

DEPARTAMENTO DE ASUNTOS ECONOMICOS Y SOCIALES INTERNACIONALES

OFICINA DE ESTADISTICA

ESTUDIOS DE METODOS

Serie F No. 44

**ESTADISTICAS DE ENERGIA:  
DEFINICIONES, UNIDADES DE MEDIDA  
Y FACTORES DE CONVERSION**



**NACIONES UNIDAS**  
Nueva York, 1987

Descargo general de responsabilidad

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

---

ST/ESA/STAT/SER.F/44

---

---

PUBLICACION DE LAS NACIONES UNIDAS

---

Número de venta: S.86.XVII.21

---

00750

ISBN 92-1-36115-3



Secretaría

CORRECCION  
Número de venta: S.86.XVII.21  
(ST/ESA/STAT/SER.F/44)  
18 de noviembre de 1991  
Nueva York

ESTADISTICAS DE ENERGIA: DEFINICIONES, UNIDADES DE MEDIDA  
Y FACTORES DE CONVERSION

Corrección

Página 31, cuadro 8, 1a. línea (Petróleo crudo)

La cifra correspondiente a "Gigacalorías" debe decir 10.00

La cifra correspondiente a "Equivalente en toneladas de petróleo"  
debe decir 1.000

Página 36, cuadro 13

La última columna debe decir

0 086

0 115

0 172

0 215

0 246

0 287

0 344

0 433

Página 50, Volumen

La tercera línea debe decir

un pie cúbico = 1 pie<sup>3</sup> = 0,0283168 m<sup>3</sup>



## INDICE

<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
INTRODUCCION .....	1
I. DEFINICIONES .....	3
A. Fuentes y productos para la generación de energía .....	3
1. Combustibles sólidos .....	3
2. Combustibles líquidos .....	5
3. Combustibles gaseosos .....	8
4. La electricidad y otras formas de energía .....	9
5. Formas tradicionales de energía .....	9
6. Expresiones técnicas empleadas en las definiciones precedentes .....	10
B. Transacciones de energía .....	12
C. Recursos de energía .....	13
II. UNIDADES DE MEDIDA .....	16
A. Masa .....	16
B. Volumen .....	16
C. Gravedad específica y densidad .....	17
D. Viscosidad .....	17
E. Energía, calor, trabajo y potencia .....	19
F. Unidades de energía .....	19
G. Potencia calorífica de los combustibles .....	20
H. Unidades de contabilidad .....	22
1. Tonelada de equivalente en carbón .....	23
2. Tonelada de equivalente en petróleo .....	23
3. El julio .....	24
4. La unidad térmica británica .....	24
5. La caloría .....	24
6. El tratamiento de la electricidad de generación primaria en los balances de energía .....	25

## INDICE (continuación)

<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
III. FACTORES DE CONVERSION .....	26
A. Unidades internacionales de masa, volumen, energía, trabajo y potencia .....	26
1. Masa y volumen .....	26
2. Energía, trabajo y potencia .....	27
B. Conversión de las unidades originales a unidades comunes .....	28
1. Combustibles sólidos .....	29
2. Combustibles líquidos .....	30
3. Combustibles gaseosos .....	35
4. Electricidad .....	36
5. Biomosas y energía animal .....	36

### Anexos

I. Sistema internacional de unidades .....	48
II. Cuadros de gravedad específicas, densidad y viscosidad .....	53
III. Eficiencias de los dispositivos de conversión de energía .....	59
REFERENCIAS .....	62

### Lista de cuadros

1. Diferencia entre potencia calórica bruta y potencia calórica neta de algunos combustibles .....	21
2. Equivalentes de masa .....	26
3. Volúmenes equivalentes .....	26
4. Energía y trabajo equivalentes .....	27
5. Potencias equivalentes .....	28
6. Equivalencias entre combustibles sólidos .....	29
7. Variación de la potencia calorífica del carbón y el lignito .....	29
8. Equivalencias de combustibles líquidos .....	31
9. Equivalencias de volúmenes de combustibles líquidos .....	32

INDICE (continuación)

		<u>Página</u>
10.	Volumen de una tonelada métrica de líquidos de distinta gravedad específica .....	33
11.	Peso en kilogramos de líquidos de distinta gravedad específica .....	34
12.	Equivalencias de combustibles gaseosos .....	35
13.	Equivalencias eléctricas .....	36
14.	Tabla de conversión para la leña .....	38
15.	Volumen sólido y peso de la leña en función de la humedad .....	38
16.	Influencia de la humedad sobre la potencia calorífica neta de la leña ..	39
17.	Tabla de conversión de leña en carbón de leña .....	41
18.	Leña necesaria para la producción de carbón de leña, por tipo de horno	41
19.	Peso específico de determinadas especies de leña .....	42
20.	Valores de la energía contenida en diversos desechos animales y vegetales .....	45
21.	Potencia y energía animales .....	46
22.	Equivalencias de gravedad específica .....	54
23.	Equivalencias de gravedad API .....	55
24.	Equivalencias de densidad .....	56
25.	Densidades de algunos combustibles .....	57
26.	Conversiones de viscosidad cinemática .....	58
27.	Eficiencias promedio de artefactos en la etapa final de consumo .....	60





## INTRODUCCION

En el decenio de 1970, cuando las cuestiones de energía pasaron a un primer plano, hubo una eclosión concomitante de investigaciones y análisis sobre la energía. Como resultado de esas actividades se descubrió, entre otras cosas, que la mayor parte de los datos sobre energía eran inadecuados. En su mayoría los datos de la época se referían sólo a la oferta y eludían el sector de la transformación y el consumo final. También resultó evidente que las metodologías empleadas para la reunión y compilación de los datos básicos no estaban prácticamente normalizadas y que las definiciones presentaban problemas. Comenzó entonces un debate sobre cuáles debían ser las unidades comunes de presentación.

Uno de los primeros problemas fue (y aún sigue siendo) el de la diversidad de sistemas adoptados por los países para reunir y montar los datos de energía. En consecuencia, un usuario de estadísticas de energía debe hoy estar dispuesto a comparar julios con unidades térmicas británicas (Btu) y con calorías, barriles con toneladas métricas, valor equivalente en petróleo con valor equivalente en carbón, y unidades de potencia eléctrica con todas las precedentes.

La finalidad de este manual es servir de guía a los planificadores, economistas y estadísticos de la energía que deben contar con datos de energía que tengan sentido. Esta publicación proporciona, para las diversas fuentes de energía, para las distintas unidades y las variadas terminologías usadas para describirlas, definiciones adoptadas internacionalmente, factores de conversión y cuadros descriptivos. Presenta una serie compatible de factores usando la información disponible incorporándola a las prácticas que aplican quienes más han hecho progresar las investigaciones sobre la energía.



## I. DEFINICIONES

### A. Fuentes y productos para la generación de energía

Para comprender cómo se mide y cómo se convierte la energía es necesario entender la naturaleza de las diversas fuentes de energía y los distintos productos usados para su generación. Para disponer de una terminología comercial moderna deben definirse los diferentes productos salidos de la mina, del pozo y de la refinería. Como los productos pueden variar notablemente según su origen geográfico, importante fijar límite al valor de los parámetros que los caracterizan.

Es también necesario saber algo de los procesos biológicos, puesto que la mayor parte de los combustibles han tenido su origen en la acción de fuerzas biológicas a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la turba, el lignito y la antracita son tres combustibles de distinto grado de carbonificación, que es un proceso biológico de las biomásas vegetales.

Al mismo tiempo, el hombre ha ejercido una enorme influencia sobre las características de los combustibles mediante un tipo u otro de elaboración. Los diferentes tipos de productos del petróleo son prueba de la inventiva humana para la creación de productos para satisfacer determinadas necesidades; volátiles livianos para la limpieza en seco de las ropas, gasolina para los automóviles, combustibles pesados para las calderas de calefacción y lubricantes para engrasar cojinetes.

Todas estas fuentes y productos de la energía deben definirse exactamente según normas internacionalmente aceptadas. El consumidor debe estar en condiciones de especificar y recibir el producto de energía que requiere, aunque tenga que traérselo de un lugar remoto de la tierra, independientemente de que la definición especifique una fórmula química, una gravedad específica, un valor calórico o una viscosidad.

Las siguientes son definiciones estándar de fuentes de energía y productos de energía tal como los emplea la Oficina de Estadística de la Secretaría de las Naciones Unidas. En la página 8 se da un glosario de los términos técnicos usados en algunas de esas definiciones.

#### 1. Combustibles sólidos

La antracita es un carbón con alto grado de carbonificación y una potencia calorífica bruta superior a 24 MJ/kg (5700 kcal/kg), medida sobre una base húmeda, libre de cenizas, y con un índice de reflexión de vitrinita igual o mayor a 0,5. Las pastas acuosas, las calidades intermedias y otros productos de carbón de baja calidad, que no pueden clasificarse según el tipo de carbón del que provienen, se incluyen bajo la clasificación de antracita.

El lignito es un carbón con bajo grado de carbonificación que ha conservado la estructura anatómica de la materia vegetal de la que se ha formado. Su potencia calorífica bruta es inferior a 24 MJ/kg (5700 kcal/kg), medida sobre una base húmeda, libre de cenizas, y con índice de reflexión de vitrinita inferior a 0,5.

La turba es un combustible sólido formado por la descomposición parcial de vegetación en condiciones de alta humedad y con acceso limitado de aire (la etapa inicial de carbonificación). Se incluyen sólo las turbas que se usan como combustible.

El carbón de patente es un nombre que se suele dar a las briquetas de carbón duro. En el proceso de prensado de briquetas se moldean los finos de carbón para darles forma pareja sometiéndoles a alta presión y temperatura con una mezcla de ligantes.

Las briquetas de lignito se fabrican a base de lignito que, triturado y secado, se moldea bajo alta presión sin el añadido de ligantes para formar piezas de factura uniforme.

Las briquetas de turba se hacen a partir de turba cruda que, después de triturada y secada, se moldea bajo gran presión y sin el añadido de ligantes para formar piezas de factura uniforme.

El coque es el residuo sólido de la destilación en seco de la antracita o el lignito en ausencia total de aire (carbonización). Hay dos tipos de coque: el coque de gas, subproducto del carbón utilizado para la producción de gas combustible en las plantas de gas; y el coque de hornos de coquificación, que incluye a todos los otros coques fabricados a partir de antracita.

El coque de lignito es un producto sólido obtenido de la carbonización de briquetas de lignito.

Los esquistos bituminosos son rocas sedimentarias que contienen elevada proporción de materia orgánica (querógenos) que puede convertirse en petróleo crudo o gas por calentamiento.

Las arenas bituminosas o arenas alquitranadas son arenas o areniscas que contienen elevada proporción de hidrocarburos alquitranados (bitúmenes), con los que se puede producir petróleo por calentamiento o por otros procedimientos. Se incluyen también bajo esta asignación los aceites y alquitranes pesados que son tan densos y viscosos que no pueden extraerse en forma comercial mediante métodos convencionales, es decir por circulación natural o bombeo. Puesto que no fluyen naturalmente y deben separarse por medios extraordinarios (aplicación de calor, p. ej.) de las estructuras rocosas que impregnan, los petróleos crudos pesados se agrupan con los combustibles sólidos. La medida de viscosidad es el parámetro determinante usado para diferenciar entre petróleos crudos y bitúmenes. Posteriormente se usa la densidad para diferenciar entre petróleos crudos extra pesados, petróleos crudos pesados y otros petróleos.

Los bitúmenes tienen viscosidades superiores a 10.000 centipoises. Los petróleos crudos tienen viscosidades inferiores o iguales a 10.000 centipoises. Estas viscosidades corresponden a medidas realizadas con el producto desgasificado y se referencian a la temperatura original en el yacimiento.

Los petróleos crudos extra pesados tienen densidades superiores a los  $1000 \text{ kg/m}^3$  (gravedades API inferiores a  $10^\circ$  API). Los petróleos crudos pesados tienen densidades comprendidas entre  $934$  y  $1000 \text{ kg/m}^3$  (gravedades API comprendidas entre  $20^\circ$  y  $10^\circ$ ) inclusive. Estas densidades (gravedades API) se referencian a  $15,6^\circ\text{C}$  y presión atmosférica.

## 2. Combustibles líquidos

El petróleo crudo es un aceite mineral que consiste en una mezcla de hidrocarburos de origen natural, de color que va del amarillo al negro, y de gravedad y viscosidad específicas variables. Se incluyen en esta clasificación los aceites minerales crudos extraídos de minerales bituminosos (como los esquistos y las arenas bituminosas). Los datos sobre el petróleo crudo incluyen los condensados que se extraen de los hidrocarburos gaseosos en las instalaciones de separación arrendadas.

El alcohol, dentro de un contexto de energía, se refiere por lo general al etanol (alcohol etílico) y al metanol (alcohol metílico) usados como combustible. El etanol puede producirse a partir del azúcar, el almidón y la celulosa y se utiliza principalmente en aplicaciones del transporte (sólo o mezclado con gasolina). El metanol puede producirse a partir de madera, residuos de cultivos, pasto y otros productos similares, y puede utilizarse en motores de combustión interna.

Los líquidos del gas natural son hidrocarburos líquidos o licuados que se producen durante la fabricación, la purificación y la estabilización del gas natural. Tienen características variables: desde las propias del butano y el propano hasta las de los aceites pesados. Se incluyen específicamente la gasolina natural, el gas de petróleo licuado y el condensado de planta.

El condensado de planta está constituido por hidrocarburos líquidos que se condensan a partir del gas natural húmedo en las plantas de elaboración de gas natural. Se utiliza como insumo de las refinerías de petróleo.

La gasolina natural es un líquido volátil liviano que se extra del gas natural húmedo, con frecuencia asociado con el petróleo crudo. Se utiliza como refinador de petróleo y como insumo de las plantas petroquímicas; también se emplea directamente para mezclar con destilados para motores, sin otra elaboración.

Los productos del petróleo (subproductos) abarcan los combustibles líquidos, los aceites lubricantes y los productos sólidos y semisólidos obtenidos por la destilación y el craqueo del petróleo crudo, el aceite de esquistos o productos semirrefinados y sin acabar del petróleo. Se excluyen todos los productos del petróleo obtenidos a partir del gas natural, el carbón, el lignito y sus derivados.

La gasolina de aviación es un líquido volátil para motores preparado especialmente para los motores de émbolo de aviación. Tienen un número octano comprendido entre 80 y 145 RON y un punto de congelación de  $-60^{\circ}$  C.

La gasolina para motores es un hidrocarburo liviano de petróleo utilizado en motores con encendido positivo (de chispa), salvo los que se usan en aeronaves. Destila entre  $35^{\circ}$  y  $200^{\circ}$  C y se somete a tratamiento para que tenga un número octano suficientemente elevado, por lo general comprendido entre 80 y 100 RON. El tratamiento puede consistir en un reformado, en la mezcla con fracciones aromáticas o en la adición de benzol u otros aditivos (como tetraetilo de plomo).

El combustible para reactores consiste en combustible para motores de chorro del tipo de gasolina y del tipo de querosene. El combustible de reactores del tipo de gasolina, que corresponde a todos los hidrocarburos livianos de petróleo que se usan en los motores de aviación de turbina de gas, destila entre  $100^{\circ}$  y  $250^{\circ}$  C y tiene un contenido no menor de 20% por volumen de producto que destile a  $143^{\circ}$  C. Este combustible se obtiene mezclando querosene y gasolina o nafta asegurando que el contenido de hidrocarburos aromáticos no exceda 25% por volumen. Se añaden aditivos para reducir el punto de congelación a  $-58^{\circ}$  C y para mantener la presión de vapor Reid entre 0,14 y 0,21 kg/cm<sup>2</sup>. El combustible para reactores del tipo de querosene, que corresponde a los hidrocarburos medianos que se usan en motores de aviación de turbina de gas, tiene iguales características de destilación y punto de encendido que el querosene, con un contenido máximo de hidrocarburos aromáticos de 20% por volumen. Se le somete a un tratamiento para darle una viscosidad cinemática menor de 15 cSt a  $-34^{\circ}$  C y con un punto de congelación inferior a  $-50^{\circ}$  C.

El querosene (o queroseno) es un hidrocarburo intermediario que destila entre  $150^{\circ}$  y  $300^{\circ}$  C, con por lo menos 65% (por volumen) que destila a  $250^{\circ}$  C. Su gravedad específica es del orden de 0,80 y su punto de ignición superior a  $38^{\circ}$  C. Se utiliza como combustible de iluminación y como combustible de ciertos tipos de motores de encendido por chispa eléctrica, como los motores estacionarios y los usados en tractores agrícolas.

El gasoil y el diesel oil (fuel oil destilado) consiste en los aceites pesados que destilan entre  $200^{\circ}$  y  $380^{\circ}$  C, pero en los cuales menos del 65% por volumen destila a  $250^{\circ}$  C y 85% o más destila a  $350^{\circ}$  C. Su punto de ignición es siempre superior a  $50^{\circ}$  C y su gravedad específica superior a 0,82. Los aceites pesados obtenidos por mezcla se agrupan junto con los gasoils a condición de que su viscosidad cinemática no exceda de 27,5 cSt a  $38^{\circ}$  C. Se incluyen también los destilados intermedios que usan en la industria petroquímica. El gasoil y el diesel oil se usan como combustibles de motores diésel de combustión interna, como combustible en instalaciones de calefacción (hornos), y para enriquecer el gas de agua (gas pobre) para mejorar su luminosidad. Este producto tiene otros nombres como combustible diésel, diésel oil y gas oil.

El fuel oil residual o aceite residual combustible es un aceite pesado constituido por los residuos de la destilación atmosférica. Esta compuesto por todos

los combustibles (incluso los obtenidos por mezcla) que tengan viscosidad cinemática superior a 27,5 cSt a 38° C. Su punto de ignición es siempre superior a 50° C y su gravedad específica mayor que 0,90. Se utiliza por lo común en buques e instalaciones de calefacción industrial en gran escala como combustible de hornos o calderas. Otro nombre que se da a este producto es mazout, mazut o masut.

