

## Acercas de los balances de fuentes energéticas

*Alfonso Pantoja López*  
Iberdrola, S.A.

### 1. Resumen

El objeto del presente artículo es el de repasar las bases de esas equivalencias recordando las bases de las distintas cadenas energéticas, aún siendo consciente de que quizás lo más urgente se va consiguiendo ya, como es, llegar a acuerdos de tipo metodológico para que los balances sean cada día mas comparables, tarea aun no resuelta del todo a pesar del interés de la AIE y otras organizaciones internacionales, para que los balances de energía final sean de verdad representativos. Unas organizaciones distinguen entre poder calorífico superior e inferior y otras lo ignoran, algunas publican precios del gas y de la electricidad en pta/kWh sin advertir que una es energía primaria y otra no, etc.

Por ejemplo en publicaciones de precios para un cliente industrial, se da para el gas 0,65 pence/kWh y para la electricidad 3,9 pence/kWh, sin mas advertencia, con lo cual la confusión es mas que posible, o quizás buscada, o la de los precios de la electricidad para un cliente industrial de 6,65 c\$/kWh y 19,5 \$/Mbtu, y no muy lejos el precio del gas a 3 \$Mbtu, solo para expertos.

### 2. Introducción

Es más que probable que hayamos tenido necesidad de sumar

diferentes formas de energía y seguramente no siempre habrá sido fácil, si se desea ser riguroso, el establecer una equivalencia o medida común para tan distintas fuentes de energía como los combustibles sólidos, los líquidos, el gas natural, la electricidad, etc.

Existen toda una serie de equivalencias físicas básicas entre los valores de las diferentes formas en que se presenta la energía contenida en las distintas materias primas energéticas. Quizá la principal sea aquella que está basada en el principio de conservación de la energía, según el cual serán equivalentes aquellas que, por degradación, produzcan la misma cantidad de calor. También la termodinámica nos proporciona otras medidas en las que se deberá tener en cuenta la importancia de la temperatura y hasta aquí nada que objetar. Sin embargo, existen otros aspectos de equivalencia económica, tecnológica, de prestaciones, etc., que no siempre son valorados y en el mejor de los casos, suelen ser ignorados.

No parece haberse tomado conciencia del desorden que reina en muchos sectores a la hora de establecer equivalencias en las estadísticas energéticas entre, por ejemplo, carbón, petróleo, energía hidroeléctrica, nuclear, etc.

Así, por ejemplo, del consumo energético mundial, alrededor de un 25% lo es en forma de energía eléctrica, si la juzgamos por el combustible necesario para producirla mediante cen-



www.energuia.com

***Aunque no es nueva la discusión sobre este tema, sino recurrente, merece la pena insistir en la problemática de las equivalencias energéticas entre las distintas fuentes de energía, imprescindibles si se quiere que cada energía represente verdaderamente su peso en un balance de contabilidad energética y también para no crear mas confusiones de las que ya existen normalmente en la jerga del comercio de materias primas energéticas. En especial en los comienzos de la incorporación de nuevas fuentes de energía a esa contabilidad o balances energéticos.***

Tabla I. Ejemplo de cadena energética

- Producción de energía primaria
- Transformación en energía secundaria
- Transporte
- Distribución
- Utilización Final
- Equipo disipador y comportamiento del usuario
- Servicio Prestado

trales térmicas, pero solamente será de un 8 % si la juzgamos por su capacidad para producir calor por degradación directa, pudiendo llegarse hasta a mezclar energías primarias y energías secundarias, sin la adecuada conversión.

La situación se puede complicar más aún día a día, así por ejemplo, con la bomba de calor, hay que llamar la atención sobre las "equivalencias" para este dispo-

sitivo, es conocido que, es capaz de producir dos o tres veces más calorías que la propia cantidad de energía eléctrica empleada directamente por simple degradación en un radiador, tomando energía del entorno.

Por todo ello, sería aconsejable presentar las estadísticas energéticas adicionando energías que realmente sean de la misma naturaleza y, advirtiendo claramente al utilizador en caso contrario, para que él decida las "equivalencias" correspondientes al problema que se está resolviendo, facilitándole tablas debidamente consensuadas.

