapping, place names arose at random, with all the faults and inconsistencies inherent in spontaneous growth. One of the current problems is that now that an effort is being made, as in the case of Mexico, to ensure systematic mapping with a high information content, the maps almost inevitably have to incorporate all the faults and inconsistencies of the geographical names that have emerged over the centuries.

Some historical legal developments show the need and concern for the accuracy and permanence of geographical names, for example:

(*a*) In New Spain a law was enacted to protect the names of indigenous places, also making provision for the addition of Spanish names;

(*b*) In the United States a law was enacted in 1947 establishing a central authority to update geographical names in conjunction with the Board on Geographic Names and, as a result, that country has its own national gazetteer, and great progress has been made in establishing international gazetteers and in the naming of underwater geographical featues as well as in establishing nomenclature for the moon and certain planets;

(*c*) In the Province of Quebec an Act was passed in 1977, entitled "French Language Map", establishing a new commission on place names and providing for the standardization of geographical names in that Province, making them official and compulsory.

Those developments and others afford the best possible evidence of the fact that good intentions, the best recommendations and the utmost efforts to achieve the standardization of geographical names can succeed only where there is effective legal backing.

Even in the case of countries which have a national authority for geographical names, progress in standardization does not depend solely on the existence of such a body.

Parallel with these developments and with the efforts made at conferences and meetings on standardization there is a need for a complete understanding on the part of high-level national authorities of the economic and social implications of having a standardized national gazetteer.

It is absolutely essential that authorities should be aware of the need for legislation on geographical subjects, for geography is no longer a descriptive science but now has far-reaching analytical implications which are closely related to the well-being of social groups.

The amount of progress in the standardization of geographical names will largely depend on this understanding.

At all events there is a need to standardize geographical activities and their various aspects, including toponymy.

In view of the above considerations, the Mexican delegation would like to propose that the Conference should adopt the following recommendations:

(*a*) That all the countries of the Americas should enact the necessary legislation on geographical matters, particularly concerning the standardization of geographical names. Such legislation should cover other activities in addition to cartography, such as geodesy, photogrammetry etc. The body of laws designed to regulate geographical activities should be general in scope and applied in all countries, and should cover the entire field of geography.

(*b*) That the United Nations should give priority in its financial assistance for the standardization of geographical names to countries which have laws on geographical matters.

(*c*) That the United Nations should prepare and issue a document for use by the decision-making authorities of each country and by groups concerned with geographical problems, setting out all the social and economic advantages to be derived from the standardization of geographical names, at both the national and international levels.

De toute évidence, le désordre et la confusion règnent dans ce domaine de la normalisation des noms géographiques. Dans le passé, peut-être par manque d'intérêt manifeste pour la question, le choix des noms était dans la plupart des cas laissé au hasard et on en est venu à appliquer des critères extrêmement subjectifs, ne reposant sur aucune base scientifique ou culturelle.

Maintenant qu'on apprécie les dimensions exactes du problème, il faut reconnaître que les toponymes et autres noms géographiques font partie du patrimoine culturel de chaque nation.

Il est essentiel, pour que la cartographie soit utile, de disposer de noms géographiques normalisés, permettant de situer, de différencier et de délimiter correctement les accidents géographiques.

Un rapide examen de la question montre que, depuis 20 ans, divers problèmes gênent la normalisation des noms géographiques, à savoir :

a) Comment déterminer le nom authentique et son orthographe correcte;

b) Comment délimiter l'étendue de l'accident géographique ainsi désigné;

c) Sur quelle base choisir entre différents noms;

d) Comment traiter les noms géographiques dans les langues non écrites;

e) Selon quels critères il faut conserver le nom usuel ou le remplacer par un autre;

f) Comment juger si le nombre de noms est excessif;

g) Comment faire accepter les noms normalisés par la population.

Depuis 1967, trois conférences des Nations Unies organisées au niveau mondial, trois conférences régionales pour l'Amérique et cinq réunions pour l'Amérique centrale ont été consacrées à la normalisation des noms géographiques. Leurs principales recommandations sont les suivantes :

a) Créer des organismes nationaux chargés de la normalisation des noms géographiques;

b) Publier des glossaires nationaux de termes géographiques;

c) Etudier la composition ethnique ou linguistique de chaque pays afin d'identifier la langue d'origine des toponymes.

Les principaux résultats obtenus au niveau international dans le domaine des noms géographiques sont les suivants :

a) La création dans divers pays d'organismes chargés de la normalisation des noms géographiques, comme suite aux recommandations des conférences des Nations Unies;

b) L'élaboration d'un glossaire technique, qui est pratiquement terminé en anglais et en français;

c) L'institution de cours de formation à la normalisation des noms géographiques;

d) Les travaux de normalisation des noms géographiques entrepris dans divers pays.

Les demandes réitérées émanant de différentes conférences internationales et tendant à créer des organismes de normalisation n'ont pas obtenu le succès escompté. A de rares exceptions près, ces recommandations ne peuvent se concrétiser car elles restent dans les archives et ne parviennent pas aux autorités responsables de la prise de décisions. Dans les cas où il est possible de les mettre en œuvre, l'organisme responsable est fréquemment dépourvu des moyens nécessaires ou de l'autorité qu'exige l'exécution de sa tâche, aucune priorité n'est attachée à son activité et, face à l'ampleur du problème, ou il est inefficace, ou plus simplement, il cesse d'exister.

Les toponymes font partie de l'information; celle-ci, pour être adéquate et adaptée aux objectifs que vise l'intégration des toponymes, doit être correcte et disponible en temps voulu; une information inexacte et confuse amène à formuler des jugements erronés et à prendre des décisions inopportunes.

Les problèmes définis depuis 1959 dans le domaine de la normalisation des noms géographiques continuent à se poser aujourd'hui et les solutions éventuelles envisagées alors n'ont pu, à cette date, donner des résultats significatifs. Il semble là encore qu'on n'ait pas suffisamment cherché à résoudre le problème.

Nombre d'utilisateurs pensent souvent que l'inclusion de toponymes sur une carte établie par un organisme officiel est le garant automatique de leur validité; ce n'est pas le cas. En réalité, l'organisme en question se borne souvent à compiler ces noms en veillant à ne pas modifier les usages sanctionnés par la coutume, réproduisant souvent les erreurs quand il ne les aggrave pas, et n'ayant pas la possibilité, compte tenu des exigences du calen-

drier de production, de vérifier l'exactitude des noms utilisés.

L'un des facteurs responsables de cette situation est l'absence préalable d'une cartographie systématique et méthodique. Tant qu'elle a fait défaut, les toponymes se sont développés à leur guise, avec tous les vices et incohérences inhérents à une action spontanée. L'un des problèmes actuels est que, dans un pays comme le Mexique par exemple, où on cherche à établir une cartographie systématique, riche en information, il est pratiquement obligatoire d'y incorporer tous les vices et incohérences des noms géographiques employés pendant des siècles.

Il existe certains antécédents historiques et juridiques qui démontrent le besoin et le souci d'exactitude et de permanence des noms géographiques, notamment :

a) Une loi promulguée en Nouvelle-Espagne et protégeant les noms des villages indigènes, en dépit des noms espagnols qui leur étaient attribués;

b) Une loi promulguée en 1947 aux Etats-Unis, portant création d'une autorité centrale chargée, conjointement avec le Conseil des noms géographiques (Board of Geographic Names), d'actualiser les noms géographiques. Cette loi a permis aux Etats-Unis de disposer d'une nomenclature nationale et de réaliser des progrès notables dans la nomenclature internationale des accidents géographiques sous-marins. La Lune et certaines planètes n'ont pas fait exception;

c) Dans la province de Québec, une loi appelée Charte de la langue française, a été promulguée en 1977, portant création d'une nouvelle commission de toponymie dont les dispositions normalisent les noms géographiques de la province, les rendant officiels et obligatoires.

Ces antécédents, et quelques autres, constituent la preuve manifeste que les bonnes intentions, les recommandations les meilleures et les efforts les plus résolus en matière de normalisation des noms géographiques ne valent que lorsqu'ils sont étayés par une législation efficace.

Même s'il existe dans certains pays un service national ayant autorité en matière de noms géographiques, les progrès dans le domaine de la normalisation ne sauraient exclusivement dépendre de l'existence d'un tel service.

Parallèlement aux activités de ces services et aux travaux des conférences et réunions de normalisation, il faut que les autorités nationales au plus haut niveau saisissent toute l'importance pour la vie économique et sociale du pays d'une nomenclature nationale normalisée.

Il est absolument essentiel que les dirigeants nationaux prennent conscience de la nécessité de légiférer en matière géographique. La géographie n'est plus une science descriptive, elle a désormais des incidences profondes au niveau de l'analyse, incidences étroitement liées au bien-être des différents groupes sociaux.

C'est en grande partie de cette prise de conscience que dépend le progrès plus ou moins rapide de la normalisation des noms géographiques.

Il s'agit en tout état de cause de réglementer l'activité géographique sous ses diverses formes, et c'est dans ce contexte que doit s'inscrire la normalisation de la toponymie.

Compte tenu de ce qui précède, la délégation mexicaine propose donc que la Conférence adopte les recommandations suivantes :

a) Tous les pays d'Amérique devraient adopter la législation nécessaire concernant les activitiés géographiques, et plus particulièrement la normalisation des noms géographiques. Cette législation devrait également s'étendre à d'autres aspects de la cartographie, tels que la géodésie, la photogrammétrie, etc. L'ensemble de lois conçu pour réglementer les activités géographiques devrait être de portée et d'application générales dans chaque pays et traiter de la géographie comprise au sens le plus large;

b) L'Organisation des Nations Unies devrait accorder une aide financière aux fins de la normalisation des noms géographiques en priorité aux pays qui seront dotés d'une législation en matière géographique;

c) L'Organisation des Nations Unies devrait élaborer et diffuser, à l'intention des autorités chargées de la prise de décisions dans chaque pays ainsi que des groupes s'occupant de problèmes géographiques, un document exposant tous les avantages sociaux et économiques que présente la normalisation des noms géographiques, au niveau tant national qu'international

STANDARDIZATION OF TOPONYMY IN SURINAME*

Paper presented by Suriname

RÉSUMÉ

Alors que, dans la région côtière, les toponymes reflètent manifestement l'influence des premiers colons européens, ils sont dans l'intérieur des terres principalement d'origine indigène.

Le multilinguisme, les fausses interprétations étymologiques et sémantiques des noms géographiques, l'évolution orthographique du Sranan (idiome local du Suriname) ont rendu nécessaire la normalisation des noms géographiques sur la carte.

Il a notamment été décidé que , dans toutes les langues utilisant l'alphabet latin, le nom du pays s'orthographierait Suriname. La proposition du Suriname a été acceptée par l'Organisation des Nations Unies.

RESUMEN

Si bien la influencia de los antiguos colonizadores europeos es clara en la zona costera del país, los topónimos en el interior son predominantemente autóctonos. La pluralidad de lenguas, las malas interpretaciones etimológicas y semánticas de los nombres geográficos y los avances logrados en relación con la escritura del sranan (la lingua franca de Suriname) requerían proceder a una normalización de los nombres geográficos en el mapa. Una de las resoluciones que se tomaron al respecto fue que el nombre del país se escribiera Suriname en todos los idiomas que emplearan el alfabeto latino. Se aceptó en las Naciones Unidas la propuesta presentada por Suriname.

* The original text of this paper appeared as document E/CONF 71/L 84

The Republic of Suriname—situated on the north-east coast of the South American mainland, between 54° and 58° west of Greenwich and 2° and 6° north latitude between Guyana, French Guiana and Brazil—is divided into nine districts.

There are five large rivers which rise at the divide with the sources of the Amazon River, flow to the north-east, and discharge into the Atlantic Ocean.

Besides the many settlements of descendants of black slaves, Maroons and the many Indian tribes, there are many extensive rapids (*sulas*) and river islands (*tabikis*). Of the total area of 163,800 km^2, only a coastal strip about 25 km wide is intensively populated or cultivated.

The river valleys to the west of the country are uninhabited. The Surinamese population is composed of descendants of many races, apart from the aboriginal inhabitants already mentioned. The various races have left their mark on the toponymy on the map.

Whereas the influence of former European colonizers (Spanish, British, French and Netherlands) is evident in the coastal area, the toponyms in the interior, with the exception of the oronyms, are predominantly indigenous, though this is indicated on the map according to Dutch interpretation.

The difference in languages between the inhabitants of the coast and the population of the interior is clearly reflected in the geographical names, while spelling changes in Dutch are also reflected in the toponymy. Multilingualism, the etymological and semantic misinterpretation of geographical names, the nomadic way of life of some Indian tribes, and developments in the spelling of Sranan (the *lingua franca* of Suriname), necessitated standardization of the geographical names on the map.

Therefore, the Surinamese Cartographic Committee was created by the Government, on 23 May 1970. In co-operation with the district authorities, an inventory of names was made on maps in the scales of 1:40,000 for the northern part of the country and 1:100,000 for the remaining part.

In September 1974 the first seminar on the standardization of geographical names was held in Suriname. One of the positive results of the seminar was that a number of resolutions were adopted, one of which advocated the establishment of a National Names Authority.

This authority has not yet an official status, but a working group on toponymy, under the auspices of the official Surinamese Cartographic Committee, works on the standardization of names. A toponymy project has now been completed in west Suriname.

The names in that region are scarce. In view of a possible large-scale development project (the exploitation of bauxite with adjoining railways and hydro-electric works) in the area, it became desirable to give names to the geographical entities.

The following criteria were decided upon: (1) the names should be efficient and euphonious, and possess meaningful components; (2) they should be related to local conditions and should, historically speaking, be justified; (3) there should be unity of spelling.