Por gas de petróleo licuado se entiende un producto constituido por hidrocarburos gaseosos a temperatura y presión normales, licuados por compresión o enfriamiento para facilitar su almacenamiento, su manejo y su transporte. Estos hidrocarburos se extraen 1) por separación del gas natural en fuentes de petróleo crudo o de gas; 2) por separación del gas natural importado en instalaciones del país importador y 3) producido en refinerías y fuera de refinerías durante la elaboración del petróleo crudo y sus derivados. Los líquidos extraídos en los procesos mencionados en 1) y 2) se incluyen bajo la clasificación de líquidos del gas natural. El gas de petróleo licuado está por general compuesto de propano ( $C_3H_8$ ), butano ( $C_4H_{10}$ ), o una mezcla de ambos. Incluye también el etano ( $C_2H_6$ ) de las refinerías de petróleo o de las plantas de separación y estabilización de productos de gas natural.

El gas de refinería es un gas no condensable recogido en las refinerías de petróleo. Por lo general se usa totalmente como combustible de refinería. Se lo conoce también con el nombre de gas de destilación.

Los materiales de alimentación son productos o combinaciones de productos derivados del petróleo crudo que se destinan, no a ser mezclados, sino a su elaboración ulterior en refinerías, donde se convierten en uno o más componentes o productos acabados. Esta definición abarca la nafta extraída del insumo de la industria de refinerías y la nafta que la industria química devuelve a esta industria.

La nafta incluye hidrocarburos livianos o intermedios que destilan entre 30° y 210° C. El producto no tiene una definición oficial salvo la de no satisfacer las normas establecidas para la gasolina de automóviles. Las propiedades dependen de la especificación del consumidor. La relación carbono/hidrógeno es por lo común de 84,14 a 84,16, con un muy bajo contenido de azufre. La nafta puede mezclarse además con otras sustancias para producir gasolina de alta calidad para motores o combustible para motores de reacción, o puede utilizarse como materia prima del gas manufacturado. A veces se utiliza la nafta como insumo en los materiales de alimentación para la fabricación de diversos tipos de productos químicos. También puede usarse como solvente.

Esencia blanca, solvente industrial o aguarrás mineral es un producto destilado, altamente refinado, con un punto de ebullición que varía entre 135° y 200° C, que se usa como solvente de pinturas o para la limpieza en seco.

Los aceites lubricantes son hidrocarburos líquidos viscosos, ricos en ceras de parafina (parafinas sólidas), que destilan entre 380° y 500° C. Se obtienen por destilación al vacío de aceites residuales de la destilación atmosférica y pueden

incluir aditivos para modificar sus características. Tienen un punto de inflamación superior a 125° C, un punto de fluidez comprendido entre -25° y +5° C, un índice de acidez elevado (0,5 mg/g) y un reducido contenido de cenizas y de agua. Entre estos aceites se incluyen los aceites de corte, los petrolatos, los aceites de aislación, los aceites para husillos y las grasas lubricantes.

El bitumen es un hidrocarburo sólido o viscoso de estructura coloidal, color castaño o negro, que se obtiene como residuo de la destilación al vacío de aceites residuales de la destilación atmosférica. A veces es soluble en bisulfuro de carbono, no es volátil y es termoplástico entre 150° y 200° C, y con frecuencia tiene propiedades aisladoras y adhesivas. Generalmente se utiliza como sellador e impermeabilizante en carreteras y techos.

La parafina o cera de petróleo está constituida por hidrocarburos alifáticos saturados que se obtienen como residuo al desparafinar los aceites lubricantes. Se caracterizan principalmente por ser incoloras y en la mayor de los casos inodoras y translúcidas, tener un punto de fusión superior a 45° C, una gravedad específica de aproximadamente 0,77 a 80° C y una viscosidad cinemática comprendida entre 3,7 y 5,5 cSt a 99° C. Las ceras o parafinas se usan en la fabricación de velas y pulimentos, para la impermeabilización de contenedores, envolturas y en otras aplicaciones similares.

El coque de petróleo es un residuo negro y brillante obtenido por el craqueo y la carbonización en hornos. Consiste principalmente en carbón (90 a 95%) y por lo general quema sin dejar cenizas residuales. Se usa principalmente en procesos metalúrgicos. La definición no incluye los residuos sólidos obtenidos por la carbonización del carbón.

La expresión otros productos del petróleo incluye aquéllos derivados del petróleo (con inclusión de los productos parcialmente refinados) que no han sido especificados precedentemente.

### 3. Combustibles gaseosos

El gas natural consiste en una mezcla de compuestos de hidrocarburos, con pequeñas cantidades de sustancias que no son hidrocarburos, que existen en fase gaseosa o disueltos en petróleo en yacimientos subterráneos naturales. El gas natural puede clasificarse adicionalmente en gas asociado (proveniente de yacimientos que producen hidrocarburos líquidos y gaseosos), y gas disuelto, o gas no asociado (que proviene de yacimientos que producen solamente hidrocarburos gaseosos). Entre éstos se incluyen el metano (CH<sub>4</sub>) extraído de las minas de carbón, el gas generado en la disposición de aguas negras y el gas natural licuado para su transporte. Se excluyen, sin embargo, los gases utilizados en las operaciones de represurización y reinyección de pozos, así como el gas quemado en antorchas en destilerías y yacimientos, descargado a la atmósfera o desperdiciado, y el gas perdido durante la extracción de los hidrocarburos líquidos del gas natural.



El gas de usina, o gas de gasógeno, es el gas producido por carbonización o gasificación total, enriquecido o no con subproductos del petróleo. La definición, que incluye todo tipo de gas producido en plantas cuyo propósito principal sea la producción de gas de usina, incluye también el gas fabricado por craqueo de gases naturales, por reformación o por mezcla de gases.

El gas de horno de coquificación es un subproducto del proceso de carbonización para la producción de coque en hornos de coquificación.

El gas de altos hornos es un subproducto retenido de los altos hornos que se recupera antes de que salgan del horno.

El biogás o gas biológico es un subproducto de la fermentación de biomásas, constituidas principalmente por desechos de origen animal (gas de estiércol). Consiste principalmente de metano y anhídrido carbónico.

#### 4. La electricidad y otras formas de energía

La producción de electricidad puede registrarse en forma bruta o neta. La producción bruta incluye el consumo de los elementos auxiliares de la central generadora (usina) y toda pérdida en los transformadores que se consideran parte integral de la ésta. La producción neta excluye el consumo y las pérdidas mencionadas. Tanto la producción bruta como la neta excluyen la electricidad obtenida como energía hidroeléctrica con ayuda de depósitos de reservas acumuladas por bombeo.

La electricidad primaria se produce por generación de energía geotérmica, hidroeléctrica, nuclear y solar, y la producida aprovechando la energía de las mareas, las olas y los vientos.

Por producción de uranio se entiende el uranio contenido en las menas y los concentrados uraníferos destinados a la elaboración para la extracción de este metal.

Por vapor y el agua caliente se entienden el vapor y el agua caliente obtenidos en a) fuentes geotérmicas y distribuidas como tales para su consumo final y b) el proveniente de plantas de generación térmica para el servicio público proyectadas para la generación mixta de energía eléctrica y calor. Se incluye también el calor producido en plantas con fines exclusivamente de calefacción y por productores independientes que aprovechan el calor para atender todas o parte de sus necesidades.

#### 5. Formas tradicionales de energía

Por leña se entiende toda la madera sin elaborar usada como combustible. Los datos de producción incluyen la parte utilizada para la producción de carbón de

leña. Se ha usado un factor de 6 para convertir el peso en el volumen equivalente (toneladas métricas a metros cúbicos) de carbón de leña.

Por carbón de leña se entiende el residuo sólido, compuesto principalmente por carbono, obtenido por la destilación destructiva de madera en ausencia de aire.

El bagazo es el residuo celulósico que queda después de extraer el azúcar de la caña de azúcar. Se usa frecuentemente como combustible en los propios ingenios azucareros.

Los residuos vegetales son principalmente residuos de cultivos (la farfollas y pajas del maíz, el trigo, el arroz, etc.) y los desechos de la elaboración de alimentos (cáscaras de arroz, de coco, de maní, etc.) que se usan como combustible. Se excluye el bagazo.

Los desechos animales son el estiércol y otras deposiciones sin secar del ganado (mayor y menor) y las aves de corral, y en principio, de los seres humanos. Puede desecarse y utilizarse directamente como combustible o convertirse en metano por fermentación o descomposición.

Por otros desechos se entienden todas las formas de residuos que pueden usarse para la generación de energía no incluidas específicamente en la lista anterior, como la basura domiciliaria y los desperdicios de la fabricación de pasta de celulosa y papel.

La energía de los animales de tiro es la producida por fuerza muscular animal cuando se obtiene como esfuerzo de tracción para producir trabajo.

## 6. Expresiones técnicas empleadas en las definiciones precedentes

Carbonificación. La transformación de sustancias vegetales en carbón.

Carbonización. La destilación destructiva de sustancias orgánicas en ausencia de aire que entraña la remoción de los elementos constituyentes volátiles y la obtención de un residuo de alto tenor de carbono, por ejemplo, coque, carbón de leña.

Contenido aromático. Fracción del petróleo consistente en benceno y sus derivados.

Craqueo (cracking, descomposición térmica). Método usado para convertir hidrocarburos pesados en otros más livianos.

Destilación. Proceso de separación de fluidos volátiles de fracciones más pesadas mediante evaporación seguida de condensación.

Destilación al vacío. Destilación hecha a presión inferior a la atmosférica, lo que reduce la temperatura de evaporación de los fluidos y aumenta eficazmente el número de productos que destilan a temperaturas elevadas.

Índice de acidez. Cantidad de hidróxido de potasio necesaria para neutralizar la acidez del petróleo, es decir, miligramos de potasa cáustica por gramo de petróleo.

Mezcla. La unión de varios productos del petróleo para obtener el producto final deseado, en forma homogeneizada.

Número octano. Cifra que indica el valor antidetonante de un combustible para motores de explosión. Corresponde al contenido porcentual de isooctano en una mezcla de isooctano y heptano, que tenga las mismas características detonantes del combustible.

Presión de vapor de Reid. Medida de la presión en libras ejercida en el interior de un recipiente especial (aparato de medición de presión de vapor de Reid) por el producto a 100° F.

Punto de fluidez. La temperatura más baja a la que fluye o puede volcarse un líquido cuando se lo enfría sin perturbarlo.

Punto de ignición. La temperatura a la que se inflama bruscamente un producto de petróleo.

Reflectancia, o índice de reflexión. La relación entre la luz reflejada por una superficie y el total de luz incidente.

Reformado. Un proceso de craqueo que utiliza como insumo una gasolina o nafta de destilación directa.

RON (research octane number). Número octano usado en estudios sobre motores poco exigidos a baja velocidad.

Viscosidad. Medición de la resistencia de un líquido al escurrimiento. Por lo común se mide por el tiempo que requiere una determinada cantidad de líquido para pasar a través de un orificio de medición a determinada temperatura.

Viscosidad cinemática. La relación entre viscosidad absoluta y densidad de un líquido.

## B. Transacciones de energía

Por producción de energía primaria se entiende la cantidad de energía extraída, calculada después de toda operación de eliminación de material inerte del combustible. En general incluye las cantidades consumidas en este proceso así como los suministros a otros productores de energía para su transformación u otras utilización. La producción de antracita y lignito abarca el total de ventas, el consumo de las minas, las entregas a los mineros, las entregas en las minas a las plantas de coquificación, fabricación de briquetas y otras plantas auxiliares y las variaciones de existencias en bocamina. Los datos referentes al gas natural excluyen los gases reinyectados, represurizados, quemados en antorchas, descargados en la atmósfera o desperdiciados, así como el valor correspondiente de líquidos extraídos del gas natural (mermas). La producción de los líquidos del gas natural se agrupa con la del petróleo crudo. La producción bruta de energía nuclear, hidroeléctrica y geotérmica puede indicarse ya sea como la cantidad de electricidad producida, ya como el equivalente en combustible convencional, ya en términos del insumo de energía primaria.

Por importaciones y exportaciones se entiende la cantidad de energía primaria y derivada obtenida en otros países de o suministrada a otros países. Las importaciones y exportaciones de petróleo crudo incluyen también las importaciones y exportaciones de materiales de alimentación, aceites sin refinar y semirrefinados y componentes derivados del petróleo crudo. Los combustibles utilizados en tránsito se excluyen de las importaciones y exportaciones y se incluyen en aceites combustibles para buques.

Los aceites combustibles para la marina y la aviación se refieren a la cantidad de combustibles entregados a buques oceánicos o aviones de todo registro que se ocupan del tráfico internacional. No se incluyen las entregas a buques dedicados al transporte en aguas interiores o al transporte de cabotaje, ni el entregado a aeronaves que realizan vuelos internos.

Los cambios de existencias (de productores, importadores y consumidores industriales) se refieren a la diferencia entre las cantidades de energía almacenadas al comienzo y al final del año.

La energía convertida es el insumo neto de energía primaria o derivada de procesos de conversión, así como la producción neta de energía derivada. La producción se refiere a la producción bruta.

Las transferencias netas son los movimientos netos de productos de energía entre procesos, en diferentes sectores, por ejemplo, la mezcla de gas natural con gas manufacturado, la desviación de productos (materiales de alimentación) hacia su elaboración ulterior en la industria de la refinación, y la transferencia de productos para su mezcla. En las transferencias se incluyen también las corrientes de retorno, constituidas por los productos del petróleo que las industrias químicas y petroquímicas devuelven a las refinerías.

El consumo por sector de energía se refiere al consumo de energía por productores y transformadores de energía que éstos emplean para la operación de sus instalaciones. Incluye el consumo de las estaciones de compresión y bombeo en oleoductos y gasoductos, el consumo en las propias estaciones y la pérdida de energía eléctrica en las plantas generadoras (incluida la electricidad utilizada para el bombeo en las instalaciones de almacenamiento de energía por bombeo).

Las pérdidas en el transporta y la distribución se refieren a las pérdidas de energía eléctrica, gas natural y gases derivados que ocurren fuera de las fábricas o plantas antes de llegar el consumidor final.

El consumo por industria y construcción excluye el consumo del sector de la energía y todos los insumos de la conversión de energía, como los combustibles utilizados por los productores industriales y productores independientes de energía térmica. El consumo de la industria química incluye sólo el uso como combustible.

El consumo por el transporte incluye todo el combustible consumido por el tráfico carretero y el entregado a los buques que se ocupan del transporte en aguas interiores y costeras, y a las aeronaves que realizan vuelos internos. Los combustibles consumidos por los equipos agrícolas se incluyen en el consumo agrícola.

El consumo en los hogares y por otros consumidores abarca el consumo doméstico (que incluye la energía distribuida gratis a los empleados), el de la agricultura y el de otros sectores que no se designan específicamente en otra parte. El consumo de la agricultura incluye la caza, las silvicultura y la pesca. El rubro "otros consumidores" incluye específicamente el comercio, las comunicaciones y los servicios públicos, como el alumbrado público.

### C. Recursos de energía

#### Antracita, lignito y turba

Las reservas probadas en yacimiento representan la fracción de los recursos totales que no sólo se han medido meticulosamente, sino que se han evaluado y juzgado explotables en las condiciones económicas actuales y previstas (o a un costo especificado) con la tecnología disponible en la actualidad.

Las reservas probadas recuperables son aquella fracción de las reservas probadas en yacimiento que puede recuperarse (extraerse en forma bruta o cruda) dentro de las restricciones económicas y tecnológicas mencionadas.

Por recursos adicionales se entienden todos los demás recursos, con excepción de las reservas probadas, que tienen, por lo menos, interés económico previsible. Los cálculos dados para los recursos adicionales reflejan, si no una certidumbre sobre la existencia del total de las cantidades comunicadas, al menos un nivel razonable de seguridad, basado en el conocimiento de las condiciones geológicas favorables para la existencia de los recursos. No se incluyen recursos cuya existencia es totalmente especulativa.

## Petróleo crudo y líquidos del gas natural

Las reservas probadas recuperables son aquella fracción de las reservas probadas en yacimiento que pueden extraerse en forma cruda en las condiciones económicas locales actuales y previstas con la tecnología disponible en la actualidad.

## Esquistos y arenas bituminosas

Las reservas probadas recuperables son aquella fracción de los recursos totales que no sólo se han medido meticulosamente, sino que también se han juzgado explotables en las condiciones económicas locales actuales y previstas (o a un costo especificado) con la tecnología disponible en la actualidad.

## El gas natural crudo

Las reservas probadas recuperables son aquella fracción de las reservas probadas en yacimiento que pueden extraerse en forma cruda en las condiciones económicas locales actuales y previstas (o a un costo especificado) con la tecnología disponible en la actualidad. Se excluye el gas de yacimiento extraído como líquido en separadores instalados en la superficie o en plantas, que se incluye en los líquidos del gas natural.

## Uranio

Los recursos razonablemente seguros son los de los depósitos de uranio conocidos, de magnitud, calidad y configuración tales que puedan extraerse, con gastos de producción comprendidos dentro de ciertos límites, con la tecnología de extracción y elaboración actual y demostrada.

Los recursos adicionales estimados se refieren a aquellos recursos de uranio que, además de los recursos razonablemente seguros, se espera localizar sobre la base de evidencia geológica directa.

## Caídas de agua

La capacidad teórica bruta de los recursos hidráulicos representa la energía potencialmente disponible de todas las corrientes de agua, calculada sobre la base de la precipitación atmosférica y los escurrimientos de agua, si se llevaran pasando por turbinas hasta el nivel del mar, con una eficiencia de 100% de la maquinaria y las obras de conducción de agua.

## Biomasa leñosa

Los recursos de bosques, montes y de plantación incluyen todas las biomasa de árboles de pie que se encuentran en sistemas ecológicos cerrados constituidos por bosques y montes naturales y plantaciones comerciales. Esta categoría incluye todos los residuos derivados exclusivamente de esa vegetación leñosa.