Otro aspecto es el de la increíble confusión existente entre las numerosas y caprichosas unidades de energía al uso, que si caloría, julio, barril de petróleo, metros cúbicos de gas, termias, btu, therm, etc., porque estimamos que esto tiene solución insistiendo y exigiendo que se recurra siempre al Sistema Internacional. Vamos a empezar por el tema del uso de las equivalencias con más detalle y los efectos que puede producir la forma de emplearlas a la hora de realizar un balance energético de diferentes fuentes de energía.

Tabla II. Cadenas petróleo y petróleo-electricidad

Nivel	Etapas	
N1	Extracción y Producción de petróleo	
N2	Refinado	
N3	P. Petrolíferos	FO para Electricidad
N4	Tpte. y Distribución	Central térmica
N5	Tpte. y Distribución	
	Utilización	
	Equipo, cocina, coche, etc	
	Comportamiento del usuario	
	Servicio prestado en Energía útil.	

Tabla III. Detalles cadena petrolera y electropetrolera

Nivel	Etapas	Cadena		Operaciones
	Producción energía primaria	Petróleo		Extracción
N1	Aprovisionamiento nacional	Refinería		Clasific. química compes - gama de p. petrolíferos
N2	Elaboración energética secundaria	P. Petrolíferos	Electricidad	Transf energía química en calor, en mecánica y en eléctrica
	Transf. energía secundaria (Eléctrica)		Central	
N3	Tpte-distrib. (primaria-electric)	Tpte. P. Petrolíferos	Tpte. y Distrib. Electricidad	Flujo circulación
N4	Entrada a su utilización Energía Util	Utilización		- Transf energ. en calor - Paso calor a vehic. portador - Transf. en fuerza motriz, luz
N5	Servicio prestado	Vehículo...	Vivienda, ind..	Consumo útil

### 3. Equivalencias

Para empezar, no se debería de hablar de coeficientes de equivalencia, sin referirse simultáneamente a una descripción precisa del proceso o cadena energética que se va a analizar. Una *cadena energética* es un conjunto de etapas de elaboración y de conversión de un recurso energético, que permiten adaptarlo progresivamente al servicio demandado por el consumidor o usuario, intermedio o final, del mismo para prestar un servicio.

Cada cadena se caracteriza por los eslabones, *niveles* o etapas propias, unidos entre sí que definen los diferentes estados de transformación o de circulación

de la energía hasta su disipación final. Un sistema energético estará formado por un conjunto de cadenas energéticas independientes, concurrentes o complementarias.

En la Tabla II se representan dos cadenas energéticas concurrentes, la cadena petrolera y la cadena electropetrolera.

Las equivalencias energéticas dependen del objetivo buscado (servicio a prestar):

a) Si se desea medir el consumo de energía primaria de un país, por ejemplo, para determinar la política de aprovisionamiento, nos interesaremos por el nivel N1.

b) Si se desean estimar las cantidades de energía que permiten satisfacer realmente las necesidades de los usuarios finales, necesitaremos contabilizar la energía al final de la cadena, o sea al nivel N5.

Ambas ópticas son posibles, pero diferentes y los métodos adoptados serían distintos.

El primer objetivo es fácil, en efecto, sin gran riesgo de error se puede conocer el consumo global de energía primaria de un país. Los combustibles serían integrados según una gama más o menos fina de coeficientes, y la electricidad primaria (hidráulica, nuclear, renovables, etc.) será incluida por analogía como la cantidad de combustible necesario para la producción de un kWh en estas centrales. Esta forma de proceder es unánimemente admitida. Así, para producción de electricidad, un coeficiente medio podría ser un kWh por cada 2,2 termias, variables según el progreso tecnológico, como los ciclos combinados para los que se espera 1,7 termias, pcs/kWh.

El segundo objetivo, por el contrario, es más difícil. En efecto, hace falta medir, caso por caso, en cada instante, sobre cada equipo, la cantidad de energía "útil" a la salida de los distintos

usos, que depende tanto de los "materiales" empleados como de la forma de "usarlos". Nos arrastraría rápidamente hacia cálculos abrumadores, sin contar con que tal dispositivo de medida sería imposible de realizar. Hace falta, por tanto, renunciar a la exactitud y proceder por simplificación. En este sentido, numerosos organismos y en particular la OCDE, tratan de aplicar uniformemente a la electricidad el coeficiente de,  $1\text{kWh}=0,86$  termias que corresponde a la equivalencia teórica del efecto Joule.