As regards the last criterion, the following procedure was followed:

(*a*) Dutch, French and English toponyms are written according to the official spelling of the language concerned;

(*b*) The remaining names are written according to existing spelling in Sranan;

(*c*) The generic term in a Dutch geographical name is retained in that language, like the descriptive part of that name. In all remaining cases (Indian, Ndyuka, Saramaka, Sranan, Hindi, English), generic terms will be indicated in Sranan.

The following procedure was followed for toponyms:

Natural entities

- Inventory of existing toponymy
- Establishing nameless entities
- Determining the importance of the entity. The principal focus of attention here was its value within the group.
- Selection from a list of Amerindian names traditional to that area but gone out of use, e.g., Anorasula instead of Frederik Wilhelm Waterfall
- Selection from a list of historical names circulating in the area, whether or not they had been recorded in writing (balata period), e.g., Doublestephoy
- Selection from a list of existing names of geographical entities that have disappeared (inundation)
- Extension and specification of one geographical entity with respect to another
- Indication of new names corresponding as much as possible to the special characteristics of the geographical entity involved

Man-made entities

- Derivation and/or joining together of names surrounding geographical entities
- Entirely new names that correspond as much as possible to the special characteristics, if any, of the entity

After the toponymy had been carried out a gazetteer was composed on top of the maps in the scale of 1:200,000, with the following information: the geographical name; the entity; the geographical position—latitude and longitude—accurate to half a minute; the extent of the entity in hectares; the altitude; and an etymological or semantic explanation of the name, or a translation of the name into Dutch.

Finally, the most recent development relating to the activities of the working group on toponymy was the second seminar on the standardization of geographical names, which was attended by delegates of all ministries directly or indirectly concerned with toponymy.

The most important items on the agenda were:

(*a*) The spelling of Suriname in foreign languages using the Roman alphabet;

(*b*) The standardization of geographical names in Sranan, in the course of which a number of essential changes in spelling were made;

(*c*) The approval of the toponymy in west Suriname.

Resolutions on those items were adopted, as a consequence of which the Board of Ministers officially decided, on 23 January 1978, that in all languages using the Roman alphabet, the name of the country should be spelt Suriname.

AGENDA ITEM 11

Technical assistance (including training)

EXTENSION OF POSTGRADUATE TRAINING IN GEODESY AT THE FEDERAL UNIVERSITY OF PARANÁ, BRAZIL*

Paper presented by the Federal Republic of Germany

RÉSUMÉ

Il est prévu d'élever au niveau du doctorat le cours magistral de géodésie actuellement dispensé à Université de Parana. A cette fin, diverses mesures visant à instituer une coopération technique avec la République fédérale d'Allemagne ont été prises. A long terme, on disposera ainsi d'un nombre croissant d'ingénieurs qualifiés pour s'acquitter des diverses tâches cartographiques dans le pays, ce qui peut jouer un rôle important dans la solution des problèmes liés au développement de l'infrastructure au Brésil.

En outre, on peut prévoir que les cours de géodésie de l'Université de Parana serviront de modèle pour les établissements d'enseignement similaires au Brésil et dans d'autres pays d'Amérique du Sud.

IMPORTANCE OF ADVANCED TRAINING

For the infrastructural development of a country, the availability of sufficient cartographic documents is essential. Owing to Brazil's continental extent, special problems are involved. There is considerable demand for planning and development of the infrastructure of the country, in both large and small projects. The contribution of surveying, by producing large-scale and small-scale maps, is a basic prerequisite to carrying out those projects.

The immense task of surveying resulting from the size of the country may be fulfilled if the surveying is appropriately organized. This requires that training centres be available in quality and quantity adequate to the task. Geodetic training at the University of Paraná at Curitiba contributes to the creation of these preconditions. Further training of the post-graduates at the University constitutes an essential contribution to the solution of the problems.

The following steps are required to improve the training of surveyors:

(*a*) The level of the course for the master's degree in geodesy will be raised at the Federal University of Paraná at Curitiba;

(*b*) Geodetic research will be intensified;

(*c*) The master's degree course will be extended to the doctorate level.

Thus, an increased number of qualified surveyors could be made available to solve the cartographic problems of the country and to provide qualified teaching at all geodetic training centres. In addition, the University of Paraná could obtain a pilot function for geodetic training and research for all Brazil and the whole of the South American region.

THE PRESENT STATE OF SURVEYING IN BRAZIL AND AN ESTIMATION OF THE NEED FOR TRAINING

Brazilian surveying is done by some official civil or military institutions and private survey bureaux. The country's future needs for experts in surveying cannot be estimated exclusively on the basis of the present requirements of those institutions. Many aspects of surveying work are either quite undeveloped or only being organized. Mostly, they are assigned to persons possessing a general education in engineering (civil engineer). When estimating the demand, it should not be forgotten that potential geodetic tasks in Brazil, such as cadastre, reorganization of land holdings, rural reorganization, civil engineering and, under certain conditions, also urban regional planning, will also gain significance. Qualified experts in surveying have to be trained to cover these fields. Therefore, the demand will be higher than that estimated on the basis of present tasks.

Official and private surveying institutions cannot accomplish their tasks with the available personnel as quickly as necessary. Above all, medium-level capacities have to be created; this can only be achieved on a long-term basis, if the level of highly qualified trained surveyors is raised and can be placed on a practical basis. They have, at least, to reach the graduate level.

It is difficult to assess the exact demand for surveyors in Brazil. This will be done on the basis of the proportions existing in the Federal Republic of Germany. To transform those proportions to a country like Brazil is problematic but seems to be the only viable means at present to assess the need.

The universities and *Fachhochschulen* (polytechnic schools) of the Federal Republic of Germany train nearly 1,000 surveyors annually and all of them find work. This is considered to be an indication that the number of trainees and the demand are co-ordinated.

When transferring to Brazilian conditions, it has first to be considered that the field of activity for surveyors is

* The original text of this paper, prepared by Dieter Morgenstern, Institut für Kartographie und Topographie, University of Bonn, appeared as document E/CONF.71/L.22

still unknown in Brazil. With regard to the tasks of urban cadastre, reorganization of land holdings, civil engineering, town planning etc., it is assumed that the quantity of tasks increases proportionally to the number of inhabitants. In this field, the demand of the Federal Republic of Germany compared to that of Brazil is in the ratio of about 1:2.

The assumption that the quantity of tasks in land surveying, official mapping and rural cadastre, regional planning etc. increases proportionally to the surface of land, as in the Federal Republic of Germany, would not be correct with regard to conditions in Brazil. The more simple solutions adapted to the needs of the country will reduce the demand. It will be tentatively assumed, for these fields, that the number of tasks in the Federal Republic of Germany and in Brazil are in the ratio of about 1:3 or 1:4.

These assumptions lead to the prognosis that in the field of surveying about 2,000 to 3,000 graduates are demanded annually, on a long-term basis, in Brazil. As, for the time being, only about one third of the potential tasks for surveyors are known, the present need can be assumed to amount to 700 to 1,000. This has to be compared with an annual number of graduates of 200. Despite the fact that the need cannot be estimated very exactly, the unequivocal disproportion between demand and training is obvious.

Training of surveyors in Brazil

University education in Brazil is, in general, divided into the so-called *graduaçao*, following the higher primary school and lasting at least five years, and the *pós-graduaçao* study based upon it. Both levels lead to an examination qualifying for a certain profession. The title bestowed after a successful examination varies according to the field for the *graduaçao* (for example, *engenheiro cartógrafo*), while leading to the *pós-graduaçao*, whatever the branch of study, at the middle level of *mestrado* and the higher level of *doutorado*.

The level of the *graduaçao* examination corresponds approximately to the North American bachelor's degree. The ensuing *pós-graduaçao* may lead, after about two additional years of strictly organized study, to the *mestrado*, which corresponds approximately to the North American master's degree.

The *doutorado* course is not as strictly organized as the *mestrado* course. However, certain courses must be followed, but independent research is the most important part (*doutorado-dissertaçao*).

In the field of surveying (cartography) there still exists no *doutorado* course in Brazil. Only recently have courses in surveying begun, so far at three universities and one military university. In general, they are called *curso de engenharia cartografica*, and lead to the diploma of *engenheiro cartógrafo*.

About 12 years ago, such a course was established at the Universidade do Estado do Rio de Janeiro. About 50 students are admitted to the course annually. The course is of five years or 10 periods, of which the first four are devoted exclusively to propaedeutic subjects, followed by six periods with special training in subjects such as field astronomy, geodesy, topography, cartography, photogrammetry and photo-interpretation. For the time being, it is not intended to establish a *pós-graduaçao* course. As far as the teaching staff is concerned, certain prerequisites are still missing.

At the Instituto Militar de Engenharia at Rio de Janeiro, belonging to the military university, a *curso de geodésia* is given whose curriculum generally corresponds to that of the other surveying training centres. The students are mostly military personnel, but civilians can also attend the course. It is intended to establish a *mestrado* course in geodesy shortly. The programme for it is already available, and the required rooms will be procured in the near future.

At the Universidade Federal de Pernambuco at Recife, the course in *engenharia cartografica* was established within the Department of Cartography of the Instituto de Geociências, about seven years ago. The studies last five years, the first two being exclusively devoted to fundamentals (*ciclo basico*). During the three-year professional course (*ciclo professional*), the curriculum covers important subjects in geodesy and photogrammetry. Here there is a strong interest in raising the course level to the *mestrado*, particularly in the field of photogrammetry.

At the Universidade Federal do Paraná, at Curitiba, in the Department of Geodesic Sciences, a *curso de engenharia cartografica* was established two years ago. The graduates will obtain the diploma of *engenheiro cartógrafo*. Here, too, the curriculum is scheduled for 10 periods (five years), but the otherwise usual sharp separation between propaedeutic subjects and professional study is absent. Starting in the first semester, lectures in elementary cartography and topography are given. Geodesy, photogrammetry, and adjustment computation are taught in a balanced programme. In 1971, a *curso de pós-graduaçao* in geodesy was established. This is the only *pós-graduaçao* course with *mestrado* examination in the field of geodesy in Brazil, and is directed towards: the education of professors at a higher level; the advancement of research in the geodetic field; and the education of highly qualified experts for tasks in national cartography. The curriculum covers mainly subjects of higher geodesy, adjustment computation and photogrammetry.

With regard to all *graduaçao* courses in *engenharia cartografica*, it can be stated that the curriculum is more theoretical and less related to practice. An attempt should be made to sharpen the consciousness that the command of practical measuring procedures constitutes a necessary prerequisite for the optimal application of those procedures according to technical-scientific points of view and that a real solution of the urgent cartographic problems of the country can only be achieved by improving the quality of education, in particular as far as application is concerned. For this purpose, it is necessary that future teachers, especially those of the *graduaçao* courses should be trained in this spirit. The training of these teachers is carried out in the *pós-graduaçao* courses.

Raising the level of the course for the master's degree in geodesy at the University of Paraná

In order to make available more highly qualified experts for the performance of urgent cartographic tasks, as well as appropriate teachers for the various training centres of Brazil, the training level must be raised. This can be achieved by the following means:

(*a*) Raising the master's degree course level;

(*b*) Intensifying research;

(*c*) Extending the master's degree course to the doctoral level.

At present, there exists no course at this level in Brazil, only a course leading to the *mestrado*. Brazilian geodesists who wish to attain a doctor's degree have to go abroad. Apart from European training centres, two North American universities are preferred, namely Ohio State University at Columbus in the United States and the University of New Brunswick at Fredericton in Canada. The candidates, however, being as a rule Brazilian university teachers and urgently required for teaching tasks in their own country, in many cases find it impossible to obtain a leave of several years. For this reason, the teaching of a course is mostly done by professors who have themselves graduated only from that course, so that a rise in the training level can be expected only on a very long-term basis.

The situation would improve if it were possible for at least some of the professors required for teaching to obtain the doctorate in their own country. The graduates from a doctorate course at Curitiba might consolidate the quality of the *mestrado* course there, and make it possible to raise the training to the *mestrado* level also at other places in Brazil. As the teachers of the *pós-graduaçao* courses also teach the *graduaçao* courses, the quality of the undergraduate courses would also be raised considerably. Consequently, from raising the level at Curitiba, if the project aims are achieved, a rise in the training level in surveying in all fields may be expected all over Brazil within a calculable time. By such a development, the following results can be expected:

(*a*) On a short-term basis, the quality of the training at *pós-graduaçao* level in Curitiba will improve and a course leading to the doctorate will be set up;

(*b*) On a medium-term basis, more qualified teaching personnel will be available for all geodetic training centres in Brazil, thus improving the quality of teaching at all levels, especially the *graduaçao*. For official and private survey institutions better qualified graduates will be available;

(*c*) On a long-term scale, the higher training level will be consolidated for Brazilian training centres. The University of Paraná at Curitiba may develop to become a centre for geodetic science and research, thus influencing other universities in Brazil and other States of South America.

Possibilities for international co-operation

The planned raising of existing courses for the master's degree in geodesy at the University of Paraná to the doctorate level could be advanced by the following measures:

(*a*) Sending highly qualified experts in the fields of geodesy and photogrammetry to Curitiba for extended periods;

(*b*) Sending highly qualified experts in various special fields of surveying to Curitiba for shorter periods;

(*c*) Procurement and supply of measuring and plotting instruments for geodesy and photogrammetry;

(*d*) Fellowships to allow Brazilian graduates to obtain a doctorate in Europe or North America.

Extended visits of experts in geodesy and photogrammetry are proposed because those subjects are fundamental, being nearly the only mapping methods in Brazil. For formal reasons and to improve the quality of the instruction at a high level, it is necessary that these experts have a doctoral degree.

Since those experts cannot cover all fields in surveying, other experts are required for shorter periods to provide stimulus and furnish new ideas for research work in the different fields. The employment of such experts seems especially suited to geodetic work, which at present in Brazil is handled by engineers not specifically trained for it, for instance, civil engineering and cadastre.