Los recursos de plantaciones agroindustriales se distinguen de las plantaciones forestales por tratarse de materias primas agroindustriales en las que la biomasa leñosa se recoge como subproducto. Son ejemplos los materiales provenientes de las plantaciones de té, café, caucho, palmera africana (de aceite) y cocoteros, y bambú.

Los recursos de árboles en granja son los de árboles que crecen fuera de las formaciones de bosques y montes.

#### Biomasa vegetal no leñosa

Los recursos de cultivos agrícolas se refieren a los provenientes de cultivos destinados específicamente a la producción de alimentos, forrajes, fibras o energía.

Los recursos de residuos de cosechas incluyen los residuos de plantas y cultivos producidos en el campo. Como ejemplos puede mencionarse a la paja de cereales, las hojas y los tallos de plantas.

Los recursos de residuos de elaboración incluyen los provenientes de residuos resultantes de la conversión o elaboración agroindustrial de cosechas (incluida la explotación forestal), como son el aserrín, los recortes de aserraderos, el bagazo, las cáscaras de nueces y la farfolla.

#### Desechos animales

Los recursos de desechos animales se refieren a desechos provenientes de la cría intensiva y extensiva de animales.

## II. UNIDADES DE MEDIDA

Las fuentes de energía y los productos usados en su generación se miden por su masa o peso, su volumen, su contenido térmico, su energía y su capacidad de realizar trabajo. La estandarización del registro y la presentación de las unidades originales es una de las tareas primarias que deben llevar a cabo los estadísticos de energía antes de poder analizar o comparar cantidades.

Se recomienda a los estadísticos de las cuestiones de energía que, para la presentación de informes internacionales, y cuando sea posible en los procedimientos nacionales de contabilidad, utilicen el Sistema Internacional de Unidades, cuya abreviatura oficial es SI. El SI es una versión modernizada del sistema métrico establecida por acuerdo internacional. Ofrece un marco lógico e interconectado para hacer mediciones científicas, industriales y comerciales. El sistema de unidades SI se funda en siete unidades básicas, más dos suplementarias. Los múltiplos y submúltiplos se expresan en el sistema decimal. En el anexo I del presente documento se presenta una lista seleccionada de unidades del SI, relacionadas con la energía.

### A. Masa

La mayor parte de los combustibles sólidos se miden en unidades de masa, al igual que muchos combustibles líquidos. Las unidades principales de masa usadas para medir los productos básicos de energía son el kilogramo, la tonelada métrica, la libra, la tonelada neta o corta y la tonelada larga.

Las toneladas se usan comúnmente para medir el carbón, el petróleo y sus derivados, así como para muchos combustibles no comerciales. La tonelada métrica (1000 kg) es la de aceptación más general. La tonelada corta (2000 lb) se usa en los Estados Unidos, el Canadá y en otros pocos países. La tonelada larga (2240 lb) se usa en el sistema británico de medidas. La mayor parte de los países que utilizan este sistema se han convertido al sistema métrico o suministran los datos también en unidades métricas.

### B. Volumen

Las unidades de volumen son originalmente unidades utilizadas para medir la mayor parte de los combustibles líquidos y gaseosos, así como algunos combustibles tradicionales. Las unidades SI básicas de volumen son el litro y el kilolitro, que es equivalente a un metro cúbico. El sistema inglés, que utiliza el galón británico o imperial, se emplea en muchos países del Commonwealth (Mancomunidad Británica). El sistema de los Estados Unidos se emplea en toda Norteamérica y en partes de América Central y Sudamérica. Este sistema utiliza el galón de los Estados Unidos y el barril. El barril es de uso común en muchas partes del mundo como medida de la producción de combustibles líquidos. Equivale a 42 galones de los Estados Unidos o 34,97 galones imperiales. La medida de barriles por día se utiliza comúnmente en



el sector petrolero (por ejemplo, la producción de petróleo crudo de los países de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) fue 19 millones de barriles/día en 1982, pero sólo de 17 millones b/d en diciembre de dicho año).

### C. Gravedad específica y densidad

Puesto que los combustibles líquidos pueden medirse por peso o por volumen es necesario poder convertir de una a otra medida. Para hacerlo debe recurrirse a la medida de la gravedad específica o densidad del líquido. La gravedad específica (peso específico) es la relación de la masa de un determinado volumen de petróleo a 15° C con la masa de igual volumen de agua a dicha temperatura. La densidad es la masa por unidad de volumen.

$$\text{Gravedad específica} = \frac{\text{masa de petróleo}}{\text{masa de agua}} \quad \text{Densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

Quando la densidad se expresa en kilogramos por litro, equivale a la gravedad específica. Si se utiliza el SI o el sistema métrico, el volumen resulta de dividir la masa por la gravedad específica o la densidad, y viceversa, para obtener la masa, se multiplica el volumen por el peso específico o densidad. Si se usan otros sistemas de medición deben consultarse los cuadros de conversión para obtener los factores que permitan pasar de masa a volumen.

Otra medida utilizada con frecuencia para expresar la gravedad o la densidad de combustibles líquidos es la gravedad API, una norma adoptada por el Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute). La gravedad API está relacionada con la gravedad específica por la siguiente fórmula:

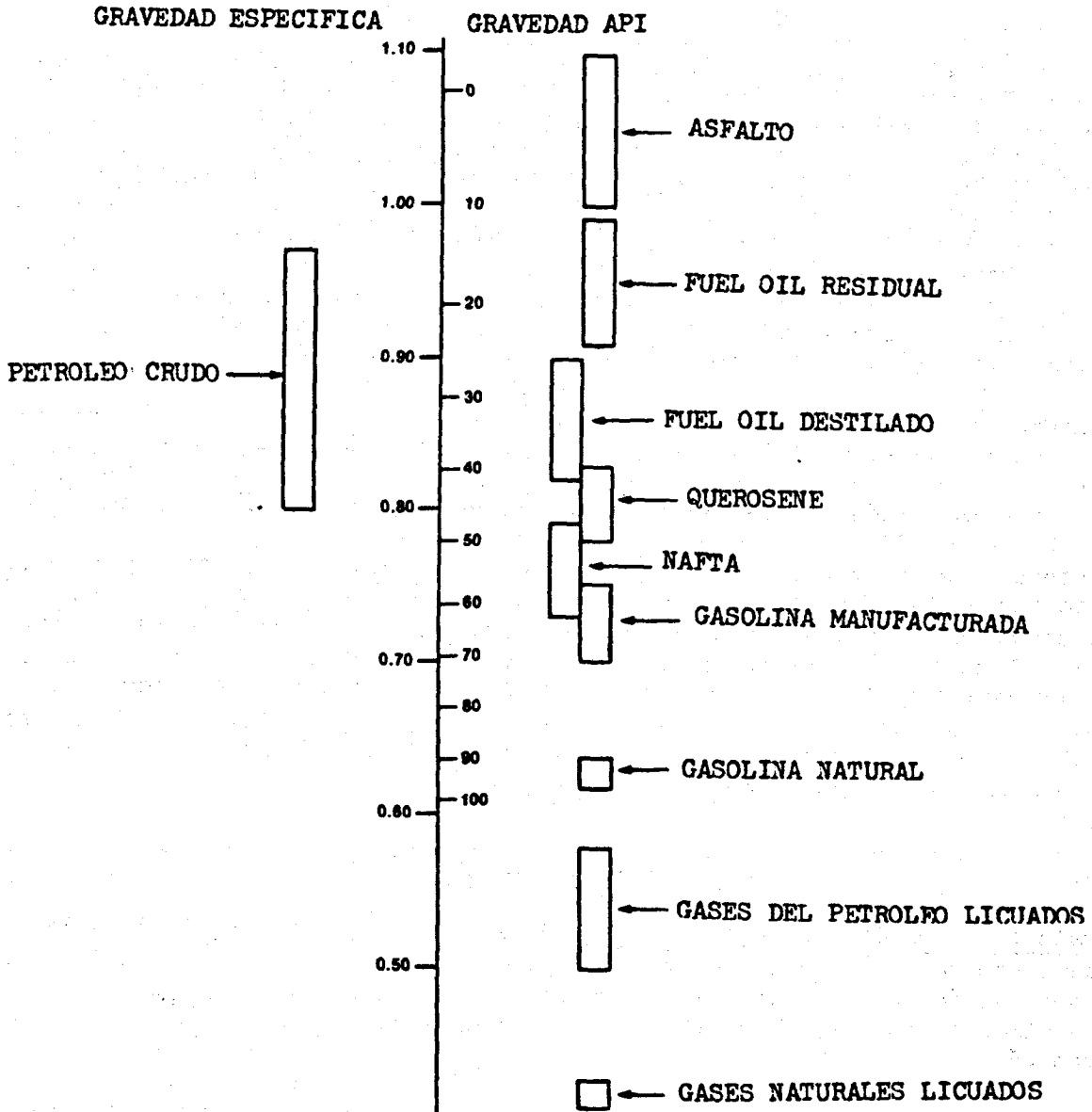
$$\text{Gravedad API} = \frac{141,5}{\text{gravedad específica}} - 131,5$$

La gravedad específica es, pues, inversamente proporcional a la gravedad API. Ambas medidas son útiles, mientras la gravedad específica aumenta con el contenido de energía por unidad de volumen (por ejemplo, por barril), la gravedad API aumenta con el contenido de energía por unidad de masa (por ejemplo, por tonelada).

### D. Viscosidad

La viscosidad de un líquido es la medida de su fricción interna o de su resistencia al escurrimiento. Por lo común se mide por el número de segundos que se requieren para que determinada cantidad de líquido fluya a través de un orificio de dimensiones normalizadas a una temperatura dada. La unidad SI de viscosidad es el poise. La viscosidad de un líquido se mide comúnmente también con relación a la viscosidad del agua. En la industria se usan además otras unidades, como los segundos Redwood y los segundos de viscosidad universal Saybolt.

Gravedad específica (peso específico) y gravedad API  
(American Petroleum Institute)  
correspondiente a determinados subproductos del petróleo, a 60° F



Fuente: Administración Federal de la Energía de los Estados Unidos, Energy Interrelationships ("Interrelaciones de la energía") (Springfield, Virginia, Servicio Nacional de Información Técnica, 1977).

Otra medida de viscosidad utilizada internacionalmente es la viscosidad cinemática, la relación entre la viscosidad y la densidad. Se utilizan varias unidades de medida para la viscosidad cinemática. El SI utiliza el stoke o el centistoke ( $\text{mm}^2/\text{s}$ ).

#### E. Energía, calor, trabajo y potencia

Energía, calor, trabajo y potencia son cuatro conceptos que se confunden con frecuencia. Si se ejerce fuerza sobre un objeto y éste se desplaza cierta distancia se realiza trabajo, se libera calor (salvo en condiciones ideales) y se transforma energía. La energía, el calor y el trabajo son tres aspectos de un mismo concepto. La energía es la capacidad para hacer trabajo (y con frecuencia el resultado de hacerlo), el calor puede ser un subproducto del trabajo, pero también es una forma de energía. Considérese, por ejemplo, un automóvil con un tanque lleno de gasolina. Esa gasolina contiene energía química con capacidad para crear calor (en el motor de explosión con la aplicación de una chispa) y para hacer el trabajo (la combustión de la gasolina permite mover el automóvil cierta distancia).

La unidad SI de energía, calor y trabajo es el joule (J) o julio. El sistema métrico utiliza el kilogramo caloría o kilocaloría (kcal) y sus múltiplos. Los sistemas inglés y americano emplean la unidad térmica británica (British thermal unit, Btu) y sus múltiplos. Otra unidad es el kilowatt hora (kWh) o kilovatio hora.

La potencia es la velocidad a la que se realiza trabajo (o se libera calor, o se convierte energía). Un bombillo de alumbrado consume 100 julios de energía por segundo de electricidad y usa esa electricidad para emitir luz y calor (dos formas de energía). El ritmo de consumo realizado a razón de un julio por segundo se llama vatio. La lámpara eléctrica, con un consumo de 100 J/s, consume una potencia de 100 vatios. Las unidades más comunes de potencia son múltiplos del vatio, el caballo vapor (horsepower o HP), el caballo vapor métrico (CV), el pie-libra por segundo y el kilogramo fuerza por segundo.

#### F. Unidades de energía

La caloría gramo es una medida precisa de energía térmica y equivale a la cantidad de calor requerida para aumentar la temperatura de 1 gramo de agua a  $14,5^\circ \text{C}$  en un 1 grado centígrado. También se la suele llamar caloría IT (International Table). La kilocaloría y la teracaloría son múltiplos de uso común en la medición de productos básicos de energía.

The unidad térmica británica es una medida precisa de energía térmica y equivale a la cantidad de calor requerida para subir la temperatura de 1 libra de agua a  $60^\circ \text{F}$  en 1 grado Fahrenheit. Sus múltiplos son el therm ( $1 \times 10^5$  Btu) y el quad ( $1 \times 10^{15}$  Btu).

El kilovatio hora ("kilowatt hour") es una medida precisa de calor y de trabajo. Es el trabajo equivalente a 1000 vatios (julios por segundo) durante una hora. Por lo tanto, 1 kilovatio hora es igual a  $3,6 \times 10^6$  joules.

El julio ("joule") es una medida precisa de energía y trabajo. Se define como el trabajo de una fuerza constante de 1 Newton sobre un cuerpo de 1 gramo de masa al desplazarlo una distancia de 1 metro. Un julio de calor es aproximadamente igual a un cuarto de caloría y a un milésimo de Btu. Los múltiplos más usuales del julio son el megajulio, el gigajulio, el terajulio y el petajulio.

#### G. Potencia calorífica de los combustibles

Para expresar las unidades originales de las fuentes de energía en una única unidad de cuenta seleccionada, como el Btu, la caloría o (preferentemente) el julio, debe escogerse sobre una de dos bases, debido a que la energía almacenada en los combustibles sólidos puede medirse en dos etapas. La potencia calorífica bruta (PCB), o máximo valor calorífico, es la cantidad total de calor que se producirá en la combustión. Parte de este calor, sin embargo, corresponde al calor latente de evaporación del agua que contenga el combustible. La potencia calorífica neta (PCN), excluye este calor latente. La potencia calorífica neta equivale al calor del proceso de combustión que puede capturarse y usarse en la práctica. Cuanto mayor sea el contenido de humedad de un combustible tanto mayor será la diferencia entre la potencia calorífica bruta y la neta.

Por diversas consideraciones prácticas es de preferir el uso de las medidas de PCN. Con la tecnología actual, el calor latente de evaporación presente en los gases de escape no puede aprovecharse. Si estos gases se enfriaran por debajo de cierto nivel, no se elevarían por la chimenea y la reducción del caudal de aire reduciría la eficiencia de la caldera o exigiría el uso de un ventilador que forzara la expulsión de los gases de la chimenea y que consumiría energía. La condensación de agua, en presencia de dióxido de azufre y otros residuos, provocaría problemas de corrosión. Por otra parte el contenido de humedad de los combustibles sólidos depende en gran parte de que las lluvias que ocurran durante el transporte y el almacenamiento, de manera que el valor de la PCN es una mejor indicación práctica de la energía efectiva que puede obtenerse de los combustibles.

La idea de utilizar la medida de la PCN es por lo menos tan antigua como la propia medida de la PCB, pero hasta principios del decenio de 1970 se ha utilizado muchos menos que las medidas de PCB. En consecuencia, la información sobre las dos medidas (PCB y PCN) se dispone, en el mejor de los casos, para el último decenio, y para los períodos anteriores sólo pueden hacerse cálculos aproximados. Prácticamente lo mismo puede decirse en el caso de los gases naturales y manufacturados. Los valores de la PCB y la PCN del petróleo crudo y los productos del petróleo se conocen mejor, aunque aún queda margen para mejorarlos con información sobre las variables geográficas.

En lo que respecta a su magnitud, la diferencia entre la potencia calorífica bruta y la potencia calorífica neta de los productos comerciales generadores de energía (carbón, petróleo, productos del petróleo y gas) es inferior a 10%, mientras que en el caso de los productos tradicionales de energía (leña, bagazo) es por lo común superior a 10%. En el cuadro 1 se presentan valores para los principales productos básicos de energía.

Remitimos al lector que desee tener conocimientos adicionales sobre la cuestión de la potencia calorífica bruta y la potencia calorífica neta de los combustibles a la publicación de las Naciones Unidas, Concepts and Methods in Energy Statistics, with Special Reference to Energy Accounts and Balances ("Conceptos y métodos de la estadística de la energía, con especial referencia a las cuentas y balances de energía").

Cuadro 1. Diferencia entre potencia calórica bruta y potencia calórica neta de algunos combustibles

Combustible	Por ciento
Coque	0
Carbón de leña	0 - 4
Antracita	2 - 3
Carbones bituminosos (hullas)	3 - 5
Carbones sub-bituminosos	5 - 7
Lignito	9 - 10
Petróleo crudo	8
Subproductos del petróleo	7 - 9
Gas natural	9 - 10
Gas natural licuado	7 - 10
Gas manufacturado	8 - 10
Gas de hornos de coquificación	10 - 11
Bagazo (50% de humedad)	21 - 22
Leña (10% de humedad)	11 - 12
(20% de humedad)	22 - 23
(30% de humedad)	34 - 35
(40% de humedad)	45 - 46

Fuentes: T. T. Baumeister y otros, eds., Marks Standard Handbook for Mechanical Engineers (McGraw Hill, Nueva York, 1978); United States of America, Federal Energy Administration, Energy Interrelationships (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1977); Naciones Unidas, Comisión Económica para Europa, Annual Bulletin of Gas Statistics for Europe, 1983 (publicación de las Naciones Unidas, No de venta E.F.R.84.II.E.28).