Esta equivalencia calorífica se suele aplicar uniformemente al conjunto de los empleos de la electricidad (fuerza motriz, alumbrado, electrólisis, transporte de información, etc.).

Así, por ejemplo, la Unión Europea, siempre optó por la primera óptica, mientras que la OCDE, ha optado por la segunda, habiendo establecido un sistema tal, que la producción de 1 kWh de electricidad "cuesta" 2,2 termias, mientras que para el consumo solo "vale" que 0,86 termias (el resto es decir aproximadamente 60%, son pérdidas), mientras que paralelamente la termia combustible vale "igual", al principio o al final de la ca-

dena, desde la producción primaria a la secundaria y a la final. A continuación intentaremos resaltar los problemas de no tomar las debidas precauciones.

#### 4. Sistemas actuales

En los sistemas de uso más frecuentes que vamos a analizar, se encuentran las siguientes equivalencias:

- 1) 1 tep = 10.000 termias, en todo punto de las cadenas.
- 2) 1 kWh = 0,860 termias, al nivel de los usos o empleos.
- 3) 1 MWh = 0,086 tep.
- 4) 1 MWh = 2.200 termias, para la electricidad primaria.

Sobre las mismas se pueden considerar varios aspectos de tipo lógico, teórico y experimental.

Primero desde la perspectiva lógica. La "termia", empleada en las relaciones (1) y (2), cubre de hecho dos realidades completamente diferentes; en resumen, no expresa el mismo concepto. No se debe deducir, pues, la relación (3) de las dos igualdades precedentes: "su relación no es transitiva".

Tabla IV. Equivalencias en la industria. Ejemplos

Industria	Consumo global (1) Procesos combustibles	(2) Procesos eléctricos	Coefficiente de equivalencia (1)/(2)
Siderurgia (t): - Calefacción eléctrica por inducción - Calefacción eléctrica por conducción	- 1.300	300 -	1kWh = 4,3 termias -
Fundición(t) : - Horno eléctrico por inducción - Cubilote	- 1.655	650 -	1 kWh = 2,5 termias
Fusión de aluminio (t): - Horno eléctrico - Horno a combustibles	- 1.350	350 -	1 kWh = 3,9 termias -
Química. Destilac. agua mar: - Turbocompresor eléctrico - Procedimiento combustible	- 60	10 -	1 kWh = 6,0 termias

En efecto en (1) el término "termia" mide una energía química potencial contenida en el combustible antes de toda degradación, pérdida de rendimiento, antes de toda transformación verdadera para ponerla bajo forma "eficaz" o "útil".

En (2) el mismo término "termia" designa una energía casi eficaz o útil, sin casi ninguna otra transformación suplementaria para el consumidor.

Lo esencial de la transformación de la energía química en energía "eficaz", se opera en el caso de la electricidad, muy arriba de las cadenas, a un nivel centralizado (N2-N3). Mientras que esta misma transformación, necesaria para llegar al final de un servicio equivalente, se efectúa, en el caso de la cadena petrolífera, muy hacia abajo, a un nivel más descentralizado (N4-N5), en el interior mismo del uso final.

Existe así una diferencia profunda de naturaleza y de organización entre la cadena eléctrica y las cadenas combustibles, que creemos que ciertos sistemas no denotan de forma explícita y verdadera.

Segundo desde la visión teórica. Sin ponerlo de manifiesto, el sistema OCDE puede ocasionar la mezcla de lenguajes del primer y segundo principio de la termodinámica. Se sabe que el primer principio enuncia la equivalencia de las energías bajo ciertas condiciones estrictas. Todas las formas de energía química, potencial, cinética, mecánica, eléctrica, térmica, se transforman las unas en las otras según equivalencias que permiten su suma. Dicho de otra forma, nada se crea, nada se pierde, todo se transforma. Hemos de tener cuidado con la perspectiva de las pérdidas.

Pero el segundo principio de la termodinámica corrige, de alguna manera, la gran simplicidad del primero, introduciendo el "valor" de las energías. Bastan unas calorías a 100°C para permitirnos cocer un huevo; sin embargo la *US-Gulf Stream* y sus millones de calorías no bastarán allí jamás. Equivalentes en el sentido del primer principio, dos calorías accesibles, una a 100°C, la otra a 20°C, no lo son ya en el sentido del segundo, es decir, del teorema de Carnot, que tiene en cuenta esta vez la

"calidad", de la energía, concretamente su temperatura.