The acquisition of instruments and equipment is urgently necessary for research, as well as for teaching at the *pós-graduaçao* level. More equipment is needed for the various teaching and research tasks in the field of photogrammetry, highest priority being given to the needs of education. The practice-related task of aerial photogrammetry—i.e., the capture and graphic output of topographic information—should especially be taken into consideration when acquiring instruments.

Finally, places for obtaining the doctorate for fellowship holders should be made available in Europe or North America. The expenses for fellowships could be paid partly by Brazil. It is considered appropriate that qualified graduates from the *mestrado* course who are active in education and research at Brazilian universities should be given the opportunity to learn about research and education methods in other countries and to obtain a doctorate within the scope of a fellowship. All these measures will contribute to achieving the project aims defined above within a calculable time.

References

Morgenstern, D. *and* G. Seeber. Gutachten zum Föderungsvorhaben Geodäsie-Postgraduiertenausbildung und Forschung an der Bundesuniversität von Paraná, Brasilien. Bonn and Hanover, 1978.

Fundaçao Instituto Brasileiro de Geografica e Estatistica. Trabalhos technicos. 1977. Rio de Janeiro.

Universidade Federal do Paraná. Curso de pós-graduaçao em sciencias geodésicas. Mestrado. Coritiba. 1976-1977.

THE INTER-AMERICAN CENTRE FOR PHOTO-INTERPRETATION PROJECT*

Paper presented by the Netherlands

As a major contribution in the field of thematic mapping in Latin America, the Inter-American Centre for Photo-interpretation (CIAF) was created in Bogota in 1967 by the Colombian Government. It received technical and financial assistance from the Government of the Netherlands, with the International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC) acting as executive agency.

* The original text of this paper, prepared by F. J. Ormeling, International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, appeared as document E/CONF.71/L.53.

Professionals from most Latin American countries (see table in Spanish text) in the fields of soils, forestry, geology and civil engineering have been trained in modern methods of using aerial photographs and other remote sensing techniques for the management and development of natural resources. For this purpose the Government of the Netherlands is still providing yearly funds for fellowships.

In the first years the courses were mainly conducted by staff from ITC. Gradually this task was taken over by trained Colombian personnel. At present the Government of the Netherlands is providing teaching staff in only a few fields. Apart from the regular courses of 10 months' duration, a number of short, special courses were given, within and outside Colombia. CIAF also has conducted a number of consulting assignments, within and outside Colombia. A major consulting assignment, still going on with the assistance of the Netherlands, is the mapping of the Colombian Amazon region. This project, called PRORADAM, involves the topographic mapping of that area, and the inventory of natural resources (soils, geology, forestry) with the purpose of defining goals for the integrated management of the area.

Another project, in which CIAF participated till 1977, was the hydrological project in the Magdalena basin. This project was set up with technical assistance from the Government of the Netherlands, and CIAF collaborated by making a number of thematic maps related to inundation problems and the agricultural potential.

A number of other consulting projects included road- and railway-planning, mineral exploration, forest inventory, crop inventory, etc.

Since most of the surveys in the field of natural resources are interrelated, CIAF has organized, in co-operation with ITC, a number of seminars with the aim of bringing together professionals from various disciplines for discussing regional planning and survey integration.

Also, in view of the development of modern techniques in remote sensing, CIAF has promoted the objective study of these techniques and their usefulness for surveying. As an example of these activities may be mentioned the seminars on remote sensing and on decision-making, held at CIAF in the beginning of 1979 with the full co-operation of ITC.

Como contribución importante en el campo de levantamientos temáticos en América Latina, fue creado el Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF), Bogotá, en 1967 por el Gobierno colombiano. El Centro recibió asistencia técnica y financiera del Gobierno de los Países Bajos representado por el Instituto Internacional para Levantamiento Aéreo y Ciencias Terrestres (ITC) como agencia ejecutiva. Profesionales de la mayoría de los países latinoamericanos (véase cuadro adjunto) en las disciplinas de suelos, silvicultura, geología e ingeniería civil recibieron entrenamiento en los métodos modernos de utilización de fotografías aéreas y otros sensores remotos en el campo de manejo y desarrollo de recursos naturales. Para alcanzar este objetivo el Gobierno de los Países Bajos sigue poniendo disponible fondos para becas.

En los primeros años los cursos fueron dictados principalmente por personal del ITC. Gradualmente esta labor fue transferida al personal colombiano entrenado. Actualmente el Gobierno de los Países Bajos facilita personal docente únicamente en unas pocas disciplinas.

Junto con el curso regular de diez meses de duración, fueron dados cursos especiales de corta duración, dentro y fuera de Colombia. El CIAF, además, ejecutó un número de asesorías dentro y fuera de Colombia.

Una asesoría importante que aún en esta fecha continúa, con asistencia de los Países Bajos, es el levantamiento de la región amazónica de Colombia. Este proyecto, llamado PRORADAM, comprende levantamiento topográfico de la zona y, además, el inventario de recur-

Estudiantes por curso y país-becas (1968–1977)

País	*Becas*	*Edafología*	*Ingeniería forestal*	*Geología*	*Ingeniería civil*	*Total*
Argentina	24	3	5	16	1	25
Bolivia	23	5	6	12	—	23
Brasil	16	8	1	15	—	24
Colombia	46	61	37	20	18	136
Costa Rica	2	2	—	1	—	3
Cuba	—	1	—	—	—	1
Chile	3	3	—	2	1	6
Ecuador	20	10	5	9	2	26
El Salvador	8	6	—	1	1	8
Estados Unidos de América	—	—	—	1	—	1
Guatemala	2	—	—	—	2	2
Haití	1	1	—	—	—	1
Honduras	3	1	—	—	2	3
México	15	—	4	9	3	16
Nicaragua	7	4	1	—	2	7
Panamá	1	1	1	—	—	2
Paraguay	2	—	3	1	—	4
Perú	12	6	6	5	1	18
República Dominicana	5	9	—	—	—	9
Uruguay	—	—	—	—	2	2
Venezuela	3	18	3	6	1	28
TOTAL	193	139	72	98	36	345

sos naturales (suelos, geología, silvicultura) con el propósito de definir metas para el manejo integrado de esta zona.

Otro proyecto en el cual el CIAF participó hasta 1977 fue el estudio hidrológico de la cuenca del Río Magdalena. Este proyecto fue establecido con la asistencia técnica del Gobierno de los Países Bajos.

El CIAF colaboró elaborando un número de mapas temáticos relacionados con problemas de inundación y potencial agrícola.

Un número de otros proyectos incluyó planeación de carreteras y líneas ferroviarias, exploración mineral, inventario forestal, inventario de cultivos, etc.

Ya que la mayoría de los levantamientos en el campo de recursos naturales son interrelacionados, el CIAF ha organizado, en cooperación con el ITC, un número de seminarios con el objeto de juntar profesionales de varias disciplinas para discutir planeación regional e integración de levantamientos.

También, tomando en cuenta el desarrollo de los sensores remotos, el CIAF ha estimulado un estudio objetivo de estas técnicas y su utilidad para levantamientos. Como ejemplo de estas actividades se menciona el seminario sobre sensores remotos en la toma de decisiones, realizado en el CIAF a principios de 1979 con cooperación amplia del ITC.

EDUCATION AND TRAINING IN SURVEYING, MAPPING AND CADASTRAL ASSISTANCE IN REGARD TO THE POSSIBILITIES OF THE FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY*

Paper presented by the Federal Republic of Germany

Education and training in surveying, mapping and land information should, as a matter of principle, be the cornerstone of technical education and training in a developing country. Only knowledge of a country based on the collection, evaluation and administration of data relating to topography, property rights, population and natural resources will form a solid foundation for the efficient, reliable and economical creation of infrastructure, for the requisite planning on various levels, for administrative and commercial development, and the construction of technical projects (traffic facilities, water resource management, ports, etc.).

Exact knowledge of a country should, therefore, be obtained at the earliest possible stage by means of geodetic, topographic and mapping productions. It is obvious that education and training in surveying should be given priority in the scale of professional education and training, although the establishment of a good general school system must precede that of a technical one. Unfortunately, the fact that surveying plays an important part in the beginning of a country's development is often overlooked.

The prior condition for the reasonable and rapid development of a country seems to be the earliest possible education and training of surveying and mapping staff. How is such training to be organized in a country striving for development? There are few countries that have to start from scratch in the education of surveying personnel. As a rule the problem will be to determine whether and how existing training facilities can be reformed. Such stock-taking will be especially necessary if existing training facilities are not to be incorporated in the further expansion of surveyors' education. The training system may also be such that perhaps only more thorough teaching in special subjects is required, such as cadastre, photogrammetry, mapping and reproduction, automated data processing and engineering geodesy.

A further aspect of this stock-taking is information on how many experts in surveying are needed at the different levels of education. The question of demand is very difficult to answer, but the development agencies, both at home and abroad, require this information. Demand, obviously, depends on the magnitude of surveying tasks, yet when a specific surveying job must be done, frequently the skilled people needed are not available. Care ought to be taken that such situations do not arise. The history of surveying proves that, in the beginning, one relies on makeshift solutions for the training and education of surveyors and related personnel. The specific project requiring surveying will lead to on-the-job training or crash courses, designed primarily for the job in hand. Only in the course of time will regular training be organized under the auspices of a surveying agency, technical school or university, the latter most frequently being integrated into the general educational system of a developing country. Intramural training offers the advantage that it is not related to any specific job or project but tries so to design the curriculum that students will be able to handle a much larger range of surveying tasks.

It is possible to establish national statistics on the numbers of surveying personnel employed. It is known that in the Federal Republic of Germany the figure is roughly 35,000 for 60 million inhabitants and a surface area of 249,000 km^2. Such figures are not available for other countries, and it is doubtful whether the results computed from such figures can be applied to a country heading towards development.

Statistical data about the number of surveying staff permit a comparison of the different situations (inhabitants, area, gross national product, etc.). What will really determine demand is the number of tasks to be done, which can vary greatly from one country to another, even among the industrialized countries. It is not easy to determine the number of tasks with any degree of accuracy because it can change abruptly, depending on political decisions, technical projects and change in agricultural structure. If a new task is to be undertaken, for example, the setting up of cadastral work, it is necessary to know in advance how many surveying staff, at different levels of training, are required for the job. If such a major assignment as the establishment of a cadastre is to be tackled, early provision should be made for regular training.

* The original text of this paper, prepared by Johannes Nittinger, Secretary-General, Advisory Group for Technical Assistance in Surveys, Mapping and Land Information Systems, appeared as document E/CONF.71/L.60

After stock-taking and verification of the demand in a country wishing technical co-operation assistance, a plan must be established for the organization of training in the various stages. Existing models from other countries may be used, but in most cases a simple transfer of such models will not be appropriate, since the general education system and any existing technical training facilities must be taken into account. Moreover, it must be clear at which level training is to be started. Is it to be a bottom-to-top or top-to-bottom process?

When training in surveying is being organized, depending on the demand, the question may arise whether it is to be multilevel training. In the Federal Republic of Germany, three-level training has evolved in the course of time, producing the technician, the graduate engineer from a technical institute (*Fachhochschule*), and the academically qualified engineer from a university. The training of technicians, at present a dual one (surveying agency and vocational school), tends to develop into an intramural one, in a technicians' school. The dual type of training is very successful, however.

The professional activities of the various careers must be established, producing different curricula which must be in balance with one another so as to avoid any pronounced overlapping.

Levels of training in surveying in the Federal Republic of Germany

	Technician	*Graduate engineer*	*Academically qualified engineer*
Training	Three years of dual training on the job and in vocational school. Shifting of training to technicians' school planned	Six terms at a technical institute (*Fachhochschule*)	Eight terms at a university
Object of training	Processing and evaluation of all elementary surveying and recording work	Application of scientific knowledge and methods of surveying in the practical exercise of the profession A graduate engineer may rise in rank to the higher level. Note should be taken of the desire to achieve the highest training level	Independent surveying according to scientific methods; management and organization

There are also models for two-level training, largely fashioned after the college system in the United States of America. In the first years of college, the accent is on a curriculum of general education and training, followed by two years of more professional education. For surveying, this would mean a level approximately between technician and graduate engineer. This type of education, possibly combined with additional studies, can confer professional qualifications which, in other countries, fall within the scope of middle-level or higher technical schools, such as the Escuela de Topografía y Catastro in Costa Rica, a regional school for Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua and Panama, for the education and training of middle-level technicians intended for the public and private sectors (duration of training: four terms), and of engineers (bachelors). The training of the latter, which is still being organized, will last another two years after the technician's degree.

Technicians may rise to the rank of engineer in certain conditions. The contribution of the Federal Republic of Germany to the setting-up of the school can be seen from a brochure entitled "College of Surveying and Cadastral Science, Costa Rica", published in 1978 by the Agency for Technical Co-operation.

For practical purposes two training levels suffice. To what extent the two levels will be set up in a developing country will depend on financial circumstances and the overall conception of surveying training. Costa Rica and the Federal Republic of Germany consider that the gradual establishment of a surveying school is adequate for a country which starts by conducting a surveying study.

It seems convenient, however, to accommodate both levels in a single school (institute or university) because this would have the character of a comprehensive academy (*Gesamthochschule*). The rise from lower to upper level can thus be controlled. Furthermore, such a comprehensive institution (a geodetic centre within the framework of a university) would be less costly than if each level were to be part of a separate school. Such an institution is very important for a region. The school in Costa Rica is a good example of a regional surveying academy. In setting it up, the question of affiliation with the Instituto Geografico Nacional arose. Many experts tended to favour specialized training within the framework of that government institution. It was finally decided, however, to make the school part of the university, to avoid giving special status to the teaching of surveying. A school in a developing country should be managed by that country, even if the school was established with foreign assistance. It is very important to ensure that the school will continue to function even after withdrawal of support from the donor country.