## H. Unidades de contabilidad

Las unidades originales en las que se miden más naturalmente los combustibles y la electricidad son sumamente dispares (toneladas, barriles, kilovatio horas, therms, calorías, julios, metros cúbicos). A pesar de ello, cualquiera de esas unidades podría utilizarse como base para compilar registros de otros combustibles si se dispone de factores de conversión adecuados. En la mayoría de los casos la base más conveniente para derivar los factores de conversión es la energía obtenible de una cantidad unitaria de cada fuente de energía.

Aunque se hayan utilizado diversas unidades de contabilidad, su uso ha variado con el transcurso del tiempo al variar las realidades económicas. La tonelada de equivalente en carbón (TEC) se creó cuando el carbón era el principal combustible comercial. En ese período era natural que los economistas formularan una unidad que les permitía percibir todas las necesidades de combustible en función del carbón. Cuando las necesidades cambiaron y la demanda del petróleo superó a la del carbón, el petróleo se convirtió en el principal combustible comercial. El resultado fue el uso de la tonelada de equivalente en petróleo (TEP) y del barril por día, un uso que ha aumentado preferentemente al de la TEC durante una generación. En el último decenio, otra unidad, el julio (joule), ha estado ganando cada vez más aceptación.

La consideración principal al elegir una unidad de contabilidad es la facilidad de su uso. La TEC se ha definido tradicionalmente como equivalente a  $7 \times 10^6$  kcal y una TEP como  $1 \times 10^7$  kcal. Son estas unidades convenientes de presentación para los planificadores que deben preparar y adoptar decisiones de política.

La conversión de las unidades originales a TEC o TEP entraña la adopción de coeficientes de equivalencia entre las diferentes formas y fuentes de energía primaria. El problema puede encararse de diversos modos. Por ejemplo, se podría adoptar una misma equivalencia en todos los países, por ejemplo, de 7000 kcal por kg de carbón, sin especificar si se trata de potencia calórica bruta o neta.

La principal objeción al empleo de este método radica en que los resultados resultan distorsionados ya que los diversos tipos de carbón y subproductos del petróleo abarcan una extensa gama de potencias caloríficas, y existen distintos carbones y petróleos crudos en los distintos países que tienen distintas potencias caloríficas. Es necesario, por lo tanto, adoptar diferentes factores para cada tipo de combustible y para cada país de origen para poder convertir a una sola unidad de presentación, como la TEC o la TEP. Estos factores tendrían en cuenta el contenido específico de energía de los combustibles fósiles.

Se considerarán a continuación las unidades contables más usadas y los métodos de cálculo utilizados.

## 1. Tonelada de equivalente en carbón

La Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas (EUROSTAT), la Oficina de Estadística de la Secretaría de las Naciones Unidas y el Consejo de Asistencia Económica Mutua (CAEM) han estado usando todos la TEC como medida contable común. Las tres organizaciones definen a la TEC como equivalente a una potencia calorífica neta de 7 Gcal.

Sin embargo, hay ciertas diferencias entre los métodos de computación empleados. El usado en EUROSTAT para convertir el peso de carbón a TEC es bastante complicado y consiste en la calibración de cada una de las distintas calidades de carbón por separado, de acuerdo con su contenido de agua y de ceniza, para equipararlo a una calidad estándar de carbón que tiene la potencia calorífica especificada. Las Naciones Unidas y el CAEM suponen que todos los carbones bituminosos (incluida la antracita) tienen la potencia calorífica definida (neta, siempre que sea posible). Esto equivale a tratar las toneladas materiales de carbón como si ya estuvieran expresadas en equivalente en carbón. En todos los casos los demás combustibles sólidos y fuentes de energía se convierten a TEC utilizando factores que reflejan el contenido relativo de energía correspondiente a la calidad definida de carbón y a la fuente de energía en cuestión.

La tonelada de reemplazo del carbón utilizada por la India se define como la cantidad de carbón que rinde la misma cantidad de energía que la unidad de una fuente de energía determinada cuando se emplea con determinado propósito (por ejemplo, para cocinar).

## 2. Tonelada de equivalente en petróleo

El Organismo Internacional de Energía de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OIE/OCDE) utiliza la tonelada de equivalente en petróleo (TEP) como unidad común de contabilidad. Para esta organización, la TEP se define con un valor de potencia calorífica neta de 10 Gcal (41,9 GJ).

Para la OIE/OCDE la unidad básica de mil TEP se logra expresando primero todas las fuentes de energía en función de su potencia calorífica neta (PCN) en teracalorías y luego se divide por 10. La OIE/OCDE, en contraste con la EUROSTAT, que ajusta detalladamente cada calidad de carbón a una calidad estándar ideal y trata en forma global a los subproductos del petróleo al convertir las unidades originales a TEC, utiliza la base global para el carbón y una base de producto por producto para los subproductos del petróleo al convertir las unidades originales a TEP. Otros combustibles sólidos y fuentes de energía se convierten a TEP usando sus coeficientes propios correspondientes.

En 1978 EUROSTAT dejó de usar la TEC y adoptó la TEP como unidad de presentación, al tiempo que utilizaba el julio como unidad contable rigurosa. El mismo año comenzó a convertir las unidades originales de los productos del petróleo a julios,

desglosados por cada producto principal. La EUROSTAT publica su balance general de energía en terajulios (terajoules).

La Oficina de Estadística de la Secretaría de las Naciones Unidas había definido a un TEP como  $1.018 \times 10^7$  kcal, en un intento de precisión, ya que equivale a la potencia calorífica del petróleo crudo de una gravedad específica de 0,86. Sin embargo, puesto que la TEP es una unidad relativa y se ha proyectado para ser de fácil uso para los planificadores de la energía, la Oficina de Estadística ha decidido cambiar su definición a  $1,0 \times 10^7$  kcal para estar así de acuerdo con los organismos internacionales.

### 3. El julio

Muchos países emplean un gran múltiplo del julio como unidad contable común, entre ellos varios miembros de la Comunidad Económica Europea (CEE). La Oficina de Estadística de la Secretaría de las Naciones Unidas ha adoptado el julio como una unidad contable para los balances generales de energía que publica, y la Comisión Económica para Europa (CEPE) ha hecho lo propio.

El julio es la única unidad de energía reconocida en el SI. La Conferencia General de Pesos y Medidas decretó su uso por primera vez como unidad de energía en 1946, y luego como unidad SI de calor en 1948. Los analistas de cuestiones de energía que tienen antecedentes en estudios de física, han acogido con beneplácito al julio, pero algunos países tienen cierta renuencia a su adopción universal. La principal objeción se debe a su magnitud reducida y a la necesidad consecuente de usar en las estadísticas de los países que tienen cierta importancia como productores o consumidores de energía una elevada potencia de 10 como multiplicador. El SI ha incorporado prefijos adecuados y su uso permite evitar el empleo de gran cantidad de dígitos.

### 4. La unidad térmica británica

La unidad térmica británica (Btu) se utiliza en Canadá, los Estados Unidos y otras ex colonias inglesas. Es una unidad de valor reducido ( $1 \text{ Btu} = 0,252 \text{ kcal} = 1055,1 \text{ julios}$ ) y de los dos países que usan el Btu, Canadá muestra 9 o más dígitos y los Estados Unidos usan factores de  $10^{12}$  y  $10^{15}$  en los balances publicados. El Reino Unido utiliza el therm como unidad contable rigurosa ( $1 \text{ therm} = 10^5 \text{ Btu} = 25,2 \text{ megacalories} = 105,5 \text{ megajulios}$ ).

### 5. La caloría

La teracaloría (Tcal), es un múltiplo de la caloría que se ha usado en numerosos países como unidad contable. Sin embargo, la caloría se define con cinco valores calóricos diferentes, que van de 4,184 julios a 4,205 julios. La teracaloría se basa en el kilogramo caloría, que se suele llamar también la caloría de la



Tabla Internacional de Vapor. La Tcal (que equivale a 4,1868 TJ) fue la unidad contable rigurosa de EUROSTAT hasta que la dejó de usar en 1978 al cambiarla por el terajulio. La OCDE continúa utilizando la Tcal y no proyecta dejar de usarla, teniendo en cuenta la muy conveniente relación definida de 10,1 entre la Tcal y las mil TEP (10,000 kcal por kg).

6. El tratamiento de la electricidad de generación primaria en los balances de energía

Al compilar un balance de energía, es posible tener en cuenta la electricidad primaria, es decir, la electricidad producida por fuentes nucleares, hidráulicas, geotérmicas, solares, eólicas o mareomotrices, de dos maneras distintas. Una es la llamada de cantidad de equivalente en combustible convencional, que corresponde a la cantidad de combustible fósil que se hubiera requerido para la generación de una cantidad idéntica de electricidad en una planta convencional de energía térmica. El otro método de contabilidad es el denominado del insumo de energía física. El insumo de energía física varía de acuerdo con los medios de producción de electricidad y se describe a continuación.

a) Electricidad nuclear

El insumo de energía física para producir electricidad nuclear debe, en principio, definirse como el calor liberado por los reactores durante el período contable. En la práctica, podrá ser necesario utilizar un sustituto de este valor: la cantidad obtenida dividiendo el valor de la electricidad nuclear generada por la eficiencia promedio de todas las plantas de energía nuclear.

b) Hidroelectricidad

El insumo de energía física para la producción de hidroelectricidad debería definirse como el valor de la energía de la propia electricidad o de la energía obtenida dividiendo el valor de la electricidad generada por la eficiencia promedio de todas las plantas de energía hidráulica.

c) Electricidad geotérmica

El insumo de la energía física para la producción de electricidad geotérmica deberá definirse como el calor producido del dispositivo de captura o el calor producido obtenido por división de la cantidad de electricidad generada por la eficiencia promedio de todas las estaciones de energía geotérmica.

d) Electricidad solar, eólica y mareomotriz

El insumo de energía física para la electricidad producida por estas nuevas fuentes se definiría como la producción mecánica, térmica o eléctrica del dispositivo de captura.

### III. FACTORES DE CONVERSION

#### A. Unidades internacionales de masa, volumen, energía, trabajo y potencia

##### 1. Masa y volumen

Debido a que en diferentes épocas se han utilizado distintos sistemas de medición en diversas partes del mundo, existe una considerable variedad de unidades para expresar la energía. Esto es particularmente cierto en el caso de las unidades de masa y volumen. Los cuadros 2 y 3 facilitan la conversión entre estas unidades. Los equivalentes de masa y volumen de fuentes específicas de energía se tratan posteriormente en otras secciones de este capítulo clasificadas por tipo de fuente de energía.

Cuadro 2. Equivalentes de masa

DE	A	Kilogramos	Toneladas métricas	Toneladas largas	Toneladas cortas	Libras
		M U L T I P L I Q U E S E				P O R
Kilogramos		1,0	0,001	0,000984	0,001102	2,2046
Toneladas métricas		1000,0	1,0	0,984	1,1023	2204,6
Toneladas largas		1016,0	1,016	1,0	1,120	2240,0
Toneladas cortas		907,2	0,9072	0,893	1,0	2000,0
Libras		0,454	0,000454	0,000446	0,0005	1,0

Nota: Las unidades de las columnas pueden convertirse en las unidades de las filas dividiendo por los factores de conversión del cuadro.

Ejemplo: Conversión de toneladas métricas a toneladas largas:  
tonelada métrica / 1,016 = toneladas largas

Cuadro 3. Volúmenes equivalentes

DE	A	Galones EE.UU.	Galones imperiales	Barriles	Pies cúbicos	Litros	Metros cúbicos
		M U L T I P L I Q U E S E					P O R
Galones EE.UU.		1,0	0,8327	0,02381	0,1337	3,785	0,0038
Galones imperiales		1,201	1,0	0,02859	0,1605	4,546	0,0045
Barriles		42,0	34,97	1,0	5,615	159,0	0,159
Pies cúbicos		7,48	6,229	0,1781	1,0	28,3	0,0283
Litros		0,2642	0,220	0,0063	0,0353	1,0	0,001
Metros cúbicos		264,2	220,0	6,289	35,3147	1000,0	1,0

**Nota:** Las unidades de las columnas pueden convertirse en las unidades de las filas dividiendo por los factores de conversión del cuadro.

**Ejemplo:** Conversión de barriles a kilolitros,  
barriles / 6,289 = kilolitros

## 2. Energía, trabajo y potencia

Después de las unidades de masa y volumen, las unidades de energía son el medio más común para registrar cantidades de fuentes de energía. Las unidades de energía son también unidades de trabajo. El cuadro 4 relaciona estas unidades de energía y trabajo entre sí. Los equivalentes de energía correspondientes a fuentes específicas de energía se tratan más adelante en otras secciones de este capítulo, clasificados por tipo de fuente de energía.

La potencia y el trabajo están relacionados entre sí porque la potencia multiplicada por el tiempo de aplicación equivale a trabajo. En el cuadro 5 se dan factores de conversión que permiten pasar de unas a otras unidades.

Cuadro 4. Energía y trabajo equivalentes

A DE	Julio	Btu	Caloría	Kilovatio hora	Kilogramo fuerza metro	M U L T I P L I Q U E S E P O R				
						Julio	Btu	Caloría	Kilovatio hora	Kilogramo fuerza metro
Julio	1,0	$947,8 \times 10^{-6}$	0,23884	$277,7 \times 10^{-9}$	0,10197					
Gigajulio	$1 \times 10^9$	$947,8 \times 10^3$	$238,84 \times 10^6$	277,7	$101,97 \times 10^6$					
Terajulio	$1 \times 10^{12}$	$947,8 \times 10^6$	$238,84 \times 10^9$	$277,7 \times 10^3$	$101,97 \times 10^9$					
Btu	$1,0551 \times 10^3$	1,0	252,0	$2,9307 \times 10^{-6}$	107,6					
Therm	$0,10551 \times 10^9$	$1 \times 10^5$	$252 \times 10^5$	29,307	$10,76 \times 10^6$					
Quad	$1,0551 \times 10^{18}$	$1 \times 10^{15}$	$252 \times 10^{15}$	$2,9307 \times 10^9$	$107,6 \times 10^{15}$					
Caloría	4,1868	$3,968 \times 10^{-3}$	1,0	$1,163 \times 10^{-6}$	0,4269					
Kilocaloría	$4,1868 \times 10^3$	3,968	$1 \times 10^3$	$1,163 \times 10^{-3}$	426,9					
Termie	$4,1868 \times 10^6$	$3,968 \times 10^3$	$1 \times 10^6$	1,163	$426,9 \times 10^3$					
Teracaloría	$4,1868 \times 10^{12}$	$3,968 \times 10^9$	$1 \times 10^{12}$	$1,163 \times 10^6$	$426,9 \times 10^9$					
Kilowatio-hora	$3,6 \times 10^6$	3412,0	$860 \times 10^3$	1,0	$367,1 \times 10^3$					
Megawatio-hora	$3,6 \times 10^9$	$3412 \times 10^3$	$860 \times 10^6$	$1 \times 10^3$	$367,1 \times 10^6$					
Gigawatio-hora	$3,6 \times 10^{12}$	$3412 \times 10^6$	$860 \times 10^9$	$1 \times 10^6$	$367,1 \times 10^9$					
Terawatio-hora	$3,6 \times 10^{15}$	$3412 \times 10^{12}$	$860 \times 10^{12}$	$1 \times 10^9$	$367,1 \times 10^{12}$					
Pie-libra	1,3558	$1,285 \times 10^{-3}$	0,3238	$376,6 \times 10^{-9}$	0,13825					
Kgmetro	9,807	$9,295 \times 10^{-3}$	2,342	$2,724 \times 10^{-6}$	1,0					
HP-hora	$26,845 \times 10^3$	2544,43	$641,2 \times 10^3$	0,7457	$273,7 \times 10^3$					
CV-hora	$26,478 \times 10^3$	2509,62	$632,4 \times 10^3$	0,7355	$270 \times 10^3$					

**Nota:** Las unidades de las columnas pueden convertirse en las unidades de las filas dividiendo por los factores de conversión del cuadro.

**Ejemplo:** Conversión de kilovatios hora en gigajulios:  
 $1 \text{ kWh} / 277,7 = 1 \text{ GJ}$

**Quadro 5. Potencias equivalentes**

A DE	Pie libra por segundo	Kilográ- metros por segundo	Kilovatios	Caballo de potencia HP	Caballo vapor (CV)
	M U L T I P L I Q U E S E P O R				
Pie libra por segundo	1,0	0,1383	$1,355 \times 10^{-3}$	$1,818 \times 10^{-3}$	$1,843 \times 10^{-3}$
Kilogrametro por segundo	7,233	1,0	$9,803 \times 10^{-3}$	$13,15 \times 10^{-3}$	$13,33 \times 10^{-3}$
Kilovatio	738,0	102,0	1,0	1,341	1,360
HP	550,0	76,04	0,7457	1,0	1,014
Caballo vapor	542,6	75,0	0,7353	0,9862	1,0

**Nota:** Las unidades de las columnas pueden convertirse en las unidades de las filas dividiendo por los factores de conversión del cuadro.

**Ejemplo:** Conversión de kilovatios a HP:  
 $\text{kW} / 0,7457 = \text{HP}$

**B. Conversión de las unidades originales a unidades comunes**

En la presentación de balances de energía y otras formas de análisis es conveniente convertir las cantidades y pasar de las unidades físicas originales a una unidad contable común para poder sumar la energía de diversas fuentes. Si se suponen potencias caloríficas estándar para las diversas formas de energía, los siguientes cuadros dan factores específicos de conversión para convertir los datos de las unidades a cualquier unidad contable común. Además, permiten hacer conversiones entre unidades contables.

## 1. Combustibles sólidos

Cuadro 6. Equivalencias entre combustibles sólidos a/

A				Mega-	Barriles	Equiv.	Equiv.
DE	Giga-	Millones	Giga-	vatos	de petró-	en tonel.	en tonel.
Toneladas métricas	julios	de Btu	calorías	hora	leo	de	de petró-
						carbón	leo
	M U L T I P L I Q U E S E				P O R		
Antracita <u>b/</u>	29,31	27,78	7,00	8,14	4,9	1,000	0,700
Lignito <u>b/</u>	11,28	10,70	2,70	3,13	2,5	0,385	0,270
Turba	9,53	9,03	2,28	2,65	2,3	0,325	0,228
Esquisto bituminoso	9,20	8,72	2,20	2,56	1,8	0,314	0,220
Briquetas de carbón	29,31	27,78	7,00	8,14	4,9	1,000	0,700
Briq. de lignito	19,64	18,61	4,69	5,45	3,3	0,670	0,469
Briq. de turba	14,65	13,89	3,50	4,07	2,5	0,500	0,350
Coque de gas	26,38	25,00	6,30	7,33	4,4	0,900	0,630
Coque de horno	26,38	25,00	6,30	7,33	4,4	0,900	0,630
Coque de lignito	19,64	18,61	4,69	5,45	3,4	0,670	0,469
Coque de petróleo	35,17	33,33	8,40	9,77	5,9	1,200	0,840
Carbón de leña <u>c/</u>	28,89	27,38	6,90	8,02	4,8	0,985	0,690
Leña <u>c/</u>	12,60	11,94	3,01	3,50	2,1	0,430	0,301

Nota: Las unidades de las columnas pueden convertirse en las unidades de las filas dividiendo por los factores de conversión del cuadro.

Ejemplo: Conversión de antracita en GJ a toneladas métricas:  
 $GJ / 29,31 = \text{toneladas métricas}$

a/ Todos los valores térmicos corresponden a potencia calorífica neta.

b/ Las potencias caloríficas de la antracita y el lignito pueden variar considerablemente según sea su origen geográfico o geológico, así como con el transcurso del tiempo, como se observa en los ejemplos de valores de energía media comunicados para la antracita y el lignito en Gcal/tonelada métrica.

c/ En la sección 2.E se trata la cuestión en más detalle.

Cuadro 7. Variación de la potencia calorífica del carbón y el lignito a/

Año	Antracita		Lignito	
	Reino Unido	EE.UU.	Checoslovaquia	U.R.S.S.
1970	5975	6490	3224	3267
1975	5810	6120	3133	2776
1980	5841	5977	2979	2521

a/ Potencia calorífica neta en kcal/kg.

## 2. Combustibles líquidos

En los cuadros 8, 9, 10 y 11 se dan factores de conversión de algunos combustible líquidos. En el cuadro 8 se muestran los factores de conversión de diversas unidades de potencia calorífica y se suponen potencias caloríficas estándar a los diversos combustibles líquidos. Los otros cuadros tratan de la conversión de líquidos medidos en unidades de masa y volumen, porque los combustibles líquidos generalmente se registran en dichas unidades. Teniendo en cuenta que la densidad, o la gravedad específica, de cada subproducto del petróleo es única, es necesario tener un cuadro de factores de conversión para convertir las unidades de volumen a unidades de masa o viceversa. En el cuadro 9 se dan los factores de conversión para combustibles líquidos de una gravedad específica media dada. En el cuadro 10 no se postulan las gravedades específicas medias de los combustibles líquidos y se listan factores de conversión del volumen por unidad de peso para cada valor de gravedad específica. En el cuadro 11 se listan los factores de conversión del peso por unidad de volumen para cada valor de gravedad específica. En el anexo II figuran cuadros que relacionan entre sí la densidad, la gravedad específica y la gravedad API.

Quadro 8. Equivalencias de combustibles líquidos a/

A DE Toneladas métricas	Giga- julios	Millones de Btu	Giga- calorías	Mega- vatios hora	Barriles de petró- leo	Equiv.	Equiv.
						en tonel. de carbón	en tonel. de petró- leo
M U L T I P L I Q U E S E P O R							
Petróleo crudo	42,62	40,39	10,18	11,84	7,32	1,454	1,018
Líqu. del gas nat.	45,19	42,83	10,79	12,55	10,40	1,542	1,079
Gas pet. o							
de ref. licuado	45,55	43,17	10,88	12,65	11,65	1,554	1,088
Propano	45,59	43,21	10,89	12,67	12,34	1,556	1,089
Butano	44,80	42,46	10,70	12,44	10,85	1,529	1,070
Gasolina natural	44,91	42,56	10,73	12,47	10,00	1,532	1,073
Gas. para motores	43,97	41,67	10,50	12,21	8,50	1,500	1,050
Gas. de aviación	43,97	41,67	10,50	12,21	8,62	1,500	1,050
Quer. para reactores	43,68	41,39	10,43	12,13	8,28	1,490	1,043
Quer. para reactores	43,21	40,95	10,32	12,00	7,77	1,474	1,032
Querosene	43,21	40,95	10,32	12,00	7,77	1,474	1,032
Gas-diesel oil	42,50	40,28	10,15	11,81	7,23	1,450	1,015
Fuel oil residual	41,51	39,34	9,91	11,53	6,62	1,416	0,991
Aceite lubricante	42,14	39,94	10,07	11,70	6,99	1,438	1,007
Bitumen/asfalto	41,80	39,62	9,98	11,61	6,05	1,426	0,998
Coque petróleo	36,40	34,50	8,69	10,11	5,52	1,242	0,869
Parafina	43,33	41,07	10,35	12,03	7,86	1,479	1,035
Condensado plantas	44,32	42,01	10,59	12,31	8,99	1,512	1,059
Aguarrás mineral	43,21	40,95	10,32	12,00	7,77	1,474	1,032
Nafta	44,13	41,83	10,54	12,26	8,74	1,506	1,054
Prod. alimentación	43,94	41,65	10,50	12,20	8,50	1,499	1,050
Otros prods. pet.	42,50	40,28	10,15	11,80	6,91	1,450	1,015
Etanol	27,63	26,19	6,60	7,68	4,60	0,94	0,660
Metanol	20,93	19,84	5,00	5,82	3,50	0,71	0,500

Nota: Las unidades de las columnas pueden convertirse en toneladas métricas dividiendo por los factores de conversión del cuadro.

Ejemplo: Conversión de petróleo crudo en barriles a toneladas métricas:  
barriles / 7,3 = toneladas métricas

a/ Todos los valores térmicos corresponden a potencia calorífica neta.

Cuadro 9. Equivalencia de volúmenes de combustibles líquidos

DE	A	Litros	Kilo- litros	Galones EE.UU.	Galones imp.	Barriles		
						Barriles	por día a/	
Tonelad. métricas de grav. esp.		M U L T I P L I Q U E S E					P O R	
Petróleo crudo	0,86	1164	1,164	308	256	7,32	0,02005	
Líq. del gas natural	0,55	1653	1,653	437	364	10,40	0,02849	
Gas pet. o de ref.								
licuado	0,54	1852	1,852	489	407	11,65	0,03192	
Propano	0,51	1962	1,962	518	432	12,34	0,03381	
Butano	0,58	1726	1,726	456	380	10,85	0,02974	
Gasolina natural	0,63	1590	1,590	420	350	10,00	0,02740	
Gasolina de motores	0,74	1351	1,351	357	297	8,50	0,02329	
Gasolina aviación	0,73	1370	1,370	362	301	8,62	0,02362	
Fuel oil para react.	0,76	1317	1,317	348	290	8,28	0,02270	
Querosene para react.	0,81	1235	1,235	326	272	7,77	0,02129	
Querosene	0,81	1235	1,235	326	272	7,77	0,02129	
Gas-oil/diesel-oil	0,87	1149	1,149	304	253	7,23	0,01981	
Fuel oil residual	0,95	1053	1,053	278	232	6,62	0,01814	
Aceites lubricantes	0,90	1111	1,111	294	244	6,99	0,01915	
Bitumen/asfalto	1,04	962	0,962	254	212	6,05	0,01658	
Coque de petróleo	1,14	877	0,877	232	193	5,52	0,01512	
Parafina	0,80	1250	1,250	330	275	7,86	0,02153	
Condensado de planta	0,70	1429	1,429	378	314	8,99	0,02463	
Aguarrás mineral	0,81	1235	1,235	326	272	7,77	0,02129	
Nafta	0,72	1389	1,389	367	306	8,74	0,02395	
Otros prods. pet.	0,91	1099	1,099	290	241	6,91	0,01893	

Nota: Las unidades de las columnas pueden convertirse en toneladas métricas dividiendo por los factores de conversión del cuadro.

Ejemplo: Conversión de petróleo crudo en barriles a toneladas métricas:  
barriles / 7,3 = toneladas métricas

a/ Sobre una base anual.



Cuadro 10. Volumen de una tonelada métrica de líquidos de distinta gravedad específica

Gravedad específica	Gravedad API	Litros	Kilo- litros	Galones imperiales	Galones EE.UU.	Barriles	Barriles por día (anualizado)
0,65	86,19	1540	1,540	339	407	9,69	0,0265
0,66	82,89	1516	1,516	334	401	9,54	0,0261
0,67	79,69	1494	1,494	329	395	9,40	0,0257
0,68	76,59	1472	1,472	324	389	9,26	0,0254
0,69	73,57	1450	1,450	319	383	9,12	0,0250
0,70	70,64	1430	1,430	315	378	8,99	0,0246
0,71	67,80	1410	1,410	310	372	8,87	0,0243
0,72	65,03	1390	1,390	306	367	8,74	0,0240
0,73	62,34	1371	1,371	302	362	8,62	0,0236
0,74	59,72	1352	1,352	298	357	8,51	0,0233
0,75	57,17	1334	1,334	294	353	8,39	0,0230
0,76	54,68	1317	1,317	290	348	8,28	0,0227
0,77	52,27	1300	1,300	286	343	8,18	0,0224
0,78	49,91	1283	1,283	282	339	8,07	0,0221
0,79	47,61	1267	1,267	279	335	7,97	0,0218
0,80	45,38	1251	1,251	275	331	7,87	0,0216
0,81	43,19	1236	1,236	272	326	7,77	0,0213
0,82	41,06	1220	1,220	269	323	7,68	0,0210
0,83	38,98	1206	1,206	265	319	7,59	0,0208
0,84	36,95	1191	1,191	262	315	7,50	0,0205
0,85	34,97	1177	1,177	259	311	7,41	0,0203
0,86	33,03	1164	1,164	256	308	7,32	0,0201
0,87	31,14	1150	1,150	253	304	7,24	0,0198
0,88	29,30	1137	1,137	250	301	7,15	0,0196
0,89	27,49	1124	1,124	247	297	7,07	0,0194
0,90	25,72	1112	1,112	245	294	7,00	0,0192
0,91	23,99	1100	1,100	242	291	6,92	0,0190
0,92	22,30	1088	1,088	239	287	6,84	0,0189
0,93	20,65	1076	1,076	237	284	6,77	0,0186
0,94	19,03	1065	1,065	234	281	6,70	0,0184
0,95	17,45	1053	1,053	232	278	6,63	0,0182
0,96	15,90	1043	1,043	229	275	6,56	0,0180
0,97	14,38	1032	1,032	227	273	6,49	0,0178
0,98	12,89	1021	1,021	225	270	6,42	0,0176
0,99	11,43	1011	1,011	222	267	6,36	0,0174
1,00	10,00	1001	1,001	220	264	6,30	0,0173
1,01	8,60	991	0,991	218	262	6,23	0,0171
1,02	7,23	981	0,981	216	259	6,17	0,0169
1,03	5,88	972	0,972	214	257	6,11	0,0168
1,04	4,56	962	0,962	212	254	6,05	0,0166
1,05	3,26	953	0,953	210	252	6,00	0,0164

Fuente: United States of America, Federal Energy Administration, Energy Interrelationships (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1977).

Cuadro 11. Peso en kilogramos de líquidos de distinta gravedad específica

Gravedad específica	Gravedad API	Kilogramos				
		Kilogramos por litro	Kilogramos por kilolitro	por galón imperial	por galón EE.UU.	Kilograms por barril
0,65	86,19	0,651	651	2,957	2,462	103,4
0,66	82,89	0,661	661	3,003	2,500	105,0
0,67	79,69	0,671	671	3,048	2,538	106,6
0,68	76,59	0,681	681	3,094	2,576	108,2
0,69	73,57	0,691	691	3,139	2,614	109,8
0,70	70,64	0,701	701	3,185	2,652	111,4
0,71	67,80	0,711	711	3,230	2,689	112,9
0,72	65,03	0,721	721	3,276	2,727	114,5
0,73	62,34	0,731	731	3,321	2,765	116,1
0,74	59,72	0,741	741	3,367	2,803	117,7
0,75	57,17	0,751	751	3,412	2,841	119,3
0,76	54,68	0,761	761	3,458	2,879	120,9
0,77	52,27	0,771	771	3,503	2,917	122,5
0,78	49,91	0,781	781	3,549	2,955	124,1
0,79	47,61	0,791	791	3,594	2,993	125,7
0,80	45,38	0,801	801	3,640	3,030	127,3
0,81	43,19	0,811	811	3,685	3,068	128,9
0,82	41,06	0,821	821	3,731	3,106	130,5
0,83	38,98	0,831	831	3,776	3,144	132,0
0,84	36,95	0,841	841	3,822	3,182	133,6
0,85	34,97	0,851	851	3,867	3,220	135,2
0,86	33,03	0,861	861	3,913	3,258	136,8
0,87	31,14	0,871	871	3,958	3,296	138,4
0,88	29,30	0,881	881	4,004	3,333	140,0
0,89	27,49	0,891	891	4,049	3,371	141,6
0,90	25,72	0,901	901	4,095	3,409	143,2
0,91	23,99	0,911	911	4,140	3,447	144,8
0,92	22,30	0,921	921	4,186	3,485	146,4
0,93	20,65	0,931	931	4,231	3,523	148,0
0,94	19,03	0,941	941	4,277	3,561	149,6
0,95	17,45	0,951	951	4,322	3,599	151,2
0,96	15,90	0,961	961	4,368	3,637	152,8
0,97	14,38	0,971	971	4,413	3,674	154,3
0,98	12,89	0,981	981	4,459	3,712	155,9
0,99	11,43	0,991	991	4,504	3,750	157,5
1,00	10,00	1,001	1001	4,550	3,788	159,1
1,01	8,60	1,011	1011	4,595	3,826	160,7
1,02	7,23	1,021	1021	4,641	3,864	162,3
1,03	5,88	1,031	1031	4,686	3,902	163,9
1,04	4,56	1,041	1041	4,732	3,940	165,5
1,05	3,26	1,051	1051	4,777	3,977	167,0

Fuente: United States of America, Federal Energy Administration, Energy Inter-relationships (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1977).

### 3. Combustibles gaseosos

Cuadro 12. Equivalencias de combustibles gaseosos

DE mil netros cúbicos	A	Giga- julios	Millones de Btu	Giga- calorías	Mega- vatios hora	Barriles de petró- leo	Toneladas	Toneladas
							de equiv. en carbón	de equiv. en petró- leo
							M U L T I P L I Q U E S E P O R	
Gas natural		39,02	36,98	10,84	9,32	6,50	1,331	0,932
Gas de horno coq.		17,59	16,67	4,88	4,20	2,94	0,600	0,420
Gas de alto horno		4,00	3,79	1,11	0,96	0,66	0,137	0,096
Gas refinera c/		46,1	43,7	12,8	11,0	7,69	1,571	1,100
Gas de usina		17,59	16,67	4,88	4,20	2,94	0,600	0,420
Biogás		20,0	19,0	5,6	4,8	3,36	0,686	0,480
Metano		33,5	31,7	9,30	8,0	5,59	1,143	0,800
Etano		59,5	56,3	16,5	14,2	9,92	2,029	1,420
Propano		85,8	81,3	23,8	20,5	14,33	2,929	2,050
Isobutano		108,0	102,0	30,0	25,8	18,0	3,686	2,580
Butano		111,8	106,0	31,0	26,7	18,6	3,814	2,670
Pentano		134,0	127,0	37,2	32,0	22,36	4,571	3,200

Nota: Pueden convertirse a metros cúbicos a partir de las unidades dadas en las columnas precedentes dividiendo por los factores de conversión del cuadro. 1 metro cúbico = 35,31467 pies cúbicos.

Ejemplo: Convertir gas natural en TJ a miles de metros cúbicos:  
 $GJ / 39,02 = m^3 \times 10^3$

a/ Todos los valores térmicos corresponden a potencia calorífica neta.

b/ En condiciones estándar de referencia. Para convertir el valor de condiciones estándar de referencia a temperatura y presión normales, multiplíquese por 1,0757.

c/ Se emplea un factor de 0,02388 para convertir gas de refinera en terajulios a peso en toneladas métricas.

#### 4. Electricidad

Cuadro 13. Equivalencias eléctricas a/

A DE Megavatios hora	Giga- julios	Millones de Btu	Giga- calorías	Barriles de petró- leo	Toneladas	Toneladas
					de equiv. en carbón	de equiv. en petró- leo
					M U L T I P L I Q U E S E P O R	
Eficiencia						
100%	3,600	3,412	0,860	0,601	0,123	0,084
75%	4,800	4,549	1,147	0,801	0,164	0,113
50%	7,200	6,824	1,720	1,202	0,246	0,169
40%	9,000	8,530	2,150	1,503	0,307	0,211
35%	10,285	9,748	2,457	1,717	0,351	0,241
30%	12,000	11,373	2,867	2,003	0,409	0,281
25%	14,400	13,468	3,440	2,404	0,491	0,338
20%	18,000	17,060	4,330	3,005	0,614	0,422

Nota: Los gigavatios hora pueden derivarse de las unidas representadas en las columnas anteriores dividiendo por los factores de conversión del cuadro.

Ejemplo: Convertir gigajulios (GJ) de electricidad con un 100% de eficiencia en megavatios hora:

$$GJ / 3,600 = MWh$$

Debido a que los diferentes tipos de plantas que producen electricidad tienen distinta eficiencia, en el cuadro 13 se dan factores de conversión para diversos valores de eficiencia. Estos factores permiten pasar de la unidad original de gigavatios a cualquier unidad de cuenta común o convertir entre unidades de cuenta. Para hacer la conversión directa de gigavatios a otra unidad de cuenta se supone un 100% de eficiencia.

a/ Todos los valores térmicos corresponden a potencia calorífica neta.