Training possibilities abroad should not be curtailed, however, but they should be restricted to those cases where training or further training abroad is indispensable, for example:

(*a*) If a developing country already possesses training facilities and wants its own nationals to receive additional training abroad in order to improve the training system at home;

(*b*) If specialized or further training is possible only abroad. Because of the expensive equipment needed and

the small number of highly qualified and specialized teachers available, it is logical to concentrate such training facilities in a suitable industrialized country. A good example is the International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences in the Netherlands. Decentralization of such facilities is problematic;

(*c*) If, owing to the geographic location of a developing country, participation in training locally is not possible.

The various efforts made by industrialized countries in the field of training programmes ought to be better co-ordinated. Such co-ordination, difficult as it may be to achieve, would also be in the interest of the developing countries.

The Federal Republic of Germany, for example, offers standard programmes for experts and cadres in many disciplines through the Carl Duisberg Gesellschaft (CDG) at Cologne. These programmes are disseminated in developing countries by the embassies. Present programmes include cartography, at the Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG) at Frankfurt, and individual training in surveying. The curriculum is established in consultation with CDG and the advisory group for technical assistance in surveys, mapping and land information. Other programmes proposed, but not yet authorized by the developing countries, include basic surveying; cadastre; photogrammetry (operator training in Stuttgart); and engineering survey.

The duration of the standard programmes is one year and four months, and instruction is given in German as a rule. This training is for nationals of developing countries who already possess basic surveying knowledge.

For purposes of training or further training, seminars and workshops of shorter duration (three weeks) are also a possible approach. In the Federal Republic of Germany the following were organized in co-operation with the United Nations: a seminar on cadastral surveying and urban mapping, held at Berlin from 23 June to 12 July 1974; and a workshop on cadastral surveying, mapping, and land information, held at Hanover from 18 November to 8 December 1978.

Such meetings need not necessarily be held in an industrialized country. They can also be organized in a region or developing country.

With regard to on-the-job training, if a surveying project is undertaken in a developing country with foreign assistance, the foreign experts can hire local staff with the objective of initiating them into the practical implementation of surveying work. In some cases, and with funds provided by the Federal Republic of Germany, local manpower was trained for cadastral projects. However, their jobs had to be limited to the practical work required by the project. This type of training will normally be related to the specific project and will not, as a rule, include broader education. Once the experts from the industrialized country leave the developing country there may be a risk of the project not being continued. On-the-job training geared to a specific project may not provide the necessary flexibility required for completion of the project, and so ample follow-up is required of the experts.

It was found in recent years that there is a world-wide shortage in the training of surveying personnel. There is ever more public registration of property in many countries. But the need of the entire planning process, particularly in metropolitan areas, to have more data available leads to a situation in which the cadastre, as the basis for a land information system, has become an important precondition for the overall development of a country. Those countries which already possess a functioning cadastre, land register and other property-related data are very much the focus of interest of countries which urgently require such facilities for their own development. Many requests for advice are received by countries which have had long cadastral experience. Mistakes made by those countries in the past in the establishment and revision of their cadastres and land registers may be averted by means of such information. The Federal Republic of Germany has a 150-year-old cadastral tradition and is now about to expand the cadastre to become the foundation for a land information system. A number of activities in this field already exist in other countries. They should, however, be co-ordinated in order to avoid fragmentation of the many endeavours.

CENTRO INTERAMERICANO DE FOTOINTERPRETACION*

Documento presentado por Colombia

INTRODUCCIÓN

El Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF) es una corporación nacional de derecho público sin ánimo de lucro, con patrimonio propio, personería jurídica y autonomía administrativa, creada por el Decreto 1113 de 1967.

Su actividad principal es la docencia, investigación y asesoría dirigidas hacia la interpretación y uso de fotografías aéreas y otros sensores remotos en el estudio, evaluación y desarrollo de los recursos naturales y su aplicación en las áreas forestales y de ecología, geológicas y geomorfológicas, de clasificación de suelos y agricultura y el diseño y construcción de obras civiles.

El CIAF, desde su creación en 1967, ha contado con la asistencia técnica y económica del Gobierno de los Países Bajos, a través del Instituto Internacional para Levantamiento Aéreo y Ciencias Terrestres (ITC). El prestigio adquirido por la entidad, los servicios prestados y la necesidad de continuar capacitando profesionales latinoamericanos en técnicas modernas para el levantamiento de sus recursos naturales hacen imperante la necesidad de continuar con esta entidad a nivel continental.

Su mayor solidez se fundamenta en gran parte en la asistencia técnica y económica que le pueden prestar los organismos internacionales que trabajan con propósitos similares para llevar la tecnología moderna a todos los países de

* El texto original de esta monografía se publicó como documento E/CONF.71/L.78.

América Latina, como herramienta invaluable al servicio del desarrollo de sus recursos naturales.

La escasez de profesionales entrenados en estudios de desarrollo de los recursos naturales por medio de la utilización de fotografías aéreas y otros sensores remotos ha sido una necesidad sentida en la América Latina por mucho tiempo.

Esta escasez de técnicas y científicos se hace aún más notoria si tomamos conciencia de la magnitud del trabajo requerido por estos países para llevar a cabo estudios y evaluación de sus suelos, bosques, geología e hidrología y obras civiles.

Organización

Administración

Administrativamente, el CIAF está adscrito al Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

La máxima autoridad es la Junta Directiva, la cual está integrada por:

Ministerio de Obras Públicas y Transporte;
Departamento Nacional de Planeación;
Universidad Nacional de Colombia;
Instituto Colombiano de la Reforma Agraria;
Instituto Geográfico Agustín Codazzi;
Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras.

La Junta Directiva determina la orientación y políticas generales del CIAF, sus planes y programas, conforme a los objetivos y funciones de la entidad.

El Director General es nombrado por el Presidente de la República y el Ministro de Obras Públicas y Transporte, y es el representante legal y la primera autoridad ejecutiva responsable del funcionamiento normal y del cumplimiento de los objetivos.

Estructura orgánica

La estructura interna del CIAF consta de las siguientes unidades técnicas y administrativas:

Subdirección Técnico-científica:
- Unidad de Ingeniería Civil y Fotogrametría
- Unidad de Ingeniería Forestal y Ecología
- Unidad de Geología y Geomorfología
- Unidad de Suelos y Agricultura

Subdirección Administrativa:
- División Financiera
- División de Personal y Servicios Administrativos

Centro de Documentación y Servicios Divulgativos.

Las unidades técnicas tienen a su cargo el desarrollo de todas las labores académicas, de investigación y asesorías. Las administrativas, las funciones propias de personal, servicios generales, financieros, etc.

En la actualidad el CIAF cuenta con 30 profesionales e investigadores especializados en áreas de los recursos naturales y percepción remota. Además tiene la cooperación de profesores visitantes provenientes de universidades y centros de Europa y Estados Unidos.

En la figura 176 se muestra un esquema de su estructura orgánica.

Cursos ofrecidos por el CIAF

El CIAF ofrece dos tipos de cursos:

a) Cursos regulares de especialización a nivel de postgrado en lengua castellana y con una duración de 40 semanas, para profesionales universitarios con alguna experiencia en levantamientos de recursos naturales;

b) Cursos cortos de cuatro a 16 semanas de duración, para profesionales y técnicos en percepción remota aplicada a ingeniería, geología, geografía, forestal, suelos, catastro, arqueología y fotogrametría operacional, además de seminarios y/o talleres sobre temas específicos.

Cursos regulares

El CIAF ofrece cursos regulares de fotointerpretación aplicada a ingeniería civil, ingeniería forestal, geología y suelos, los cuales se inician el primer lunes de febrero de cada año y terminan en la primera semana de noviembre.

Asignaturas comunes

Los participantes en los cursos regulares toman las siguientes asignaturas comunes: elementos de fotogrametría y cartografía, sensores remotos y geomorfología. Las asignaturas propias de la especialización se describen brevemente en los párrafos siguientes:

Curso de levantamientos de suelos con utilización de fotografías aéreas y otros sensores remotos

Génesis y clasificación de suelos; métodos de levantamientos de suelos, de erosión y de uso de la tierra; taller de fotointerpretación; proyecto de levantamiento detallado; proyecto de levantamiento semidetallado; seminarios.

Curso de interpretación de fotografías aéreas y otros sensores remotos aplicada a ingeniería forestal

Fotointerpretación forestal I (zonas templadas); fotointerpretación forestal II (zonas tropicales); cuencas hidrográficas; estadística forestal; levantamientos forestales; introducción a los computadores; suelos; proyecto fotointerpretación I; proyecto fotointerpretación II; seminarios.

Curso de fotointerpretación aplicada a geología

Fotointerpretación geológica; fotointerpretación geomorfológica; fotointerpretación aplicada a hidrología; exploración de yacimientos minerales; ingeniería geológica; geología estructural; geoestadística y elementos de computación; proyecto de levantamiento geológico I y proyecto de levantamiento geológico II; seminarios.

Curso de fotointerpretación aplicada a la ingeniería civil

Geología básica; introducción a la fotointerpretación; fotointerpretación geológica y geomorfológica; ingeniería geológica y geotécnica; dos proyectos de aplicación de las técnicas de fotointerpretación al desarrollo de obras civiles; seminarios.

Localización y facilidades

El CIAF cuenta con un moderno edificio, diseñado especialmente para dar instrucción a profesionales y técnicos. La sede está localizada en predios de la Ciudad Universitaria-Universidad Nacional-Bogotá y en cuyos alrededores se encuentran instituciones relacionadas con actividades de los recursos naturales y sensores remotos. Entre ellas: el Instituto Geográfico, el Laboratorio de Suelos, el Instituto de Investigaciones Geológico-Mineras, el Centro de Cómputo de la Universidad Nacional, las facultades de Ingeniería, Agronomía, Geología, Ciencias Naturales y el Instituto de Investigaciones Tecnológicas.

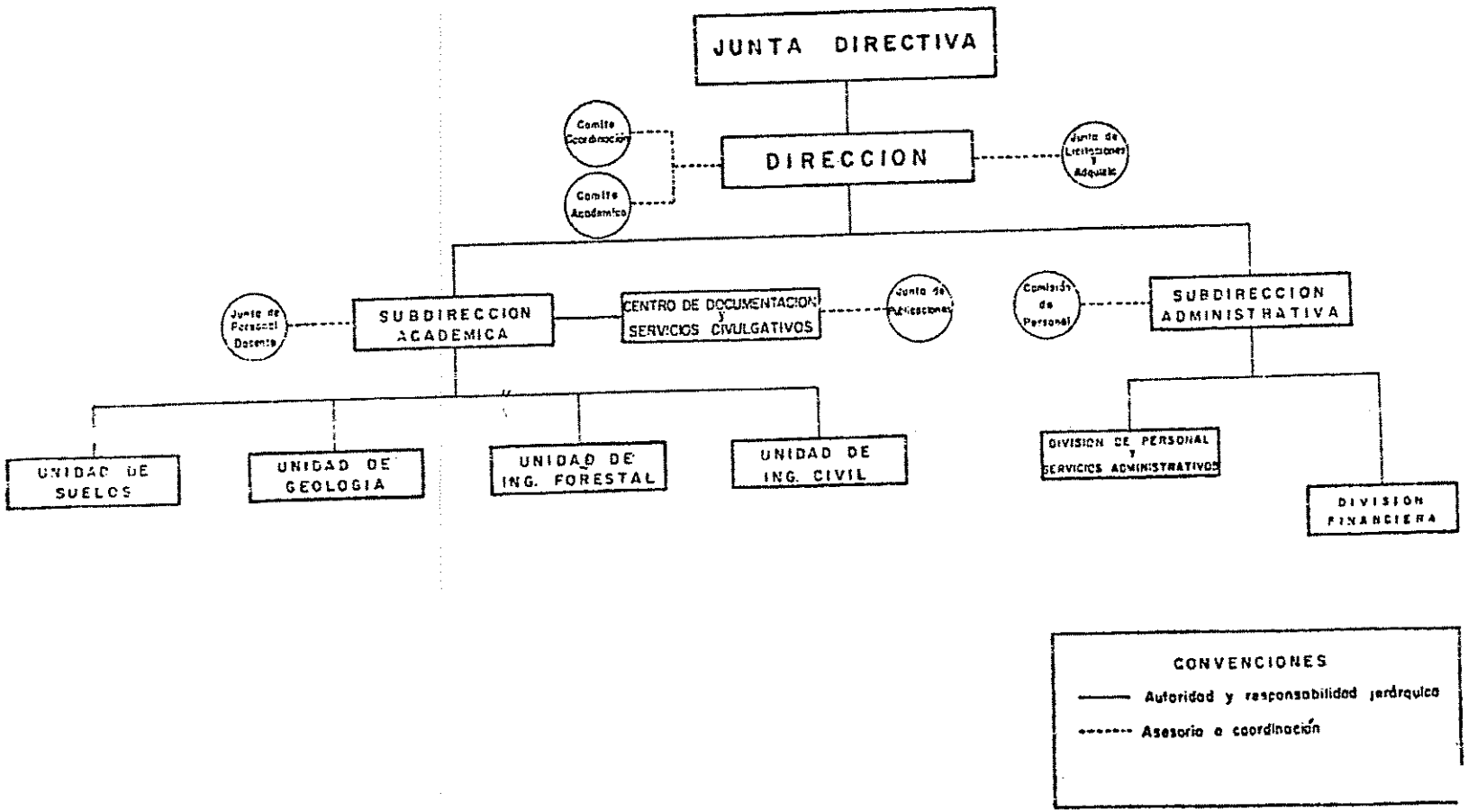


Figura 176. Colombia: esquema de la estructura orgánica del Centro Interamericano de Fotointerpretación

El CIAF dispone de los equipos de laboratorio y campo necesarios para la investigación y la realización de las prácticas de los cursos regulares de postgrado. El equipo incluye instrumentos fotogramétricos de varios órdenes, instrumentos de fotointerpretación y vehículos. Asimismo, la entidad dispone de sitios especialmente seleccionados para la realización de los trabajos de campo en cada una de las áreas de especialización.

Dentro de sus instalaciones el CIAF tiene un Centro de Documentación, el cual cuenta con una valiosa cantidad de material didáctico, textos, revistas, mapas, obras de referencia, microfichas, etc., que facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje y el intercambio de experiencias entre profesores y estudiantes y sus respectivas entidades.

Además se cuenta con un auditorio, una cafetería y laboratorios de fotografía, fotointerpretación y fotogrametría.

Los estudiantes del CIAF pueden también disfrutar de las instalaciones del Club de Empleados Oficiales, donde tienen la oportunidad de practicar su deporte favorito.

La Secretaría Estudiantil ayuda a los estudiantes en la consecución de alojamiento en pensiones, apartamentos, y casas de familia situados en los alrededores de la sede del CIAF.

Admisión y programa de becas

Requisitos de ingreso

Se considerarán para ser admitidos como estudiantes regulares a los cursos de especialización a profesionales que posean:

1. Título universitario en una disciplina estrechamente relacionada con la especialidad elegida.
2. Experiencia en el ejercicio profesional
3. Buena visión estereoscópica, la cual debe acreditarse antes de viajar a Colombia.
4. Buen conocimiento del idioma castellano y leer inglés técnico sin dificultad.

Solicitud de admisión

Los formularios de solicitud de admisión pueden obtenerse dirigiéndose a: Secretaría Académica, Centro Interamericano de Fotointerpretación, Apartado Aéreo No. 53754, Bogotá 2, Colombia, S.A.

La solicitud de admisión deberá acompañarse de los siguientes documentos:

Certificado médico y de aptitud física;
Certificado de visión estereoscópica;
Copia autenticada del título profesional;
Certificado de asignaturas cursadas con su intensidad horaria y calificaciones obtenidas;
Certificado de la posición del candidato en su promoción de acuerdo a su calificación promedia ponderada;
Dos cartas de recomendación (en lo posible de profesores);
Cuatro fotografías tamaño 3,5 × 3,5 cm.

La solicitud de admisión a los cursos es independiente de la solicitud de beca.

Becas

Hay varias organizaciones que otorgan becas para los cursos del CIAF:

1. Gobierno de los Países Bajos: Sostiene un programa de becas para participantes colombianos y latinoamericanos. Estas becas son administradas por el CIAF y cubren costos de matrículas, pasajes (ida y regreso), sostenimiento, viáticos y transportes para trabajos de campo, textos y materiales de enseñanza, tesis, seguro médico. Los formularios para solicitud de beca pueden obtenerse en las Embajadas y Consulados de los Países Bajos y Colombia de cada país o en el CIAF.
2. ICETEX: De Colombia (Apartado Aéreo 5735, Bogotá, Colombia), otorga un número limitado de becas a estudiantes Iberoamericanos para cursar estudios en el CIAF.
3. FAO: En el pasado ha otorgado beca a algunos participantes en las áreas de forestal y edafología. Las solicitudes a la FAO se hacen usualmente por conducto del Ministerio de Agricultura o de proyectos específicos que la institución desarrolle en países y contemple subproyectos de capacitación de personal.
4. OEA: También ha financiado a algunos participantes. La información se puede obtener en las oficinas de la OEA en cada país.
5. AID: Las solicitudes deben tramitarse por intermedio de las misiones de la AID en cada país.
6. Otras: ACDI/CIDA-Canadá, Consejo Británico, UNESCO.

Diplomas y certificados

El participante que termine satisfactoriamente el curso obtiene el diploma de especialista. Quien no termine satisfactoriamente el curso recibe un certificado de asistencia, de acuerdo a las reglamentaciones establecidas por el CIAF.

Educación continuada

Los estudiantes del curso regular del CIAF podrán, si así lo desean, continuar sus estudios tendientes a títulos académicos superiores en el International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC) de los Países Bajos, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) de Colombia o en universidades colombianas.

Proyecciones futuras

En noviembre de 1976 terminó el Plan de Operaciones sobre asistencia técnica del Gobierno de los Países Bajos al CIAF.

El Gobierno de los Países Bajos continuará solamente con el programa de adjudicación de becas y enviará profesores visitantes cuando el CIAF los solicite por medio del Departamento Nacional de Planeación.

Para el Gobierno de Colombia resultará difícil el compromiso de continuar con todas las responsabilidades implicadas en el funcionamiento del CIAF a pesar que desde el punto de vista de la composición de la población estudiantil, este Centro es una institución internacional, ya que a él asisten estudiantes de todos los países latinoamericanos. En el período 1968-1979, el 64% de los profesionales que han asistido a los cursos del CIAF han venido de diferentes países latinoamericanos.

La actual posición de avanzada en que se encuentra el CIAF en el campo del desarrollo de los recursos naturales en América Latina puede interesar a entidades e instituciones que, por su naturaleza y finalidades concordantes,

prestan su apoyo técnico y económico para poder proyectar sólidamente los beneficios del CIAF a toda América Latina.

Las nuevas instalaciones de que dispone el CIAF con la inauguración de su sede propia en 1977, abren el camino a otros cursos de gran importancia en el nivel nacional y panamericano. El aumento en el número de estudiantes y cursos deberá balancearse hasta lograr un equilibrio entre la docencia, la asesoría y la investigación aplicada.

En este sentido el CIAF adelanta un programa de nuevos cursos de capacitación a diferentes niveles, entre los cuales se cuentan:

Curso de postgrado en ingeniería de levantamientos fotogramétricos.
Curso de geomorfología para profesores universitarios.
Curso sobre el uso de fotografías, aéreas e información edafológica con fines catastrales.
Curso de levantamientos rurales.
Curso de introducción y aplicación de los sensores remotos.
Curso de hidrología.
Curso de ingeniería geológica y geotécnica.
Curso de aplicación de la fotointerpretación y fotogrametría en la ingeniería.
Fotointerpretación aplicada a la conservación y erosión de suelos.
Curso de fotointerpretación forestal en zonas tropicales.

Necesidades de asistencia técnica

Teniendo en cuenta la magnitud de los servicios que actualmente presta el CIAF y las necesidades en la América Latina, se hace indispensable contar con el apoyo técnico y económico de entidades internacionales para reforzar los programas vigentes y asimismo poder ofrecer servicios especializados en docencia, investigación y asesoría en otras áreas relacionadas con el uso y aplicación de los sensores remotos. A este respecto, el Gobierno de Colombia ya ha hecho el esfuerzo inicial para dotar al Centro de una sede adecuada para atender no solamente las necesidades actuales sino las futuras.

Apoyo en el campo docente

En esta área, el apoyo que el CIAF requiere se traduce principalmente en:

a) El otorgamiento de un cierto número de becas para profesionales latinoamericanos a los cursos regulares que ofrezca el CIAF anualmente;

b) El aporte en equipos para ser utilizados en la docencia, tanto de equipos nuevos como renovación de los que se han venido utilizando en los cursos;

c) La asistencia financiera para dictar cursos de corta duración en distintos países de América Latina. Este apoyo consistiría en el pago de unos viáticos, los viajes y un valor diario del hombre-día basado en los sueldos de técnicos colombianos pagados por el CIAF;

d) El apoyo a los cursos ofrecidos en el CIAF mediante el envío de profesores visitantes por períodos cortos;

e) El respaldo financiero para sostener el nivel internacional del cuerpo de profesores, mantener la entidad al tanto de los últimos adelantos y así continuar ofreciendo capacitación técnica a alto nivel internacional.

Apoyo en asesoría e investigación

El CIAF actualmente presta asesoría en el campo internacional, a través de sus expertos en fotointerpretación aplicada a levantamientos forestales, suelos y geología, por períodos cortos. Se propone que las distintas organizaciones que trabajan en el campo de los recursos naturales ofrezcan asistencia en estas técnicas a través de los servicios de expertos del CIAF.

Esta modalidad podría aplicarse en distintas formas:

a) Creando un fondo de asistencia técnica, financiado por estos organismos internacionales y traduciendo sus servicios en mes-hombre. Cada organización tendría así una cuota mínima de asistencia del CIAF para proyectos específicos y los técnicos estarían disponibles oportunamente;

b) Mediante la participación directa del CIAF como organismo consultor de tales entidades para proyectos específicos. Este sistema demandaría condiciones similares a las expuestas *supra*.

c) A través del respaldo económico y técnico a uno de los cursos o especialidades ofrecidas por el CIAF.

Conclusiones

El CIAF está cumpliendo con una misión de importancia a nivel interamericano en la formación de profesionales especializados en el estudio, planeación y desarrollo de recursos naturales usando las técnicas modernas de los sensores remotos.

Es claro que los beneficios que irradia el CIAF a través de sus actividades docentes, de investigación y asesoría recaen directamente sobre los países latinoamericanos, argumentos que respaldan por sí mismo, las razones para buscar un mayor acercamiento y cooperación entre estos organismos internacionales, que trabajan por el bien y el mejoramiento de las condiciones de vida de estos países y el CIAF, que constituye un aporte de Colombia al desarrollo de América Latina.

MODERN COMPONENTS IN THE ITC COURSES IN PHOTOGRAMMETRY*

Paper presented by the Netherlands

In the course of time, and in accordance with the development of the state of the art, new components have been introduced into the technologist's (P5) and post-graduate (P1) diploma courses at the International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC), namely, digitally-steered automatic orthophoto production, digital terrain models (acquisition and interpolation), and computer-supported stereo-restitution.

The width and depth of the treatment of the components, however, is necessarily limited by the objective of

* The original text of this paper, prepared by J. Visser, International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, appeared as document E/CONF.71/L.80.

the courses (that is, to be an all-round education in both the theory and practice of photogrammetry) in connection with the limited time available (only 12 months). The courses comprise some 600 lecture hours, plus about the same number of exercise hours, while at least an additional 600 to 1,000 hours are needed for studies and preparation. Much more time is available—and indeed used—for the treatment of modern components in the ITC M.Sc degree programme (the P2 course). That programme lasts from 18 to 22 months and is intended as an extension of the P1 course. The total of the two courses thus requires as much as two and a half to three years of study at ITC. Per country, however, only a limited number of such broadly and deeply educated professionals are required, mainly for scientific and/or educational activities in the field of photogrammetry.

In order to meet the present need of mapping organizations to improve their efficiency by appropriate use of computers in their field, ITC has arranged, since 1976, a six-month course for specialization in digital data processing in photogrammetry. The course is meant for those who have followed the P1 or P5 course, or some other course in photogrammetry. At present, the data processing course is directed toward aerial triangulation block-adjustment, but courses in other photogrammetric fields, such as civil engineering applications, are already being considered.

LA PREPARACION DE EXPERTOS LATINOAMERICANOS*

Documento presentado por Colombia

SUMMARY

The Inter-american Centre for Photo-interpretation (CIAF) was founded in 1967 under an agreement between the Governments of Colombia and the Netherlands. The objectives of CIAF are to provide instruction, research and advisory services in the use of aerial photographs and other remote sensors. The curriculum in the various fields of specialization has a balanced content of theoretical instruction combined with laboratory and field work designed to furnish the participants with the knowledge and skills required to solve problems in their professional activities. Based on territorial and population factors, it is estimated that Latin America requires some 31,000 experts in the field of natural resource surveying. Some 680 experts from 21 countries have been trained at the International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences and CIAF, most of whom are at present working in university and government institutions as teachers, specialists, consultants and executives. Seventy-five per cent of the former students interviewed are making intensive use of the techniques they learned in CIAF, and more than 82 per cent have improved the quality and efficiency of their work. An assessment of the overall quality and usefulness of the courses offered by CIAF was obtained by assigning points for the various degrees of use of the techniques learned and the degrees of improvement in work performance—forestry (68), soils (63) and geology (58): very good; and civil engineering (38): good. Sixty-six per cent of the former students reported that they had not won recognition in the form of promotions and salary increases commensurate with the training they had received from the specialists and with the knowledge they had acquired at CIAF.

ORIGEN DEL CIAF

En los estudios de recursos naturales, la fotografía aérea (y otros sensores remotos) y la fotointerpretación son indispensables, porque permiten el mapeo rápido, económico y exacto. Actualmente no se puede concebir un levantamiento de recursos naturales sin fotointerpretación.

El profesor de geodesia del Delft Technological Institute, doctor W. S. Schermerhorn, inmediatamente después de la segunda guerra mundial, reconoció la importancia de los levantamientos aéreos en los proyectos de desarrollo de los países subdesarrollados y se empeñó, con la cooperación de las Naciones Unidas, en la creación de un Instituto Internacional para Levantamiento Aéreo y Ciencias Terrestres (ITC) para profesionales de países en desarrollo. Con la creación del ITC en 1951 se quiso aprovechar los adelantos y las experiencias de los expertos de los Países Bajos, país líder en el campo de la fotogrametría, el diseño de instrumentos, el uso de fotografías aéreas en estudios de recursos naturales y en la confección de mapas en países menos desarrollados.

Algunos profesionales latinoamericanos habían participado en los cursos de fotogrametría y fotointerpretación del ITC. Hacia 1965 se vio la conveniencia de fundar un instituto filial en América Latina, siguiendo el modelo de cooperación establecido entre la India y los Países Bajos al fundar y operar el "Indian Photo-interpretation Center".

En 1967 se logró un acuerdo entre los Gobiernos de Colombia y los Países Bajos para crear y operar el Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF).