#### 5. Biomasa y energía animal

La biomasa y la energía animal desempeñan un importante papel dentro de la combinación de consumos de energía en numerosos países. Ello es particularmente cierto en los países en desarrollo donde la leña y los animales de tiro pueden ser las principales fuentes de energía y fuerza motriz en las zonas rurales. Por energía de biomasa se entienden la energía de diversas fuentes utilizadas comúnmente en los sectores de consumo menos estructurados. La lista incluye la leña, el carbón de leña, el bagazo y los desechos animales y vegetales.

a) Leña

En las zonas rurales de muchos países en desarrollo la principal fuente de energía usada como calefacción y para cocinar proviene de la leña que, en numerosos casos, proporciona más del 70% de la energía de todo origen usada en el país. A pesar de ello las estadísticas sobre el consumo de leña son por lo general pobres, debido en gran parte a que la leña se produce y se comercia en el sector más popular y modesto.

La leña puede medirse por volumen o por peso. Si se mide por volumen se mide por volumen de pila o por volumen sólido. Las medidas de volumen de la leña apilada son el estéreo (un metro cúbico de leña apilada) y el cord (128 pies cúbicos apilados). El volumen sólido se mide midiendo el volumen de agua desplazada. Una de las ventajas de la medida del volumen sólido es la influencia relativamente pequeña del contenido de humedad de la madera sobre los resultados de la medición. El peso de la leña depende mucho del contenido de humedad, cosa igualmente cierta para todas las biomásas. Cuando más agua por unidad de peso tanto menor cantidad de leña. Por lo tanto, es imperativo determinar el contenido de humedad cuando la leña se mide por peso.

Hay dos maneras de medir el contenido porcentual de humedad (ch%). La primera es sobre "base seca", la segunda sobre "base húmeda", según se definen infra.

Base seca

$$\text{ch}\% = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

Base húmeda

$$\text{ch}\% = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso húmedo}} \times 100$$

Cuando la biomasa está muy húmeda hay gran diferencia entre los dos contenidos de humedad (por ejemplo 100% de contenido de humedad sobre base seca = 50% de contenido de humedad sobre base húmeda). En cambio, cuando la biomasa se ha secado al aire la diferencia es reducida (15% de contenido de humedad en base seca = 13% de contenido de humedad en base húmeda). Por ello, es importante aclarar sobre qué base se ha medido el contenido de humedad. La mayor parte de la leña se mide sobre base seca, pero a veces la medición se hace sobre base húmeda.

Otro parámetro importante para determinar el contenido de energía de la leña es el contenido de ceniza. Si bien el porcentaje de ceniza de la leña es por lo general 1%, la leña de algunas especies puede tener hasta 4% de cenizas. Este hecho afecta el contenido de energía para madera porque las cenizas no contienen energía utilizable. La leña con 4% de contenido de cenizas tendrá 3% menos energía que la que tiene 1%.

En los cuadros 14, 15 y 16 se dan factores de conversión volumétrica y calorífica de la leña.

Cuadro 14. Tabla de conversión para la leña  
(Madera con 20 a 30% de contenido de humedad)

Tipo de leña	Tonel. métr. por metro cúbico	Tonel. métr. por <u>cord</u>	Metros cúbicos por ton. métrica	Pies cúbicos por ton. métrica
General	0,725	1,54	1,38	48,74
Coníferas	0,625	1,325	1,60	56,50
No coníferas	0,750	1,59	1,33	46,97

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Yearbook of Forest Products, 1983 (Roma, 1985).

Nota: 1 cord de leña = 3,624556 metros cúbicos = 128 pies cúbicos  
1 estéreo (leña apilada) = 1 m<sup>3</sup> apilado = 35,31467 pies cúbicos apilados  
1 pie de tabla = 2,359737x10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup> = 0,08333 pies cúbicos

Cuadro 15. Volumen sólido y peso de la leña en función de la humedad

	Contenido porcentual de humedad de la leña								
	100	80	60	40	20	15	12	10	0
Volumen sólido en m <sup>3</sup> por tonelada	0,80	0,89	1,00	1,14	1,33	1,39	1,43	1,45	1,60
Peso en toneladas por m <sup>3</sup>	1,25	1,12	1,00	0,88	0,75	0,72	0,70	0,69	0,63

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Wood Fuel Surveys, (Roma, 1983).

Se observan discrepancias entre los dos cuadros, como ocurre en gran parte de la literatura que trata de las medidas relacionadas con la leña. En este caso se debe en gran parte a que el cuadro 14 se basa en la información que figura tomada de cuadros normalizados mientras que el cuadro 15 presenta los resultados de estudios más actuales.

Cuadro 16. Influencia de la humedad sobre la potencia calorífica neta de la leña

(Leña con 1% de contenido de cenizas)

	Porcentaje de		Kilocalorías por kg	Btu por libra	Megajulios por kilogramo
	contenido de humedad base seca	base húmeda			
Madera verde	160	62	1360	2450	5,7
	140	59	1530	2750	6,4
	120	55	1720	3100	7,2
	100	50	1960	3530	8,2
	80	45	2220	4000	9,3
	70	41	2390	4300	10,0
	60	38	2580	4640	10,8
Madera seca al aire	50 <u>a/</u>	33 <u>a/</u>	2790	5030	11,7
	40	29	3030	5460	12,7
	30	23	3300	5930	13,8
	25 <u>b/</u>	20 <u>b/</u>	3460	6230	14,5
	20	17	3630	6530	15,2
	15	13	3820	6880	16,0
	10	9	4010	7220	16,8
Madera seca al horno	5	5	4230	7610	17,7
	0	0	4470	8040	18,7

**Fuentes:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), A New Approach to Domestic Fuelwood Conservation (Roma, 1986); D. A. Tillman, Wood as an Energy Resource (Nueva York, Academic Press, 1978); y Naciones Unidas, Concepts and Methods for the Collection and Compilation of Statistics on Biomass Used as Energy, por K. Openshaw (ESA/STAT/AC.3016).

a/ Promedio de la leña apilada en cords (en piezas de 4 pies de longitud) al recibirse.

b/ Promedio de leña en trozas.

b) Carbón de leña

Al registrar en estadísticas la conversión de leña en carbón de leña, deben considerarse tres aspectos principales: la densidad de la madera, el contenido de humedad de la madera y los medios de producción de la leña.

El factor principal para determinar el rendimiento de la leña es la densidad de la materia prima de madera, ya que el peso del carbón de leña puede variar por un factor de dos para volúmenes iguales. El contenido de humedad de la madera tiene también efectos apreciables sobre el rendimiento pues cuanto más seca esté la madera, tanto mayor será el rendimiento. El medio usado para la fabricación de carbón de leña es el tercer factor determinante del rendimiento. El carbón de leña se fabrica en pozos cubiertas de tierra, en tambores de acero vacíos, en hornos de ladrillo o de acero, y en retortas. Los métodos más simples de fabricación generalmente entrañan la pérdida del carbón de leña pulverizado (finos), la carbonización incompleta de la leña y la combustión de parte del carbón de leña producido, lo que reduce el rendimiento.

Durante la fabricación y el transporte del carbón de leña se produce siempre cierta cantidad de carbón pulverizado. Si el carbón pulverizado se transforma en briquetas, el peso de las briquetas, debido a su mayor densidad, podrá ser de 50 a 100% superior a igual volumen de carbón sin pulverizar.

Las tres variables que afectan la potencia calorífica del carbón de leña son el contenido de humedad, el contenido de cenizas y el grado de carbonización. El contenido medio de humedad del carbón de leña es 5%, el de ceniza del carbón de leña de madera, 4%, mientras que el de residuos leñosos de cultivos (p. ej. de cafetos), casi 20%. Si se supone una carbonización completa, el valor medio de energía del carbón de leña de madera con 4% de ceniza y 5% de humedad es aproximadamente 30,8 MJ/kg. El valor promedio de energía del carbón de leña de residuos de cultivos con 20% de contenido de cenizas y 5% de humedad es de 25,7 MJ/kg.

Se presentan tres cuadros relacionados con la producción de carbón de leña. En el cuadro 17 se ilustran los efectos de la densidad de la madera prima de madera y el contenido de humedad sobre el rendimiento en carbón de leña. En el cuadro 18 se dan los factores de conversión para el carbón de leña producido en distintos hornos y con varios porcentajes de humedad de la madera. Se supone que se usa madera dura normal como insumo del proceso. El cuadro 19 consiste en una lista bastante completa de especies madereras con sus densidades.



Cuadro 17. Tabla de conversión de leña en carbón de leña

Influencia de la materia prima de madera sobre la producción de carbón de leña  
(Peso (en kg) de carbón de leña producido por metro cúbico de leña)

	Madera de coníferas	Maderas tropicales duras de calidad media	Maderas tropicales duras superiores	Mangles (Rizofóreas)
Carbón de leña	115	170	180	285

Influencia del contenido de humedad en la producción de carbón de leña  
(Cantidad de madera requerida para producir 1 tonelada de carbón de leña)

Contenido de humedad (base seca)	100	80	60	40	20	15	10
Volumen de madera requerido (metros cúbicos)	17,6	16,2	13,8	10,5	8,1	6,6	5,8
Peso de madera requerido (toneladas)	12,6	11,6	9,9	7,5	5,8	4,7	4,1

Fuentes: Wood Fuel Surveys (Roma, 1983); D. E. Earl, Forest Energy and Economic Development (Londres, Oxford University Press, 1975); y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Cuadro 18. Leña necesaria para la producción de carbón de leña, por tipo de horno  
(Metros cúbicos de leña por tonelada de carbón de leña)

Tipo de horno	Porcentaje de humedad de la leña					
	15	20	40	60	80	100
Horno de barro	10	13	16	21	24	27
Horno de acero portátil	6	7	9	13	15	16
Horno de ladrillo	6	6	7	10	11	12
Retorta	4,5	4,5	5	7	8	9

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Wood Fuel Surveys, (Roma, 1983).

Cuadro 19. Peso específico de determinadas especies de leña

(Madera con 12% de contenido de humedad)

Leña de variedades no coníferas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Leña de coníferas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Valor general de norma	750	Valor general de norma	625
Abedul (dulce amarillo)	705	Abeto (bálsamo)	401
Acacia (blanca)		Abeto (Douglas)	513
Acacia (negra)	1111	Abeto negro	465
Alamo	433	Cedro (blanco, rojo)	352
Algarrobo	722	Ciprés	465
Arce (azucarero)	689	Pinabete (blanco, rojo)	449
Arce (blanco)	529	Pino (blanco)	433
Bambú	725	Pino del sur	642
Caobo	705	Pino noruego	541
Castaña	481	Pino (Oregon)	513
Cerezo (silvestre rojo)	433	Pino (rojo)	481
<u>Erythrophleum africanum</u>	1010	Secoya de California	417
Eucalipto ( <u>microcorys</u> )	847		
Eucalipto ( <u>paniculata</u> )	1000	Para especies desconocidas	725
Fresno (blanco)	673		
Fresno (egro)	545		
<u>Irvingia malayana</u>	1099		
Mangle ( <u>heriteria</u> )	901		
Mangle ( <u>rhizophora</u> )	1176		
Mangle ( <u>sonneratia</u> )	775		
Manzano	705		
Nogal americano	769		
Nogal (negro)	593		
Roble (blanco)	770		
Roble (castaña)	737		
Roble (rojo, negro)	673		
Roble (vivo)	866		
Sauce	449		
Tamarindo	855		
Teca (africana)	994		
Teca (india)	769		

Fuentes: T. Baumeister y otros, Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers, 8th ed. (Nuev York, McGraw-Hill, 1978); J. Bryce, The Commercial Timbers of Tanzania (Dar es Salaam, Government Printers, 1967); P. Sono, Merchantable Timbers of Thailand (Bangkok, Forest Products Division, Royal Forest Department, 1974); Naciones Unidas, "Concepts and methods for the collection and compilation of statistics on biomass used as energy", por K. Openshaw (ESA/STAT/AC.30/6).

(c) Desechos vegetales y animales

La energía almacenada en desechos agrícolas y desechos de la elaboración de alimentos se están utilizando cada vez con más frecuencia para reemplazar biomasa de madera en las regiones con déficit de leña. Estos desechos pueden usarse como combustible para la calefacción o para cocinar alimentos.

Son dos los parámetros importantes que determinan el contenido de energía de las biomasa que no provienen de plantas leñosas: el porcentaje de humedad y el contenido de cenizas. Si bien el contenido de humedad de la madera es por lo general de aproximadamente 1%, el de los residuos de cultivos puede variar de 3% a más de 20%, lo que afecta el contenido de energía pues, por lo general, las sustancias que constituyen las cenizas no tienen valor energético. De tal manera, una biomasa con 20% de contenido de ceniza tendrá 19% menos de energía que otra con 1% de contenido de ceniza.

Los datos correspondientes a estas posibles fuentes de energía rara vez se recogen directamente, se calculan más bien a partir de relaciones conocidas entre el volumen de la cosecha y el de los desechos o entre el del producto final y el del desecho. Dada la importancia del uso de bagazo (residuo fibroso de la caña de azúcar) describiremos para este caso posibles procedimientos de cálculo. El bagazo se usa principalmente en muchos países productores de azúcar como combustible para atender las necesidades de energía de la propia industria azucarera, aunque en ocasiones el excedente de electricidad producida se entrega a la red eléctrica de servicio público.

La cantidad de bagazo combustible puede calcularse basándose en a) datos sobre el insumo de caña de azúcar de los ingenios, o b) datos de producción de azúcar en las centrífugas.

Método a): Los estudios realizados sobre la base de la experiencia de los países de América Central han determinado que el rendimiento de bagazo como combustible es de aproximadamente 280 kilogramos por tonelada de caña elaborada. Si se supone un contenido del 50% de humedad en el momento del uso, 1 tonelada de bagazo rinde 7,72 GJ (factor utilizado en las publicaciones de la Oficina de Estadística de las Naciones Unidas). Los valores de la energía para el bagazo correspondiente a 1 tonelada de caña de azúcar elaborada son, por lo tanto:

$$2,16 \text{ GJ} = 0,516 \text{ Gcal} = 0,074 \text{ TEC} = 0,051 \text{ TEP}$$

Método b): Sobre la base de distintas observaciones, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) propuso la utilización de un rendimiento de 3,26 kg de bagazo por kilogramo de azúcar producido en las centrífugas (valor adoptado por la Oficina de Estadística de las Naciones Unidas hasta que se disponga de datos más seguros). El equivalente calorífico del bagazo correspondiente a la producción de 1 tonelada de azúcar es el siguiente:

$$25,2 \text{ GJ} = 6 \text{ Gcal} = 0,86 \text{ TEC} = 0,59 \text{ TEP}$$

Los desechos de origen animal o el estiércol son otro subproducto importante del sector agrícola-ganadero que puede secarse y quemarse directamente como combustible para el calentamiento de espacios, la cocción de alimentos y el secado de cosechas. También puede distribuirse en los campos como fertilizante. Cuando se utiliza como insumo de digestores de gas biológico, se obtiene gas combustible, utilizable para las cocinas, la calefacción y el alumbrado, y un residuo sólido utilizable como abono.

En el cuadro 20 se indican las potencias caloríficas aproximadas recuperables de diversos desechos de origen animal y vegetal cuando se utilizan como combustible.

Cuadro 20. Valores de la energía contenida en diversos desechos animales y vegetales

Desecho	Promedio de humedad base seca (en %)	Contenido aproximado de ceniza (en %)	Potencia calorífica neta (MJ/kg)
Estiércol	15	23-27	13,6
Cáscaras de maní	3-10	4-14	16,7
Cáscaras de café	13	8-10	15,5-16,3
Bagazo	40-50	10-12	8,4-10,5
Cápsulas de algodón	5-10	3	16,7
Cáscaras de coco	5-10	6	16,7
Cáscaras de arroz	9-11	15-20	13,8-15,1
Aceitunas (prensadas)	15-18	3	16,75
Fibras de palma de aceite	55	10	7,5- 8,4
Cáscaras de palma de aceite	55	5	7,5- 8,4
Bagazo	30	10-12	12,6
Bagazo	50	10-12	8,4
Corteza	15	1	11,3
Cascaril' de café, cerezas	30	8-10	13,4
Cascaril. de café, cerezas	60	8-10	6,7
Tusas (raspas) de maíz	15	1- 2	19,3
Cáscaras de nuez	15	1- 5	18,0
Paja y cáscara de arroz	15	15-20	13,4
Paja y cáscara de trigo	15	8- 9	19,1
Basura municipal	..	..	19,7
Papel	5	1	17,6
Aserrín	50	1	11,7

Fuentes: G. Barnard y L. Kristoferson, Agricultural Residues as Fuel in the Third World (Londres, Earth Scan, 1985); Commonwealth Science Council, Common Accounting Procedures for Biomass Resources Assessment in Developing Countries (Londres, 1986); Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Energy for World Agriculture (Rome, 1979); United States of America, Federal Energy Administration, Energy Interrelationships (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1977).

Nota: Dos puntos (..) indican que se carece de datos.

d) Energía de animales de tiro

El término tiro se refiere a la fuerza requerida o ejercida para traccionar, acarrear, accionar, desplazar, transportar o elevar un objeto. Denota también el

esfuerzo tractor y es esencialmente la energía muscular del animal. El esfuerzo de tiro es directamente proporcional al peso del animal. La capacidad de tiro, es decir, la potencia disponible en caballos vapor (o HP) de un animal, depende de la especie, las características genéticas de la raza, el peso corporal, el estado de salud, de alimentación y de nutrición, la temperatura ambiente y la frecuencia y la intensidad del uso. De todos estos datos sólo se dispone de datos empíricos sobre el peso corporal de algunas de las razas de la mayoría de las especies. La energía de tiro se expresa como fuerza ejercida por el animal. La potencia de tiro o esfuerzo tractor se obtiene por:

$$\frac{\text{Potencia tractora en libras por segundo} \times \text{velocidad en pies por segundo}}{550 \text{ pies libra por segundo}}$$

En el siguiente cuadro se da la potencia tractora de varias especies animales y, para un valor supuesto de horas de trabajo, cifras del valor anual de energía generada.