El Gobierno de los Países Bajos encargó al ITC ejecutar el proyecto. Así fue como miembros del *staff* del ITC se trasladaron a Colombia a finales de 1967 e inmedia-

* El texto original de esta monografía preparado por S. T. Benavides, Unidad de Suelos CIAF, se publicó como documento E/CONF.71/L.90.

mente iniciaron labores, gracias a que el Gobierno de los Países Bajos hizo un aporte básico de equipo y biblioteca. El CIAF tuvo la buena fortuna de aprovechar los conocimientos ganados en el establecimiento de programas de estudios en el ITC en 17 años de existencia y de contar con un personal de expertos experimentados en levantamientos con fotointerpretación en países subdesarrollados. En 1968 se iniciaron los cursos regulares en las especializaciones de ingeniería forestal, geología y suelos.

Naturaleza y objetivos del CIAF

El CIAF es una corporación nacional de derecho público adscrita al Ministerio de Obras Públicas y Transporte de Colombia y amparada por la Universidad Nacional.

La máxima autoridad del CIAF es la Junta Directiva, integrada por representantes de la Universidad Nacional, Departamento Nacional de Planeación, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Ministerio de Obras Públicas, Instituto Colombiano de la Reforma Agraria e Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras.

El Director es la autoridad ejecutiva y el representante legal del CIAF. Es nombrado directamente por el Presidente de la República.

Para el cumplimiento de sus objetivos, el CIAF está compuesto por cuatro departamentos o unidades técnicas: geología, ingeniería civil, ingeniería forestal y suelos. Además, cuenta con una división administrativa.

El CIAF recibe sus recursos financieros del Presupuesto Nacional a través del Ministerio de Obras Públicas y Transporte y genera recursos propios por prestación de servicios de consultoría y recibe donaciones de instituciones nacionales y extranjeras.

La idea básica de quienes participaron en la fundación del CIAF fue la de crear un centro de entrenamiento a nivel de postgrado en el uso de fotografías aéreas para el inventario de recursos naturales.

De acuerdo con sus estatutos los objetivos del CIAF son:

a) Docencia e investigación dirigidas hacia la interpretación y uso de fotografías aéreas y otros sensores remotos en el desarrollo de los recursos naturales;

b) Prestación de servicios de asesoría y consultoría relacionados con las actividades propias del Centro.

Para dar cumplimiento a los objetivos, el CIAF ofrece cursos para estudiantes graduados en diferentes áreas. La actividad académica se desarrolla conforme a las normas de la Universidad Nacional de Colombia.

En los cursos pueden participar docentes y profesionales latinoamericanos con alguna experiencia en estudios de recursos naturales o en proyectos de ingeniería. Es importante destacar que la creación del CIAF se debió a un acuerdo bilateral entre los Gobiernos de los Países Bajos y Colombia, pero la intención de ambos fue la de establecer un centro de alcances continentales que sirviera a las necesidades regionales, y esta intención quedó consignada en el estatuto orgánico de la institución y explica el nombre mismo de Centro Interamericano de Fotointerpretación y no Centro Colombiano.

Currículo de los cursos regulares

La educación en el CIAF, lo mismo que en el ITC, tiene un carácter especial que difiere de los cursos de postgrado ofrecidos en las universidades. Los cursos de instrucción están diseñados para dar a los participantes, de manera equilibrada, "conocimientos teóricos", "destreza técnica" y a crear una actitud hacia la solución de problemas en el desempeño profesional.

En el diseño curricular de los cursos regulares el CIAF ha tomado en consideración: *a*) la experiencia lograda en el ITC a través de 25 años de operación de cursos a los cuales acuden participantes de todos los países en desarrollo, y *b*) las aspiraciones de los participantes y las condiciones de los países latinoamericanos.

Después de varios ensayos se ha logrado preparar y ofrecer programas de estudio en los que se logran los tres objetivos del aprendizaje en un período de nueve a diez meses de dedicación exclusiva.

El actual currículo comprende lecciones, ejercicios, estudio de casos, excursiones y ejecución de uno o más proyectos de levantamientos en todas sus etapas.

Los ejercicios de laboratorio constituyen parte esencial del curso y están destinados a proveer un *skill* en el manejo, análisis o interpretación de sensores remotos, con énfasis en las fotografías aéreas.

La ejecución práctica de uno o más proyectos de levantamiento en los cuales los participantes son los sujetos activos, conduce a una síntesis o a una integración de conocimientos, técnicas, metodologías y terminologías aprendidas durante el curso.

En los proyectos de levantamientos, los participantes conforman equipos o brigadas, cada uno de los cuales se encarga de planear, ejecutar y coordinar un levantamiento de una región en condiciones reales, confrontando las dificultades técnicas, logísticas y de cualquier otra índole. Estos ejercicios permiten a los participantes aplicar los conocimientos y, cosa muy importante, desarrollar habilidad y aptitud de trabajo en equipo. Los grupos formados por participantes de diferentes países y con diferentes grados de conocimiento permiten un interesante intercambio de experiencias.

Como culminación del proyecto de levantamiento, se da mucha importancia a la redacción del informe (tesis), de acuerdo con normas científicas y técnicas aceptadas y con la presentación oral de las partes más relevantes del proyecto ejecutado. Cada participante debe presentar por lo menos un seminario.

De manera global, tomando en cuenta todas las especialidades, el 20% del tiempo se dedica a clases teóricas, el 57%, con rango de 47 a 65%, se dedica a trabajos de laboratorio, incluye ejercicios de fotointerpretación, preparación de proyectos de levantamientos, preparación de mapas e informes, y el 23%, con un rango de 14 a 33%, se dedica a trabajos de campo y excursiones. En el cuadro 1 se presenta la distribución del tiempo por tres actividades para las cuatro especialidades.

La instrucción en el CIAF se administra por bloques: primero, los cursos básicos; luego, la fotointerpretación, las técnicas de los levantamientos, y, finalmente, la formulación y ejecución de los levantamientos.

En los cuadros 2 a 5 se presentan las asignaturas y actividades de los cursos regulares vigentes en 1977-78, excepto en la especialidad de ingeniería civil, cuyo programa de estudios corresponde a 1975, en que se dejó de ofrecer transitoriamente el curso.

El plan de estudios no es flexible, en el sentido de que el candidato no puede escoger asignaturas o actividades

Cuadro 1. Cursos regulares: Distribución del tiempo por actividades

Actividades	Campo de especialización									
	Geología		Ingeniería civil		Ingeniería forestal		Suelos		Promedio	
	Horas	Porcentaje	Horas	Porcentaje	Horas	Porcentaje	Horas	Porcentaje	Horas	Porcentaje
Clases teóricas	236	14 9	308	21 3	358	23 2	320	20 3	306	19.9
Trabajos de laboratorio	942	59 4	940	65.0	858	55.6	740	47 1	870	56 6
Trabajos de campo	408	25 7	198	13 7	328	21 2	512	32 6	362	23 5
TOTAL	1 536	—	1 446	—	1 544	—	1 572	—	1 537	—
Días laborables de 8 horas	198	—	181	—	193	—	196	—	192	—
Semanas laborables de 8 días	39	—	36	—	38	—	39	—	38	—

de acuerdo con sus necesidades o con sus particulares inclinaciones. En cambio, debe cursar y aprobar todas las partes del plan para obtener un diploma de especialista.

La experiencia en el ITC y en el CIAF permite aseverar que los currículos vigentes con las intensidades horarias actuales constituyen un contenido apenas adecuado para el entrenamiento de un profesional con alguna experiencia. En un futuro próximo será necesario incluir un mayor número de ejercicios sobre uso de sensores remotos no fotográficos, MSS y SLAR principalmente.

Varios participantes y profesores observan que los cursos son demasiado intensos, los horarios están tan congestionados con clases y laboratorios que queda poco tiempo para lecturas y consultas en la biblioteca y para actividades extracurriculares. Se ha propuesto solucionar el problema mediante la extensión del curso a 11 meses, pero las directivas del CIAF consideran que los participantes pueden tener dificultades, para lograr su comisión de estudios de la duración propuesta. Sin embargo, una consulta hecha recientemente entre ex-alumnos del CIAF parece indicar que las entidades patrocinadoras no pondrían objeción para el envío de sus profesionales a un curso de 11 meses de duración. En efecto, el 75% de los consultados opinan que no habrá objeciones y sólo el 5% esperan fuertes objeciones.

AMÉRICA LATINA

Los países que forman el continente latinoamericano difieren grandemente en sus condiciones socioeconómicas y en sus relaciones tierra-población (ver cuadro 6). El medio natural y los recursos naturales asimismo son extensos, variados y complejos.

Cuando se discute sobre la potencialidad de los recursos naturales de países latinoamericanos se sostienen puntos de vista no sólo diferentes, sino antagónicos, debido a un vacío de información. Se puede citar el ejemplo de los suelos amazónicos.

Cuadro 2. Curso regular de fotointerpretación aplicada a geología
(Asignaturas e intensidad horaria)

Asignaturas	Horas	Porcentaje
Elementos de fotogrametría y cartografía	48	3.03
Imágenes y datos de percepción remota	26	1 64
Geomorfología	40	2 52
Fotointerpretación geológica	24	1 51
Complejos geológicos	28	1 77
Geología económica	20	1.26
Ingeniería geológica	18	1 13
Geología estructural	8	0 50
Seminarios	24	1.54
SUBTOTAL	236	14 88
Trabajos de gabinete.		
Práctica de fotogrametría	88	5 55
Prácticas de sensores remotos	38	2 40
Prácticas de fotointerpretación geológica	76	4 79
Prácticas de complejos geológicos	34	2 14
Prácticas de geología económica	22	2 02
Prácticas de ingeniería geológica	20	1 26
Prácticas de geología estructural	24	1 51
Preparación e informe levantamientos geológico preliminar	178	11 22
Preparación e informe levantamiento geológico final	452	38.50
SUBTOTAL	942	59 29
Trabajos de campo.		
Geomorfología	10	0 63
Ingeniería geológica	16	1 01
Levantamiento geológico preliminar	102	6 43
Levantamiento geológico final	280	17.65
SUBTOTAL	408	25 72
TOTAL	1 586	

Cuadro 3. Curso regular de aplicaciones de fotogrametría fotointerpretación a proyectos de ingeniería civil
(Asignaturas e intensidad horaria (1975))

Asignaturas	Horas	Porcentaje.
Elementos de fotogrametría y cartografía	54	3.73
Imágenes y datos de percepción remota	26	1 80
Geomorfología	40	2 77
Fotogrametría para ingenieros	50	3 46
Fotogrametría aplicada a ingeniería	30	2 07
Introducción a la fotointerpretación	30	2 07
Fotointerpretación geomorfológica	10	0 69
Geología básica y fotointerpretación geológica	42	2 90
Ingeniería geológica	26	1.80
SUBTOTAL	308	21 29
Trabajos de gabinete.		
Prácticas de fotogrametría elemental	88	6 09
Prácticas de sensores remotos	24	1 66
Prácticas de fotogrametría para ingenieros	100	6 92
Prácticas de fotogrametría aplicada a ingeniería	60	4 15
Prácticas de fotointerpretación (introducción)	56	3 67
Prácticas de fotointerpretación geomorfológica	62	4 29
Prácticas de fotointerpretación geológica	60	4 15
Prácticas de ingeniería geológica	40	2 77
Prácticas de ingeniería	450	31.12
SUBTOTAL	940	65 02
Trabajos de campo.		
Excursión de fotointerpretación	16	1 11
Excursión de geomorfología	32	2.21
Proyectos de ingeniería	150	10.37
SUBTOTAL	198	13 69
TOTAL	1 446	

Cuadro 4. Curso regular de fotointerpretación aplicada a ingeniería forestal
(Asignaturas e intensidad horaria)

Asignaturas	*Horas*	*Porcentaje*
Elementos de fotogrametría y cartografía	54	3 50
Imágenes y datos de percepción remota	26	1 68
Geomorfología	40	2 59
Fotointerpretación forestal	74	4 79
Mediciones sobre fotografías aéreas	20	1 30
Cuencas hidrográficas	30	1 94
Estadística y diseño de muestreo	44	2 85
Levantamientos forestales	40	2 59
Fisiografía y suelos	30	1.94
SUBTOTAL	359	23 18
Trabajos de gabinete		
Prácticas de fotogrametría	88	5 70
Fotointerpretación forestal	428	27 72
Preparación de trabajos de campo	142	9 20
Informe de levantamientos forestales	140	9 07
Procesamiento y análisis de inventarios forestales	30	1 94
Seminarios y evaluación final	30	1.94
SUBTOTAL	858	55 57
Trabajos de campo		
Excursión de fotointerpretación	8	0 52
Excursión de geomorfología	24	1 55
Excursión de cuencas hidrográficas	16	1 04
Excursión de fisiografía y suelos	16	1 04
Levantamientos forestales	264	17.10
SUBTOTAL	328	21 25
TOTAL	1 544	

Cuadro 5. Curso regular de fotointerpretación aplicada a estudio de suelos
(Asignaturas e intensidad horaria)

Asignaturas	*Horas*	*Porcentaje*
Elementos de fotogrametría y cartografía	48	3 05
Imágenes y datos de percepción remota	26	1 65
Geología y geomorfología	40	2 54
Génesis y clasificación de suelos	46	2 93
Levantamientos de suelos	50	3 18
Fotointerpretación en levantamientos de suelos	50	3 18
Clasificación de tierras	20	1 27
Erosión y conservación de suelos	20	1 27
Seminarios	20	1.27
SUBTOTAL	320	20 34
Trabajos de gabinete		
Prácticas de fotogrametría	88	5 60
Prácticas de sensores remotos	40	2 54
Prácticas de fotointerpretación	200	12 72
Prácticas de clasificación de tierras	20	1 27
Prácticas de erosión y conservación de suelos	22	1 40
Preparación e informe levantamiento detallado	78	4 96
Preparación e informe levantamiento semidetallado	252	16 03
Estudio colecciones	40	2.54
SUBTOTAL	740	47 06
Trabajos de campo		
Excursión de fotoidentificación	8	0 51
Excursión de geomorfología	24	1 53
Excursión de clasificación de suelos	8	0 51
Excursión a distrito de riego	24	1 53
Levantamiento detallado	80	5 09
Levantamiento semidetallado	352	22 39
Levantamiento de erosión	16	1.02
SUBTOTAL	512	32 58
TOTAL	1 572	

Cuadro 6. América Latina, extensión, población y algunos indicadores

País	*Extensión territorial km²*	*Población miles de habitantes*	*Densidad habitantes por km²*	*Crecimiento demográfico*	*Ingreso por habitante*	*Científicos agrícolas*
Argentina	2 776 889	25 720	9.3	1 5	1 599	300
Bolivia	1 098 581	5 790	5 3	2 6	320	29
Brasil	8 511 965	109 180	12 8	2 8	1 110	520
Colombia	1 141 784	24 718	21 6	2 4	550	338
Costa Rica	50 900	2 010	39 5	3 0	910	76
Cuba	114 524	9 528	83 2	1 8	800	—
Chile	756 625	10 450	13 8	1 8	760	223
Ecuador	270 670	7 305	27 0	2 9	550	87
El Salvador	21 156	4 110	194 3	3 7	450	56
Guatemala	108 889	6 260	57 5	2 8	468	15
Haití	27 750	4 584	165 2	1 6	162	50
Honduras	112 088	3 040	27 1	4 0	331	—
México	1 972 546	62 329	31 6	4 2	1 190	231
Nicaragua	127 664	2 330	18 2	2 8	720	43
Panamá	77 082	1 720	22 3	3 1	1 060	7
Paraguay	406 752	2 720	6 7	2 5	570	10
Perú	1 285 215	16 090	12 5	2 9	810	131
República Dominicana	48 442	4 840	99 9	3 1	720	—
Uruguay	186 926	3 100	16 6	0 7	1 330	93
Venezuela	916 490	12 361	13.5	3.1	2 542	121
América Latina	29 012 938	318 165	15 9	—	—	2 330
Estados Unidos	9 363 498	215 120	23 0	0 8	7 060	13 800

FUENTES: Alvarez, M E 1978 Almanaque Mundial, Editora América, Panamá Evenson, R E , y Kislev, Y 1976 Investigación Agrícola y Productividad Publicación Banco Mundial Editorial Tecnos, Madrid

Hodara (1970) sostiene que la sociedad latinoamericana es una "sociedad desinformada" porque carece de la aptitud y del instrumental necesarios para registrar y ordenar las unidades informativas sobre diferentes aspectos, como recursos naturales, humanos, nivel y aplicabilidad de conocimientos científicos, y cita como ejemplo el caso de Argentina, que en 1967 tenía mapeado menos del 10% de su territorio en escala de reconocimiento, mientras Canadá, con una extensión 3,5 veces mayor y una población menor, tiene mapeado el 75%. En otros países latinoamericanos la situación puede ser igualmente precaria. Los países latinoamericanos tienen necesidad de explotar sus recursos naturales. Las estrategias para el desarrollo de éstos y la toma de decisiones requieren datos básicos y confiables sobre la cantidad, potencialidad, distribución, factibilidad de desarrollo de los recursos. Infortunadamente, la información no existe, o es parcial, muy local o poco confiable.

La urgencia de obtener los datos básicos y de responder a preguntas de manera inmediata requiere un esfuerzo de parte del profesional de los recursos naturales, familiarizados con técnicas de levantamientos y procedimientos eficientes para colección y evaluación de datos. Infortunadamente, otra vez nuestros países cuentan con muy pocos científicos competentes en el área de recursos naturales. En esta eventualidad se suele recurrir a los servicios de consultoría privada o pública en forma de asistencia técnica.

En los últimos años los países latinoamericanos vienen haciendo esfuerzos por preparar sus cuadros de expertos mediante programas de especialización en el exterior, pero en número insuficiente.

Formación de expertos en levantamientos aéreos

El ITC y el CIAF han contribuido a la formación de expertos en las áreas de fotogrametría y levantamientos de recursos naturales. En el cuadro 7 se presenta la distribución de los participantes en cursos del CIAF e ITC, discriminados por países de origen.

En el CIAF se han formado 345 expertos en 9 años de operación, a un ritmo de 38 por año, y al ITC han asistido 336 profesionales latinoamericanos en 25 años para un total de 680, número muy bajo en relación con las dimensiones territoriales y poblacionales de América Latina. En promedio tenemos un experto por 30.000 km² y un experto por cada 468.000 habitantes. Algunos otros especialistas se forman en universidades y centros de entrenamiento, pero no se dispone de información en el momento.

En el Indian Photointerpretation Institute (IPI) se habían entrenado 432 expertos hindúes y sólo nueve extranjeros en el término de 11 años para un territorio de 3.287.590 km² y 618 millones de habitantes.

Una cuestión siempre actual en los países latinoamericanos es la de cuántos expertos son necesarios para atender las necesidades de inventarios y planes de desarrollo de los recursos naturales. Los datos sobre demanda de expertos son muy deficientes.

Se acepta que los "recursos humanos" constituyen un componente esencial de los "recursos para el desarrollo" y es uno de los factores condicionantes del desarrollo inicial y sostenido. Muchas conferencias internacionales en los últimos años reflejan la convicción entre los países de que la ciencia y la tecnología son factores críticos en el desarrollo nacional. Una de tales conferencias patrocinada por las Naciones Unidas (1963) declaró "que la ciencia y la tecnología han contribuido a crear la brecha entre los países prósperos y progresistas y los países empobrecidos y menos desarrollados y *la carencia de científicos e ingenieros es un indicador de esa brecha*."

Los países que pretenden un crecimiento más o menos acelerado deben conceder suma importancia al reclutamiento y entrenamiento de científicos o ingenieros. McClelland (1966) calcula que si un país planea un crecimiento económico rápido, debe reclutar y entrenar a 20 estudiantes de nivel medio y dos estudiantes de nivel superior por cada 1.000 habitantes. Si aplicamos estos índices, Colombia deberá disponer en 1978 de unos

Cuadro 7. Participantes en cursos regulares del ITC y del CIAF, discriminados por países de origen hasta 1977 y expertos requeridos

País	*Número de participantes*			*Expertos requeridos*		
	ITC	*CIAF*	*Total*	*Equipo básico*	*Equipo desarrollo*	*Total*
Argentina	33	25	58	1 388	1 184	2 572
Bolivia	23	23	46	549	30	579
Brasil	29	24	53	4 255	6 663	10 918
Colombia	51	136	187	570	1 901	2 471
Costa Rica	8	3	11	25	176	201
Cuba	2	1	3	57	896	953
Chile	20	6	26	378	667	1 045
Ecuador	9	26	35	135	596	731
El Salvador	5	8	13	11	400	411
Guatemala	9	2	11	54	572	626
Haití	2	1	3	14	444	458
Honduras	6	3	9	56	248	304
México	16	16	32	986	5 247	6 233
Nicaragua	4	7	11	64	169	233
Panamá	5	2	7	39	133	172
Paraguay	3	4	7	203	69	272
Perú	18	41	59	643	966	1 609
República Dominicana	4	9	13	24	460	484
Uruguay	18	2	20	93	217	310
Venezuela	48	28	76	458	778	1 236
América Latina	336	344	680	10 002	21 816	31 818
Estados Unidos	79	1	80			

50.000 científicos, expertos e ingenieros, el 20% de los cuales deben ser expertos en ciencias de la tierra (geólogos, edafólogos, forestales, hidrólogos, geógrafos) y el 25% de éstos entrenados en levantamientos y evaluación de recursos naturales. Esto nos lleva a una estimación de 2.500 profesionales especializados en colección, análisis e interpretación de datos sobre recursos naturales.

Harbison y Myers (1964) han estudiado las relaciones entre desarrollo económico y recursos humanos. Agrupan los países en cuatro clases según el nivel de desarrollo y según varios indicadores:

Indicadores	*Grupos de países*			
	Nivel I	*Nivel II*	*Nivel III*	*Nivel IV*
Profesores de 1a y 2a enseñanza por cada 10 000 habitantes	17	38	53	80
Científicos e ingenieros por cada 10 000 habitantes	0 6	3	25	42
PNB per cápita (en dólares EE UU.)	84	182	380	1 100
Porcentaje de la población activa en agricultura	83	65	52	23

Si se aplican los indices de recursos humanos de los niveles III y IV a Colombia y a América Latina, el requerimiento de científicos e ingenieros en 1978 sería:

	Nivel III	*Nivel IV*
Colombia	62 500	105 000
América Latina	795 500	1 336 440

Si el 5% de los científicos e ingenieros requeridos según estos indicadores deben ser especialistas en levantamientos, tendremos que se requieren entre 3.125 y 5.250 expertos en Colombia y entre 39.750 y 66.822 en América Latina.

La información restringida al sector agropecuario puede servir como base de comparación. Samper, citado por Schlottfelt (1967) calculaba que en América Latina se necesitaban para 1963 no menos de 43.000 agrónomos para atender adecuadamente las necesidades de investigación, enseñanza, extensión y fomento agrícola. Algunas proyecciones de los requerimientos de ingenieros agrónomos en algunos países y regiones:

País o región	*Año*	*Ingenieros agrónomos*	*Habitantes/ agrónomo*
Ecuador	1980	1 815	4 025
Brasil	1976	15 506	7 041
México	1980	24 070	2 581
América Central	1980	2 804	6 337

Estas proyecciones están basadas en el número de expertos necesarios para atender un área dada dedicada a la agricultura y de extensionistas y profesores por un número dado de familias.

Para hacer una estimación grosera del número de expertos en levantamientos de recursos naturales, que aparecen en el cuadro 7, se tuvieron en cuenta las dimensiones territorial y poblacional.

En primer término se supuso que los países latinoamericanos deben disponer de un equipo básico mínimo compuesto por cinco expertos por cada 10.000 km² de territorio, para realizar levantamientos e inventarios de reconocimiento. Esto da un índice de 2.000 km² por experto. El equipo básico debe estar compuesto por geólogo-geomorfólogo, edafólogo, experto en vegetación y ecología, experto en ingeniería e hidrología y experto geógrafo.

Por otro lado, para el desarrollo rápido de los recursos naturales, cada país debe disponer de un equipo de expertos en recursos para el desarrollo, encargado de estudios más detallados y de estudios de factibilidad y ejecución de proyectos de desarrollo. El número total de expertos se estimó con base en la población, asumiendo que se necesita un experto por cada 10.000 habitantes para levantamientos de inventario y desarrollo. La diferencia entre el número total de expertos requerido, y el número del equipo básico de reconocimiento se tomó como el requerimiento de expertos para el desarrollo. Así, para Colombia se requieren en 1978 unos 2.471 expertos en levantamientos de recursos naturales, 570 para el equipo de reconocimiento y 1.901 para estudios detallados y proyectos. En América Latina se requerirían unos 10.000 expertos para equipo de reconocimiento y 21.816 para estudios detallados, lo que da un total de 31.816, o sea, en conjunto un experto por 10.000 habitantes.

Estas cifras, aunque obtenidas de un modo empírico, indican la urgente necesidad de la formación de especialistas en estudios de recursos naturales de buena calidad, labor en la que se halla envuelto el CIAF y, que, según las cifras, sólo puede satisfacer en una proporción muy baja.

Distribución de expertos formados en el CIAF por especialidades

El número de solicitudes para estudiar en el CIAF ha venido en aumento progresivo, lo que demuestra el interés e importancia de la labor docente (cuadro 8).

Debido a limitaciones de orden físico y a la falta de un número suficiente de becas el CIAF, sólo ha podido atender al 51% de las solicitudes en los diez años pasados. Se espera que la capacidad del CIAF se ampliará en el futuro próximo, cuando se haya terminado la dotación del nuevo

Cuadro 8. Número de solicitudes para estudiar en el CIAF y número de participantes en los cursos regulares

Año	*Solicitudes*	*Participantes*	*Porcentaje aceptados*
1968	11	11	100
1969	34	23	67
1970	53	25	47
1971	53	18	55
1972	64	39	61
1973	68	50	74
1974	81	41	51
1975	94	45	47
1976	101	47	46
1977	105	46	44
1978	129	59	40
Total	773	395	51

edificio, localizado en los predios de la Ciudad Universitaria de Bogotá.

A los cursos regulares del CIAF hasta 1977 han asistido 345 estudiantes de 21 países, incluyendo uno de los Estados Unidos. El 40% de los participantes corresponde a la especialidad de suelos, 28% a geología, 21% a ingeniería forestal y 10% a ingeniería civil (cuadro 9). Es conveniente advertir que los cursos de suelos, geología y forestal se han ofrecido sin interrupción desde 1968. Los cursos de ingeniería civil se establecieron a partir de 1972 y se suspendieron a partir de 1976.

Cuadro 9. Expertos formados en el CIAF, distribución por países y por especialidades, hasta 1977

Países	*Número Total*	*Porcentaje*	*Suelos*	*Geología*	*Forestal*	*Ingeniería Civil*
Colombia	136	39 42	61	20	37	18
Venezuela	28	8 12	18	6	3	1
Ecuador	26	7 54	10	9	5	2
Argentina	25	7 25	3	16	5	1
Brasil	24	6 96	8	15	1	0
Bolivia	23	6 67	5	12	6	0
Perú	18	5 22	6	5	6	1
México	16	4 64	0	9	4	3
República Dominicana	9	2 61	9	0	0	0
El Salvador	8	2 32	6	1	0	1
Nicaragua	7	2 03	4	0	1	2
Chile	6	1 74	3	2	0	1
Paraguay	4	1 16	0	1	0	0
Costa Rica	3	0 87	2	1	0	0
Honduras	3	0 87	1	0	0	2
Guatemala	2	0 58	0	0	0	2
Panamá	2	0 58	1	0	1	0
Uruguay	2	0 58	0	0	3	2
Cuba	1	0 29	1	0	0	0
Estados Unidos	1	0 29	0	1	0	0
Haití	1	0.29	1	0	0	0
TOTAL	345	100 00	139	98	72	36
Porcentaje	—	—	40 29	28 41	20 87	10 44

El porcentaje actual de participantes guarda relación estrecha con el número de solicitantes, y éste puede tomarse por tanto como un indicio de las necesidades de personal especializado en cada área profesional. Durante los años en que se ofreció el curso de ingeniería civil, los participantes de esta especialidad constituían en promedio el 18% y la distribución porcentual de los participantes en todas las disciplinas era de este tenor: suelos, 36%; geología, 28%; forestal, 18%; ingeniería civil, 18%; lo que da una relación 2:1.6:1:1 o, en otras palabras, se necesita formar especialistas en la siguiente proporción: por cada 20 edafólogos, 16 geólogos, diez forestales y diez ingenieros civiles.