Table 21. Potencia y energía animales

Trabajo realizado por	Potencia desarrollada		Horas de trabajo por año	Energía animal generada kWh/año	Energía animal generada GJ/año
	HP	kW			
<b>Animales de tiro</b>					
Elefante	2	1,5	800	1200	4,32
Caballo	1	0,75	800	600	2,16
Búfalo	0,75	0,56	800	448	1,61
Camello	0,75	0,56	800	448	1,61
Buey	0,75	0,56	800	448	1,61
Mula	0,70	0,52	800	416	1,50
Vaca	0,45	0,34	800	272	0,99
Burro	0,35	0,26	800	208	0,75
Perro	0,1	0,075	800	60	0,22
Hombre (Labor muscular de larga duración)	0,1	0,075	2000	150	0,54

Fuentes: R. E. McDowell, Report of National Dairy Research Institute (1975), y United States of America, Federal Energy Administration, Energy Interrelationships (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1977).

Nota: En el caso del hombre, la cronogramación de las paradas de descanso, la temperatura y la humedad del medio ambiente, la naturaleza de la dieta y quizás el sexo son factores que influyen sobre la capacidad para generar y mantener los valores de potencia nominal precedentes. Para cada situación específica de trabajo deben tenerse en cuenta estas consideraciones.

Los cálculos correspondientes a un hombre fuerte, de 35 de años de edad, que trabaje 8 horas (480 minutos) por día dan:

$$0,35 - 0,092 \times \log 480 = 0,1 \text{ HP}$$

$$0,1 \text{ HP} \times 0,75 \text{ HP h/kW h} \times 8 \text{ h/d} = 0,6 \text{ kW h/d}$$

$$2000 \text{ h/año} / 8 \text{ h/d} = 250 \text{ d/año}$$

$$0,6 \text{ kW h/d} \times 250 \text{ d/año} = 150 \text{ kW h/año}$$

Anexo I

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

El Sistema Internacional de Unidades, cuya abreviatura oficial es SI, es una versión modernizada del sistema métrico establecida por acuerdo internacional. Proporciona un marco lógico e interconexo para todas las mediciones científicas, industriales y comerciales. El SI está basado en siete unidades básicas más dos unidades suplementarias. Los múltiplos y submúltiplos se expresan en el sistema decimal.

Las unidades del SI son las siguientes:

Unidades básicas

<u>Cantidad</u>	<u>Nombre</u>	<u>Símbolo</u>
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
corriente eléctrica	ampère (amperio)	A
temperatura termodinámica	kelvín	K
intensidad luminosa	candela	cd
cantidad de substancia	mole	mol

Unidades suplementarias

ángulo plano	radian (radián)	rad
ángulo sólido	steradian (estereorradián)	sr

Las unidades precedentes han sido todas definidas internacionalmente.

La expresión unidades principales se adopta aquí para los miembros del conjunto de unidades que abarcan las unidades básicas precedentes, las unidades suplementarias y las unidades coherentes de éstas. Por ejemplo, m/s, es la principal unidad SI de velocidad.



## Unidades principales que tienen nombres especiales

<u>Nombre</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Definición</u>
hertz (hercio)	Hz	1 Hz = 1 s <sup>-1</sup>
newton	N	1 N = 1 kg·m/s <sup>2</sup>
pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>
joule (julio)	J	1 J = 1 N·m
watt (watio)	W	1 W = 1 J/s
coulomb (culombio)	C	1 C = 1 A·s
volt (voltio)	V	1 V = 1 J/C
ohm (ohmio)		1 = 1 V/A
siemens (siemensio)	S	1 S = 1 A/V
farad (faradio)	F	1 F = 1 C/V
weber (weberio)	Wb	1 Wb = 1 V/s
henry (henrio)	H	1 H = 1 Wb/A
tesla	T	1 T = 1 Wb/m <sup>2</sup>
lumen	lm	1 lm = 1 cd·sr
lux	lx	1 lx = 1 lm/m <sup>2</sup>

### Prefijos

Los múltiplos o submúltiplos de las unidades pueden derivarse mediante el uso de los siguientes prefijos:

<u>Factor de multiplicación</u>	<u>Prefijo</u>	<u>Símbolo</u>
10 <sup>-15</sup>	femto	f
10 <sup>-12</sup>	pico	p
10 <sup>-9</sup>	nano	n
10 <sup>-6</sup>	micro	u
10 <sup>-3</sup>	mili	m
10 <sup>-2</sup>	centi	c
10 <sup>-1</sup>	deci	d
10 <sup>1</sup>	deca	da
10 <sup>2</sup>	hecto	h
10 <sup>3</sup>	kilo	k
10 <sup>6</sup>	mega	M
10 <sup>9</sup>	giga	G
10 <sup>12</sup>	tera	T
10 <sup>15</sup>	peta	P

Los prefijos se añaden solamente a las unidades que tienen una sola palabra de nombre y un único símbolo (como m y no a un símbolo compuesto como m/s), siempre que no esté ya modificado por un prefijo o un índice. Un prefijo no puede jamás preceder a otro. En las unidades como km<sup>2</sup> el prefijo está añadido a la m y el índice se aplica a km, es decir, 1 km<sup>2</sup> = (1000 m)<sup>2</sup> = 10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>.

Los factores en los símbolos de unidades compuestas deben separarse mediante un espacio o un punto volado. Por ejemplo, mN significa milinewton, mientras que metro newton se representa por m·N o m N.

## Otras unidades

Para cada una de las cantidades dadas infra se indica en primer lugar la unidad SI básica o principal, seguida por las definiciones de otras unidades.

### Longitud

un metro	=1 m
una pulgada	=1 pulg = 25,4 mm
un pie	=1 pie = 12 in = 0,3048 m
una yarda	=1 yarda = 3 pies = 0,9144 m
una milla	=5280 pies = 1609,344 m

### Masa

un kilogramo	=1 kg
una libra	=1 lb = 0,45359237 kg
una tonelada	=1 t = 1000 kg
una tonelada inglesa	=2240 lb = 1016,05 kg
una tonelada EE.UU.	=2000 lb = 907,185 kg

### Tiempo

un segundo	=1 s
un minuto	=1 min = 60 s
una hora	=1 h = 60 min = 3600 s

### Temperatura

un kelvin	=1 K (llamado anteriormente grado centígrado, grado Celsio y grado Kelvin)
un rankine	=(5/9) K (también llamado grado Fahrenheit)

### Superficie

un metro cuadrado	=1 m <sup>2</sup>
un pie cuadrado	=1 pie <sup>2</sup> = 0,09290304 m <sup>2</sup>
una yarda cuadrada	=1 yarda <sup>2</sup> = 0,83612736 m <sup>2</sup>
un acre	=43560 pies <sup>2</sup> = 4046,86 m <sup>2</sup>
una hectárea	=10000 m <sup>2</sup>

### Volumen

un metro cúbico	=1 m <sup>3</sup>
un litro	=1 l = 0,001 m <sup>3</sup>
un pie cúbico	=1 pie <sup>3</sup> = 0,02283168 m <sup>3</sup>
una yarda cúbica	=1 yarda <sup>3</sup> = 0,764555 m <sup>3</sup>
un galón imperial	=0,0045460919 m <sup>3</sup>
un galón USA	=0,003785411784 m <sup>3</sup>
un barril USA	=42 galones USA = 0,158988 m <sup>3</sup>

### Velocidad

un metro por segundo	=1 m/s
un pie por segundo	=1 pie/s = 0,3048 m/s
una milla por hora	=1 milla/h = 0,44704 m/s

### Densidad

un kg por metro cúbico	=1 kg/m <sup>3</sup>
una libra por pie cúbico	=1 lb/pie <sup>3</sup> = 16,0185 kg/m <sup>3</sup>

### Fuerza

un newton	=1 N = 1 kg·m/s <sup>2</sup>
una dina	=1 dina = 1 g·cm/s <sup>2</sup> = 10 <sup>-5</sup> N
un kilogramo-fuerza	=1 kgf = 9,80665 N

### Presión, esfuerzo

un pascal (pascalio)	=1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>
un bar (baro)	=10 <sup>5</sup> Pa = 10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>
una dina/cm <sup>2</sup>	=0,1 Pa = 0,1 N/m <sup>2</sup>
una atmósfera normal	=1 atm = 1,01325 bar
un milímetro de mercurio	=133,322 N/m <sup>2</sup>

### Viscosidad (dinámica)

un N·s/m <sup>2</sup>	=1 Pa·s = 1 kg/m·s
un poise	=1 P = 1 dina·s/cm <sup>2</sup> = 1 g/cm·s
un centipoise	=0,01 P = 0,001 kg/m·s

### Viscosidad (cinemática)

un m <sup>2</sup> por segundo	=1 m <sup>2</sup> /s
un stoke	=1 St = 1 cm <sup>2</sup> /s
un centistoke	=1 cSt = 1 mm <sup>2</sup> /s

### Energía, trabajo, calor

un joule (julio)	=1 J = 1 N·m = 1 kg·m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> = 1 Pa·m <sup>3</sup>
un kilovatio hora	1 kW·h = 3,6x10 <sup>6</sup> J
una caloría	1 cal = 4,1868 J
una kilocaloría	1 kcal = 4186,8 J
un thermie	4,1855x10 <sup>6</sup> J
una unidad térmica británica	=1 Btu = 1055,06 J
un therm	=10 <sup>5</sup> Btu = 1,05506x10 <sup>8</sup> J
un hp hora	2,68452x10 <sup>6</sup> J

## Potencia

un vatio	=1 W = 1 J/s
un kilovatio	=1 kW = 10 <sup>3</sup> J/s
un kgf·m/s	9,80665 W
un caballo vapor	=1 CV = 1 ch = 1 PS = 735,499 W
un caballo de fuerza	=1 hp = 550 pies·lbf/s = 745,7 W
<u>Energía por masa (potencia calorífica, entalpía específica)</u>	

un julio por kilogramo	=1 J/kg
una caloría por gramo	=4,1868 J/g
una Btu por libra	=2326 J/kg

## Energía por masa·temperatura (entropía específica, capacidad térmica específica)

1 julio por kg·kelvin	=1 J/kg·K
1 caloría por kg·kelvin	=4,1868 J/kg·K
1 Btu por lb·rankine	=4187 J/kg·K

## Energía por volumen·temperatura

un julio por m <sup>3</sup> ·kelvin	=1 J/m <sup>3</sup> ·K
un julio por cm <sup>3</sup> ·kelvin	=10 <sup>6</sup> J/m <sup>3</sup> ·K
1 cal/cm <sup>3</sup> ·K	=4,1868x10 <sup>6</sup> J/m <sup>3</sup> ·K
1 cal/l·K	=4,1868x10 <sup>3</sup> J/m <sup>3</sup> ·K
1 kcal/m <sup>3</sup> ·K	=4,1868 J/m <sup>3</sup> ·K
1 Btu/ft <sup>3</sup> ·rankine	67066,1 J/m <sup>3</sup> ·K

## Densidad de flujo de energía (potencia por superficie)

un vatio por m <sup>2</sup>	=1 W/m <sup>2</sup> = 1 J/m <sup>2</sup> ·s
una caloría/m <sup>2</sup> ·s	=4,1868 W/m <sup>2</sup>
una kcal/m <sup>2</sup> ·h	=1,163 W/m <sup>2</sup>
una Btu/pie <sup>2</sup> ·h	=3,15459 W/m <sup>2</sup>

## Coefficiente de transmisión de calor (conductancia térmica)

un vatio/m <sup>2</sup> ·K	=1W/m <sup>2</sup> ·K = 1 J/m <sup>2</sup> ·s·K
una cal/m <sup>2</sup> ·s·K	=4,1868 W/m <sup>2</sup> ·K
una kcal/m <sup>2</sup> ·h·K	=1,163 W/m <sup>2</sup> ·K
una Btu/ft <sup>2</sup> ·h·rankine	=3,15459 W/m <sup>2</sup> ·K

## Conductividad térmica

un vatio/m·K	=1W/m·K = 1 J/m·s·K
una cal/cm·s·K	=418,68 W/m·K
una kcal/m·h·K	=1,163 W/m·K
una Btu/pie·h·rankine	=1,73073 W/m·K

## Anexo II

### CUADROS DE GRAVEDAD ESPECIFICA, DENSIDAD Y VISCOSIDAD

#### Densidad y gravedad específica

Los cuadros siguientes han sido tomados de la publicación ASTM-IP Petroleum Measurement Tables ("Tablas de medidas del petróleo ASTM-IP"), preparadas en colaboración entre la American Society for Testing Materials (Sociedad Americana de Ensayos de Materiales, ASTM) y el Institute of Petroleum del Reino Unido (Instituto de Petróleo, IP). Las definiciones de densidad que dan la ASTM y el IP son las siguientes:

Gravedad específica: la relación entre la masa de un volumen dado de petróleo a 60° F con la masa del mismo volumen de agua a 60° F.

Densidad: la masa por unidad de volumen a 15° C expresada en kilogramos por litro.

Gravedad API: es la basada en una temperatura normal de 60° F, relacionada con la gravedad específica por la siguiente fórmula:

$$\text{gravedad API} = \frac{141,5}{\text{gr. esp. } 60^{\circ}/60^{\circ} \text{ F}} - 131,5$$

Al usar las tablas, el peso del agua en el aire a 60° F puede tomarse con los siguientes valores:

1 kg            por litro  
8,3283 lb por galón USA  
10,002 lb por galón imperial  
62,3 lb por pie cúbico  
349,7886 lb por barril de petróleo USA

Quadro 22. Equivalencias de gravedad específica

Grav. espec.	Grav. API	Densidad	Grav. espec.	Grav. API	Densidad	Grav. espec.	Grav. API	Densidad
0,60	-	0,6000	0,75	57,17	0,7497	0,90	25,72	0,8995
0,61	-	0,6100	0,76	54,68	0,7597	0,91	23,99	0,9095
0,62	96,73	0,6200	0,77	52,27	0,7697	0,92	22,30	0,9195
0,63	93,10	0,6299	0,78	49,91	0,7797	0,93	20,65	0,9295
0,64	89,59	0,6399	0,79	47,61	0,7897	0,94	19,03	0,9395
0,65	86,19	0,6499	0,80	45,38	0,7996	0,95	17,45	0,9495
0,66	82,89	0,6599	0,81	43,19	0,8096	0,96	15,90	0,9594
0,67	79,69	0,6699	0,82	41,06	0,8196	0,97	14,38	0,9694
0,68	76,59	0,6798	0,83	38,98	0,8296	0,98	12,89	0,9794
0,69	73,57	0,6898	0,84	36,95	0,8396	0,99	11,43	0,9894
0,70	70,64	0,6998	0,85	34,97	0,8496	1,00	10,00	0,9994
0,71	67,80	0,7098	0,86	33,03	0,8596	1,01	8,60	1,0094
0,72	65,03	0,7198	0,87	31,14	0,8695	1,02	7,23	1,0194
0,73	62,34	0,7298	0,88	29,30	0,8795	1,03	5,88	1,0294
0,74	59,72	0,7397	0,89	27,49	0,8895	1,04	4,56	1,0394

Nota: Valores correspondientes a temperatura normal de 60° F para la gravedad API y la gravedad específica y de 15° C para la densidad.

Cuadro 23. Equivalencias de gravedad API

Grav. API	Grav. espec.	Densidad	Grav. API	Grav. espec.	Densidad	Grav. API	Grav. espec.	Densidad
0,0	1,0760	1,0754	33,0	0,8602	0,8597	66,0	0,7165	0,7162
1,0	1,0679	1,0673	34,0	0,8550	0,8545	67,0	0,7128	0,7126
2,0	1,0599	1,0593	35,0	0,8499	0,8494	68,0	0,7093	0,7091
3,0	1,0520	1,0514	36,0	0,8448	0,8443	69,0	0,7057	0,7055
4,0	1,0443	1,0436	37,0	0,8398	0,8393	70,0	0,7022	0,7020
5,0	1,0366	1,0360	38,0	0,8348	0,8344	71,0	0,6988	0,6986
6,0	1,0291	1,0285	39,0	0,8299	0,8295	72,0	0,6953	0,6952
7,0	1,0217	1,0210	40,0	0,8251	0,8247	73,0	0,6919	0,6918
8,0	1,0143	1,0137	41,0	0,8203	0,8199	74,0	0,6886	0,6884
9,0	1,0071	1,0065	42,0	0,8156	0,8152	75,0	0,6852	0,6851
10,0	1,0000	0,9994	43,0	0,8109	0,8105	76,0	0,6819	0,6818
11,0	0,9930	0,9924	44,0	0,8063	0,8059	77,0	0,6787	0,6785
12,0	0,9861	0,9855	45,0	0,8017	0,8013	78,0	0,6754	0,6753
13,0	0,9792	0,9787	46,0	0,7972	0,7968	79,0	0,6722	0,6721
14,0	0,9725	0,9719	47,0	0,7927	0,7924	80,0	0,6690	0,6689
15,0	0,9659	0,9653	48,0	0,7883	0,7880	81,0	0,6659	0,6658
16,0	0,9593	0,9588	49,0	0,7839	0,7836	82,0	0,6628	0,6626
17,0	0,9529	0,9523	50,0	0,7796	0,7793	83,0	0,6597	0,6596
18,0	0,9465	0,9459	51,0	0,7753	0,7750	84,0	0,6566	0,6565
19,0	0,9402	0,9397	52,0	0,7711	0,7708	85,0	0,6536	0,6535
20,0	0,9340	0,9335	53,0	0,7669	0,7666	86,0	0,6506	0,6505
21,0	0,9279	0,9273	54,0	0,7628	0,7625	87,0	0,6476	0,6475
22,0	0,9218	0,9213	55,0	0,7587	0,7584	88,0	0,6446	0,6446
23,0	0,9159	0,9153	56,0	0,7547	0,7544	89,0	0,6417	0,6416
24,0	0,9100	0,9095	57,0	0,7507	0,7504	90,0	0,6388	0,6387
25,0	0,9042	0,9037	58,0	0,7467	0,7464	91,0	0,6360	0,6359
26,0	0,8984	0,8979	59,0	0,7428	0,7425	92,0	0,6331	0,6330
27,0	0,8927	0,8923	60,0	0,7389	0,7387	93,0	0,6303	0,6302
28,0	0,8871	0,8867	61,0	0,7351	0,7348	94,0	0,6275	0,6274
29,0	0,8816	0,8811	62,0	0,7313	0,7310	95,0	0,6247	0,6247
30,0	0,8762	0,8757	63,0	0,7275	0,7273	96,0	0,6220	0,6219
31,0	0,8708	0,8703	64,0	0,7238	0,7236	97,0	0,6193	0,6192
32,0	0,8654	0,8650	65,0	0,7201	0,7199	98,0	0,6166	0,6165

Nota: Valores correspondientes a temperatura normal de 60° F para la gravedad API y la gravedad específica y de 15° C para la densidad.