DESTINO DE LOS PARTICIPANTES EN LOS CURSOS DEL CIAF

Una encuesta realizada en 1977 entre ex alumnos del CIAF, y respondida por 72 entre unos 220 investigados (33% de respuesta), indica que alrededor del 90% trabaja en organizaciones gubernamentales, el 35% en organizaciones privadas, el 4.2% ejercen como consultores independientes y el 2.1% son oficiales de ejército (cuadro 10).

Muchos jefes de oficinas gubernamentales latinoamericanas están convencidos que un diploma obtenido en el CIAF casi siempre garantiza una buen nivel de idoneidad profesional y un desempeño satisfactorio en trabajos de

Cuadro 10. Organizaciones en las que prestan servicios los egresados del CIAF

	Areas de especialización				
Clase de organización	*Geología (%)*	*Ing. civil (%)*	*Forestal (%)*	*Suelos (%)*	*Total (%)*
Gubernamental	95 5	80 0	93 3	92 0	90 2
Privada	—	10 0	—	4 0	3 5
Consultor independ	—	10 0	6 7	—	4 2
Ejército	4.5	—	—	4.0	2.1
TOTAL	100 0	100 0	100.0	100 0	100 0

levantamientos de recursos naturales. Y es por esto por lo que las agencias gubernamentales, una vez que han comprobado la bondad o eficiencia de los cursos de especialización, siguen patrocinando el envío de sus técnicos, muchas veces en número creciente. Así lo demuestran las solicitudes y la matrícula de profesionales provenientes del Ministerio de Obras Públicas de Venezuela, Ministerio de Agricultura de la República Domincana, Oficina de Catastro del Ecuador, Instituto Geográfico de Colombia, Servicio Geológico de Bolivia, Instituto para el Desarrollo de Recursos Naturales de Colombia, etc.

En la encuesta se indagó sobre la naturaleza de las actividades realizadas por los ex alumnos del CIAF. En el cuadro 11 se presentan los resultados en forma porcentual.

Cuadro 11. Naturaleza del trabajo actual desempeñado por los egresados del CIAF

	Areas de especialización				
Naturaleza del trabajo	*Geología (%)*	*Ing. civil (%)*	*Forestal (%)*	*Suelos (%)*	*Total (%)*
Docente	22 7	50 0	13 3	20 0	23 6
Técnico	59 1	10 0	60 0	60 0	52 8
Téc administrativo	13 6	30 0	20 0	16 0	18 1
Ejecutivo	4.6	10.0	6.7	4.0	5.5
TOTAL	100 0	100 0	100 0	100 0	100 0

En promedio, el 24% de los ex alumnos que respondió la encuesta se dedica a la enseñanza universitaria y en el área de ingeniería civil el 50%. Por otra parte es interesante anotar que casi la mitad de los profesionales que realizan trabajos técnicos son también catedráticos y profesores de dedicación parcial. Esto indica que un 50% de los egresados está diseminando a través de la docencia las bases y metodologías de levantamientos aéreos. Un efecto multiplicador satisfactorio.

En la encuesta se pidió a los ex alumnos del CIAF que hicieran una estimación del grado de uso en su trabajo presente de las teorías, prácticas, técnicas, metodologías estudiadas y aprendidas en el CIAF. Se propuso una escala relativa que permite estimar el porcentaje del tiempo de trabajo durante el cual el profesional aplica de modo directo lo aprendido en el curso del CIAF.

La escala y el porcentaje de tiempo fueron:

Completo	> 80% del tiempo
Bastante	80%-50%
Algo	50-30%
Poco	30-10%
Ninguno	< 10%

El resultado en forma porcentual se presenta en el cuadro 12. Se preguntó también cómo el aprendizaje

Cuadro 12. Grado de uso de las materias y técnicas aprendidas en los cursos del CIAF en el trabajo actual de los ex alumnos

Grado de uso	*Puntos*	*Geología (%)*	*Ing. civil (%)*	*Forestal (%)*	*Suelos (%)*	*Total (%)*
Completo	1.00	36.4	12.5	66.7	45.0	44.3
Bastante	0.75	45.5	50.0	6.7	28.0	31.4
Alguno	0.50	13.6	25.0	26.6	20.0	20.0
Poco	0.25	0.0	0.0	0.0	4.0	1.4
Ninguno	0.00	4.5	12.5	0.0	0.0	2.9
TOTAL		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

hecho en los cursos del CIAF ha contribuido a la mejora del trabajo en los aspectos de comprensión, planeación, ejecución, rendimiento, economía de esfuerzo, tiempo y dinero. Para la estimación del grado de mejora en el trabajo se usaron una escala y unos porcentajes iguales a los

Cuadro 13. Grado de mejora en el trabajo actual atribuible al entrenamiento en los cursos del CIAF

Grado de mejora en el trabajo	*Puntos*	*Geología (%)*	*Ing. civil (%)*	*Forestal (%)*	*Suelos (%)*	*Total (%)*
Completo	1.00	28.2	7.1	37.7	36.5	31.4
Bastante	0.75	51.9	54.9	50.3	47.1	50.9
Alguno	0.60	11.8	24.2	8.2	12.0	12.4
Poco	0.25	7.0	0.0	3.3	4.3	3.8
Ninguno	0.00	1.1	13.8	0.0	0.0	1.5
TOTAL		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

de grado de uso indicados en el párrafo anterior. El resultado de la encuesta indica que por lo menos el 82% de los encuestados, en promedio, opina que los conocimientos adquiridos en el CIAF han servido para mejorar el trabajo de manera muy significativa (cuadro 13).

Si los porcentajes que representan los grados de uso y de mejora en el trabajo se multiplican por el número de puntos concedidos a cada grado de uso o mejora (cuadros 12 y 13), se tiene una cifra que permite hacer comparaciones entre unidades y hacer una evaluación de los cursos. Ahora la multiplicación de los puntos de grados de uso por grado de mejora (capacidad × intensidad) se tiene una cifra indicativa global de la calidad y utilidad del curso. En el cuadro 14 se presentan las puntuaciones para el conjunto y para las especialidades y los datos de la interacción, o sea, el producto de puntos asignados al grado de uso por puestos asignados al grado de mejora en el trabajo dividido por 100.

La puntuación del grado de uso de los conocimientos (% de tiempo de trabajo en que aplica directamente los conocimientos logrados en el curso del CIAF) podría significar que los forestales hacen un mayor uso de los conocimientos (85 puntos), seguidos por los edafólogos (80 puntos), los geólogos (77 puntos) y, en último lugar, los ingenieros civiles (62 puntos). Ahora la puntuación del grado de mejoramiento en el trabajo sigue la misma tendencia, los forestales logran la mayor mejora (81 puntos) y los ingenieros civiles la menor (60 puntos).

El producto de las puntuaciones, el grado de uso por grado de mejora en el trabajo representan una interacción de factor cantidad por factor calidad y podrá tomarse como un estimador general de la calidad y utilidad del curso o de validez general de la enseñanza para la cual se adapta la siguiente escala:

Excelente	100-70
Muy bueno	70-50
Bueno	50-30
Regular	20-10
Malo	< 10

Cuadro 14. Puntuación para grado de uso y grado de mejora y la interacción entre los dos factores

Grado de uso y mejora en el trabajo	*Geología*		*Ingeniería civil*		*Forestal*		*Suelos*		*Total*	
	Puntos por uso y mejora									
	Uso	*Mejora*	*Uso*	*Mejora*	*Uso*	*Mejora*	*Uso*	*Mejora*	*Uso*	*Mejora*
Completo	36.4	28.2	12.5	7.1	66.7	37.7	48.9	36.6	44.3	31.4
Bastante	34.1	38.9	37.5	41.2	5.0	38.1	21.0	35.4	23.6	38.2
Alguno	6.8	5.9	12.5	12.1	13.3	4.1	10.0	6.0	10.0	6.3
Poco	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	1.1	3.5	1.0
Ninguno	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	77.3	74.8	62.5	60.4	85.9	80.7	89.0	79.1	81.4	76.2
Interacción Uso x mejora / 100	57.8		37.8		68.6		63.3		62.6	

Los cursos de forestal (69), suelos (63) y geología (59) se califican en la categoría de muy buenos y el de ingeniería civil (88) como bueno.

Por otro lado se trató de indagar la manera en que el curso del CIAF ha ayudado a los participantes en los aspectos de promoción a posiciones más altas, bonificaciones salariales, primas técnicas, prestigio y reconocimiento profesional y contactos internacionales útiles. Los resultados de la encuesta se presentan en el cuadro 15 para el total de participantes y para las áreas de especialización.

En promedio, un porcentaje relativamente alto de exalumnos (16%) opina no haber recibido reconocimientos salariales, promociones o mejora en su *status* y un 23%, opina haber recibido sólo una poca mejora, después de haber aprobado el curso regular de CIAF. A la cuestión específica de mejoras salariales, recibidas, el porcentaje de quienes no recibieron ninguna alcanza el 30%.

Cuadro 15. Grado de mejoras en salarios, promociones y *status* profesional atribuible a la especialización en el CIAF

Grado de mejora	*Geología (%)*	*Ing. civil (%)*	*Forestal (%)*	*Suelos (%)*	*Total (%)*
Completo	10.1	3.1	12.0	10.9	9.9
Bastante	31.3	23.7	25.1	14.9	23.4
Alguno	24.3	33.9	25.7	30.4	28.0
Poco	16.2	21.4	20.2	30.4	22.8
Ninguno	17.5	17.9	16.9	13.4	15.9
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Annex
AGENDA

1. Adoption of the rules of procedure
2. Election of officers
3. Adoption of the agenda
4. Report on credentials
5. Establishment of technical committees
6. Country reports and progress made since the First Conference
7. Review of the latest techniques and recent developments related to:
   - (*a*) Geodesy and ground control (including satellite)
   - (*b*) Topographic mapping (including space imagery and conventional photography)
   - (*c*) Cadastral surveying and urban mapping
   - (*d*) Hydrographic surveying and nautical charting
8. Map preparation and reproduction (automated cartography, land information bank, computer mapping)
9. Thematic and small-scale mapping:
   - (*a*) Natural resources inventory and geoscientific mapping (including remote-sensing application)
   - (*b*) Small-scale mapping (including the International Map of the World on the Millionth Scale (IMW), the International Civil Aviation Organization (ICAO) and other international map series)
   - (*c*) National and regional atlases
10. Standardization of geographical names
11. Technical assistance (including training)
12. Adoption of the report of the Conference

PROGRAMA

1. Aprobación del reglamento
2. Elección de la Mesa
3. Aprobación del programa
4. Informe sobre credenciales
4. Informe sobre credenciales
5. Establecimiento de comités técnicos
6. Informes de los países y progresos logrados desde la Primera Conferencia
7. Reseña de las técnicas y los acontecimientos recientes relacionados con:
   - *a*) Geodesia y levantamientos de control (incluso satélites)
   - *b*) Mapas topográficos (incluso los basados en imágenes espaciales y en la fotografía convencional)
   - *c*) Levantamientos catastrales y mapas urbanos
   - *d*) Levantamientos hidrográficos y cartas náuticas
8. Preparación y reproducción de mapas (cartografía automatizada, banco de información sobre tierras, cartografía computadorizada)
9. Mapas temáticos y cartografía en pequeña escala:
   - *a*) Inventario de los recursos naturales y cartografía geocientífica (incluso aplicaciones de la teleobservación)
   - *b*) Cartografía en pequeña escala (incluso mapas de la serie Mapa Internacional del Mundo a escala 1:100 000, de la Organización de Aviación Civil Internacional y de otras series de mapas internacionales)
   - *c*) Atlas nacionales y regionales
10. Normalización de los nombres geográficos
11. Asistencia técnica (incluida la capacitación)
12. Aprobación del informe de la Conferencia

ORDRE DU JOUR

1. Adoption du règlement intérieur
2. Election du Bureau
3. Adoption de l'ordre du jour
4. Rapport sur la vérification des pouvoirs
5. Constitution de comités techniques
6. Rapports des pays et progrès réalisés depuis la première Conférence
7. Examen des techniques de pointe et des faits nouveaux dans les domaines suivants :
   - *a*) Géodésie et stéréopréparation (notamment par satellite)
   - *b*) Levés topographiques (notamment à l'aide d'images obtenues à partir de l'espace et de photographies clasiques)
   - *c*) Levés cadastraux et cartographie urbaine
   - *d*) Levés hydrographiques et cartes mariens
8. Establissement et reproduction de cartes (cartographie automatisée, banque de données pédologiques, établissement de cartes par ordinateur)
9. Cartographie thématique et à petite échelle
   - *a*) Inventaire des ressources naturelles et cartographie géoscientifique (y compris les applications de la télédétection)
   - *b*) Cartographie à petite échelle (y compris la Carte internationale du monde au millionième (CIM), la série de cartes internationales de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et autres séries de cartes internationales)
   - *c*) Atlas nationaux et régionaux
10. Normalisation des noms géographiques
11. Assistance technique (y compris la formation)
12. Adoption du rapport de la Conférence