Cuadro 24. Equivalencias de densidad

Densidad	Grav. espec.	Grav. API	Densidad	Grav. espec.	Grav. API	Densidad	Grav. espec.	Grav. API
0,50	0,4996	-	0,69	0,6902	73,52	0,88	0,8805	29,21
0,51	0,5097	-	0,70	0,7002	70,59	0,89	0,8905	27,40
0,52	0,5197	-	0,71	0,7102	67,74	0,90	0,9005	25,64
0,53	0,5298	-	0,72	0,7202	64,97	0,91	0,9105	23,91
0,54	0,5398	-	0,73	0,7302	62,27	0,92	0,9205	22,22
0,55	0,5498	-	0,74	0,7403	59,65	0,93	0,9305	20,56
0,56	0,5599	-	0,75	0,7503	57,10	0,94	0,9405	18,95
0,57	0,5699	-	0,76	0,7603	54,61	0,95	0,9505	17,36
0,58	0,5799	-	0,77	0,7703	52,19	0,96	0,9606	15,81
0,59	0,5900	-	0,78	0,7803	49,83	0,97	0,9706	14,29
0,60	0,6000	-	0,79	0,7903	47,53	0,98	0,9806	12,80
0,61	0,6100	-	0,80	0,8004	45,29	0,99	0,9906	11,34
0,62	0,6200	96,71	0,81	0,8104	43,11	1,00	1,0006	9,92
0,63	0,6301	93,08	0,82	0,8204	40,98	1,01	1,0106	8,52
0,64	0,6401	89,57	0,83	0,8304	38,90	1,02	1,0206	7,14
0,65	0,6501	86,16	0,84	0,8404	36,87	1,03	1,0306	5,79
0,66	0,6601	82,86	0,85	0,8504	34,89	1,04	1,0406	4,47
0,67	0,6701	79,65	0,86	0,8605	32,95	1,05	1,0507	3,18
0,68	0,6802	76,54	0,87	0,8705	31,06			

Nota: Valores correspondientes a temperatura normal de 60° F para la gravedad API y la gravedad específica y de 15° C para la densidad.



Quadro 25. Densidades de algunos combustibles

Combustible	Densidad media (kg/m <sup>3</sup> )
<u>Sólidos</u>	
Antracita	1554
Hulla	1346
Lignito	1250
Coque	1201
Turba seca	753
Carbón de leña (roble)	481
Carbón de leña (pino)	369
<u>Líquidos</u>	
Petróleo crudo	840-860
Gas licuado de petróleo o gas licuado de refinería	540
Propano	510
Butano	580
Gasolina natural	630
Gasolina de motores	740
Gasolina de aviación	730
Combustible de reactores tipo gasolina	760
Combustible de reactores tipo querosene	810
Querosene	810
Gasoil y diesel oil	870
Fuel oil residual	950
Aceite lubricante	900
Bitumen/asfalto	1040
Coque de petróleo	1140
Parafina	800
Condensado de plantas	700
Aguarrás mineral (solvente industrial)	810
Nafta	720
Otros subproductos de petróleo	910
<u>Gases</u>	
A presión atmosférica y 15° C	
Gas natural	0,720-0,785
Propano	1,869
Butano	2,383
Gas de altos hornos	1,270
Gas de usina	1,070

Fuentes: J. W. Rose y J. R. Cooper, Technical Data on Fuel, 7a. ed. (Edinburgo, Scottish Academic Press, 1977), y Reino Unido, Departamento de Energía, Digest of U.K. Energy Statistics (Londres, 1980).

Cuadro 25. Densidades de algunos combustibles

Combustible	Densidad media (kg/m <sup>3</sup> )
<u>Sólidos</u>	
Antracita	1554
Hulla	1346
Lignito	1250
Coque	1201
Turba seca	753
Carbón de leña (roble)	481
Carbón de leña (pino)	369
<u>Líquidos</u>	
Petróleo crudo	840-860
Gas licuado de petróleo o gas licuado de refinería	540
Propano	510
Butano	580
Gasolina natural	630
Gasolina de motores	740
Gasolina de aviación	730
Combustible de reactores tipo gasolina	760
Combustible de reactores tipo querosene	810
Querosene	810
Gasoil y diesel oil	870
Fuel oil residual	950
Aceite lubricante	900
Bitumen/asfalto	1040
Coque de petróleo	1140
Parafina	800
Condensado de plantas	700
Aguarrás mineral (solvente industrial)	810
Nafta	720
Otros subproductos de petróleo	910
<u>Gases</u>	
A presión atmosférica y 15° C	
Gas natural	0,720-0,785
Propano	1,869
Butano	2,383
Gas de altos hornos	1,270
Gas de usina	1,070

Fuentes: J. W. Rose y J. R. Cooper, Technical Data on Fuel, 7a. ed. (Edinburgo, Scottish Academic Press, 1977), y Reino Unido, Departamento de Energía, Digest of U.K. Energy Statistics (Londres, 1980).

Cuadro 26. Conversiones de viscosidad cinemática

Viscosidad cinemática en centistokes	Viscosidad Redwood No. 1 en segundos a 38° C	Viscosidad Saybolt universal en segundos a 38° C	Viscosidad Engler en grados toda temp.	Viscosidad Saybolt Furol en segundos a 50° C
2	30.65	32.62	1.141	-
3	33.15	36.03	1.225	-
4	35.65	39.14	1.309	-
5	38.25	42.35	1.401	-
6	40.85	45.56	1.482	-
7	43.55	48.77	1.565	-
8	46.25	52.09	1.655	-
9	49.05	55.50	1.749	-
10	51.95	58.91	1.840	-
12	58.07	66.04	2.024	-
14	64.54	73.57	2.224	-
16	71.39	81.30	2.439	-
18	78.40	89.44	2.650	-
20	85.75	97.77	2.877	-
22	93.28	106.4	3.108	-
24	100.8	115.0	3.344	-
26	108.6	123.7	3.584	-
28	116.3	132.5	3.830	-
30	124.1	141.3	4.081	-
35	144.0	163.7	4.708	-
40	164.1	186.3	5.350	-
45	184.3	209.1	5.993	-
50	204.4	232.1	6.650	26.1
55	224.6	255.2	7.260	28.3
60	244.8	278.3	7.920	30.6
65	265.0	301.4	8.580	32.8
70	285.4	324.4	9.240	35.1
75	305.4	347.6	9.900	37.4
80	325.5	370.5	10.550	39.6
90	-	-	-	44.1
100	-	-	-	48.6
120	-	-	-	57.8
140	-	-	-	67.0
160	-	-	-	76.3
180	-	-	-	85.6
200	-	-	-	95.0

Fuente: J. W. Rose y J. R. Cooper, Technical Data on Fuel, 7a. ed. (Edinburgo, Scottish Academic Press, 1977).

### Anexo III

## EFICIENCIAS DE LOS DISPOSITIVOS DE CONVERSION DE ENERGIA

### Conversión de energía

Todos los procesos biológicos requieren la conversión de energía de una a otra forma. Las plantas convierten la energía radiante del sol en energía química almacenada. Los animales consumen luego las plantas y su energía se transforma en energía mecánica para mover los músculos y crear calor. La energía química almacenada en las plantas durante largos períodos se ha acumulado también en los yacimientos de carbón, petróleo y gas natural que se utilizan en diversos dispositivos para convertir su energía en calor, energía mecánica y energía radiante. Además, la energía mecánica puede producir energía eléctrica que puede transportarse por largas distancias para ser utilizada por los consumidores finales.

En el cuadro 27 se examina la eficiencia de los procesos de conversión de los diversos dispositivos y artefactos. La mayor parte de los valores de eficiencia de conversión de artefactos dados en el cuadro se deben a trabajos realizados por la Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas (EUROSTAT) para calcular los saldos de energía utilizable. Las planillas de saldos de energía utilizable, además de registrar otras pérdidas, tienen en cuenta la transformación de la energía en los artefactos usados por el consumidor final.

La medición de la energía útil requiere que se registre,

- a) Los principales tipos de artefactos utilizados por los consumidores finales de energía,
- b) La cantidad de energía realmente utilizada por estos artefactos,
- c) Las eficiencias promedio de estos artefactos en uso normal.

Empleando estos parámetros, la planilla de saldos de energía utilizable puede dar las pérdidas de energía correspondientes a una quinta categoría: las que ocurren en la etapa final del consumidor. De tal modo, desde el insumo primario al consumo final las pérdidas registradas son:

- a) Las pérdidas en el proceso primario de producción y extracción (p. ej., el gas quemado en antorchas y las pérdidas de los finos de carbón),
- b) Las pérdidas de transformación de las fuentes primarias a las fuentes secundarias de energía,
- c) Las pérdidas de distribución, que afectan principalmente a los combustibles gaseosos y la electricidad,
- d) El consumo por el sector de energía en la operación de las plantas,

e) Las pérdidas en la etapa final de consumo inversalmente proporcionales a la eficiencia de operación de los artefactos que transforman la energía por última vez.

Cuadro 27. Eficiencias promedio de artefactos en la etapa final de consumo

Artefacto	Por ciento
Fogón de leña de tres piedras .....	10 - 15
Hornillo de carbón de leña .....	20 - 30
Hornos de cemento .....	30 - 40
Horno de radiación de vidriería .....	40
Alto horno .....	70 - 77
Motor de gasolina .....	22
Motor diésel .....	35
Motor de reacción .....	25
Hornos y calderas industriales de carbón .....	60
Cocina económica de carbón .....	25
Caldera de calefacción doméstica de carbón y estufas de carbón .....	55 - 65
Hornos y calderas industriales de aceite combustible ...	68 - 73
Caldera de calefacción doméstica de aceite .....	68 - 73
Calderas de calefacción de distrito de fuel oil residual	66 - 73
Quemadores de parafina .....	55
Hornos y calderas industriales de gas .....	70 - 75
Hornillo de cocina de gas .....	37
Calefactor de agua de gas .....	62
Caldera de calefacción doméstica de gas .....	67 - 80
Hornillo de gas de petróleo licuado .....	37
Calefacción de espacios con gas de petróleo licuado ....	69 - 73
Motores eléctricos .....	95
Hornos eléctricos .....	95
Electrólisis .....	30
Transporte por ferrocarril eléctrico .....	90
Hornillo eléctrico .....	75
Calefactor de agua eléctrico .....	90
Calefacción eléctrica directa .....	100
Iluminación eléctrica incandescente .....	6
Iluminación eléctrica fluorescente .....	20

Fuentes: Comunidad Económica Europea, Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas (EUROSTAT), Useful Energy Balance Sheets, Supplement to Energy Statistics Yearbook (Bruselas, 1983); y Naciones Unidas, "Concepts and methods for the collection and compilation of statistics on biomass used as energy", por K. Openshaw (ESA/STAT/AC.30/6).

## Referencias

- American National Standards Institute, SI Units and Recommendation for the Use of their Multiples and of Certain Other Units, 2a. ed. (Nueva York, 1981).
- American Petroleum Institute, Glossary of Terms Used in Petroleum Refining, 2a. ed. (Baltimore, 1962).
- American Society for Testing Materials and the Institute of Petroleum, ASTM-IP Petroleum Measurement Tables (Londres, 1953).
- Barnard, G. y L. Kristoferson, Agricultural Residues as Fuel in the Third World, (Londres, Earth Scan, 1985).
- Baumeister, T., T. Baumeister, y E. Avallone, eds., Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers, 8a. ed. (Nueva York, McGraw-Hill, 1978).
- Bennett, H. Concise Chemical and Technical Dictionary, (New York, Chemical Publishing Co., 1962).
- Boone, L. P., The Petroleum Dictionary, (Norman, Oklahoma, University of Oklahoma Press, 1952).
- Bryce, J., The Commercial Timbers of Tanzania (Dar es Salaam, Government Printers, 1967).
- Commonwealth Science Council, Common Accounting Procedures for Biomass Resources Assessment in Developing Countries (Londres, 1986).
- Crabbe, D. y R. McBride, The World Energy Book, (Nueva York, Nichols Publishing Co., 1978).
- Earl, D. E., Forest Energy and Economic Development, (Londres, Oxford University Press, 1975).
- Comunidades Económicas Europeas, Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas (EUROSTAT), Useful Energy Balance Sheets 1980, Supplement to Energy Statistics Yearbook, (Bruselas, 1983).
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Energy for World Agriculture (Roma, 1979).
- \_\_\_\_\_, Wood Fuel Surveys (Roma, 1983).
- \_\_\_\_\_, Yearbook of Forest Products 1983 (Roma, 1985).
- \_\_\_\_\_, A New Approach to Domestic Fuelwood Conservation (Roma, 1986).

Fowler, J. M., Energy and Environment, (Nueva York, McGraw-Hill, 1975).

Latin American Energy Organization, Jamaica's Bioenergy Potential, Energy Magazine (Quito), abril de 1985.

Locke, H. B., Energy Users' Databook, (Londres, Graham & Trotman, 1981).

Loftness, R., Energy Handbook, (Nueva York, Van Nostrand Reinhold, 1978).

McDowell, R. E., Report of National Dairy Research Institute (París, United Nations Development Programme/United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1975).

Merrill, Richard y Thomas Gage, Energy primer: Solar, Water, Wind and Biofuels, (Nueva York, Dell Publishing Co., 1978).

National Academy of Sciences, Firewood crops: Shrub and Tree Species for Energy Production (Washington, D.C., 1980).

Rose, J. W., y J. R. Cooper, Technical Data on Fuel, 7a. ed. (Edinburgo, Scottish Academic Press, 1977).

Sono, P., Merchantable Timbers of Thailand, (Bangkok, Forest Products Division, Royal Forest Department, 1974).

Summers, Claude, Conversion of Energy, Energy: Readings from Scientific American (San Francisco, W. H. Freeman and Company, 1979).

Tillman, David A., Wood as an Energy Resource, (New York, Academic Press, 1978).

United Kingdom, Department of Energy, Digest of U.K. Energy Statistics, (Londres, 1980).

Naciones Unidas, "Concepts and methods for the collection and compilation of statistics on biomass used as energy", por K. Openshaw (ESA/STAT/AC.30/6).

\_\_\_\_\_, World Weights and Measures: Handbook for Statisticians (publicación de las Naciones Unidas, Sales No. E.66.XVII.3).

\_\_\_\_\_, Concepts and Methods in Energy Statistics, with Special Reference to Energy Accounts and Balances (publicación de las Naciones Unidas, Sales No. E.82. XVII.13).

\_\_\_\_\_, Energy Balances and Electricity Profiles, 1982 (publicación de las Naciones Unidas, No. de venta E.85.XVII.7).

\_\_\_\_\_, Energy Statistics Yearbook 1983 (publicación de las Naciones Unidas, Sales No. E.85.XVII.9).



Naciones Unidas, Comisión Económica para Europa, Annual Bulletin of Electric Energy Statistics for Europe, 1983, (publicación de las Naciones Unidas, No. de venta E/R.84.II.E.27).

, Annual Bulletin of Gas Statistics for Europe, 1983 (publicación de las Naciones Unidas, No. de venta EFR.84.II.E.28).

Naciones Unidas, Comisión Económica para Europa y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura, Timber Bulletin for Europe, vol. XXXVI, No. 2 (enero-diciembre de 1983).

Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina, "Istmo Centroamericano: Estadísticas Sobre Energía, 1978" (E/CEPAL/CCE/SC.5/132/Rev.1).

United Nations Institute for Training and Research/United Nations Development Programme Information Centre for Heavy Crude and Tar Sands, First International Survey of Heavy Crude and Tar Sands, 1983, (Sales No. HCTS/WS/83).

United States of America, Department of Commerce, Bureau of Standards, Thermal Properties of Petroleum Products, Miscellaneous Publication No. 97 (Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1929).

United States of America, Federal Energy Administration, Energy Interrelationships (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1977).

United States of America, Department of Energy, Energy Information Administration, International Energy Annual 1984 (Washington, D.C., 1985).

Smil, Vaclav, Bio Mass Energy: Resources, Links, Constraints (Nueva York, Plenum Press, 1983).

Weast, R. y M. Astle, CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60a, ed., (Florida, CRC Press, 1979).

---

### كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

يمكن الحصول على منشورات الأمم المتحدة من المكتبات ودور التوزيع في جميع أنحاء العالم . استعلم عنها من المكتبة التي تتعامل معها أو اكتب إلى : الأمم المتحدة ، قسم البيع في نيويورك أو في جنيف .

#### 如何购取联合国出版物

联合国出版物在全世界各地的书店和经售处均有发售。请向书店询问或写信到纽约或日内瓦的联合国销售组。

#### HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

#### COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre libraire ou adressez-vous à : Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

#### КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

#### COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.

---