Por analogía económica, el primer principio nos llevará a decir que, una tonelada de oro "vale" 1 tonelada de plomo desde el punto de vista del peso. El segundo principio distingue "los precios" y podríamos afirmar no menos legítimamente que, una tonelada de oro vale 1.000 toneladas de plomo, desde el punto de vista de las rarezas económicas.

En resumen, no es equivalente más que por relación a un criterio de referencia: sea el peso, sea la calidad, sea la rareza, sea la eficacia energética. No hay que confundir el mundo de la química, el de la física teórica, el de la tecnología aplicada y el de la economía. No puede existir de todas maneras un solo sistema de equivalencia válido desde esos cuatro puntos de vista.

Cómo se debe medir entonces la energía al nivel de su utilización. Si pretendemos tomar la energía eficaz, a la salida de los usos (en N5), es preciso al menos aplicar a los combustibles el mismo trato que a la electricidad. Si se persiste en contar ésta a 1 kWh = 0,86 termias "eficaces", equivalencia física del efecto Joule, es preciso corregir paralelamente la estimación de los combustibles, para pasar de las energías químicas potenciales a las energías eficaces o finales.

Por ejemplo, el rendimiento medio de un motor de vehículo en carretera puede ser tan malo como el 15%. Simplificando, se podría decir entonces que una tonelada de gasolina libera 0,15 tep de energía eficaz y no un tep, como se menciona en los balances.

Por el contrario, por la fuerza motriz no se sabe, por falta de referencia, estimar la relación kWh ==> tep eficaz. Se ve que nos quedamos desprotegidos para construir tal contabilidad.

Podemos ahora bajar a la medi-

Tabla V. Comparación de equivalencias / métodos

	Combustibles	Electricidad	% Electricidad
<b>METODO A</b>			
Convención	Contados por su energía química en N4	Equivalencia calorífica teórica, todos sus usos N5	—
Equivalencia empleada	1 kg = 0,001 tep	1 kWh = 0,086 · 10 <sup>-3</sup> tep	—
Consumo total en Mtep	2.080	323 (3.755 TWh)	= 13,4 %
<b>METODO B</b>			
Convención	Contados por su energía química en N4	Equivalencia calor. Teórica, todos sus usos N5	—
Equivalencia empleada	1 kg = 0,001 tep	1 kWh = 0,222 · 10 <sup>-3</sup> tep	—
Consumo total en Mtep	2.080	833 (3.755 TWh)	= 28,6 %
Consumo Final Mtep eficaces	797	307	= 27,8%

Tabla VI. Demanda energía primaria, ktep, España, 1999

	ktep	%
Carbón	20.950	17,2
Petróleo	64.750	53,3
Gas natural	13.470	11,1
Nuclear	15.340	12,6
Hidráulica	2.190	1,8
Otras renovables	4.250	3,5
Saldo eléctrico	500	0,4
Total	121.450	100,0

Tabla VII. Demanda energía final, ktep, España, 1999

	ktep	%
Carbón	2.390	2,8
P. Petrolíferos	54.800	63,1
Gas	10.770	12,4
Electricidad (*)	15.220	17,5
Renovables	3.618	4,2
Total	86.798	100,0

(\*) La utilización de una equivalencia de 0,000222 kWh/tep nos daría para la producción eléctrica bruta de 175.322 GWh un valor más representativo de 38.850 ktep y un porcentaje superior al 30%, en vez del indicado que ha utilizado la equivalencia de 0,000086 kWh/tep.

da de la energía consumida en la entrada del uso (N4). El interés de este método es que los flujos en este nivel son el objeto de cambios mercantiles, así como estadísticos. Pero el obstáculo permanece al comparar cadenas no verdaderamente comparables, puesto que por un lado los combustibles se presentan en esta etapa aún bajo forma de energía química potencial, mientras que la electricidad, energía ya elaborada, es en ella misma una energía "casi eficaz", que no deberá ya sufrir más que un número muy restringido de transformaciones para adaptarse a las necesidades finales. Desde que se adicionan las dos formas de energía se crea una amalgama peligrosa. La manera con que, por ejemplo, la OCDE trata de rodear la dificultad, es imputando a la electricidad, para el conjunto de sus usos, un coeficiente teórico de eficacia calorífica (1 kWh = 0,86 termias), continuando asimilando para los combustibles su energía potencial, y energía eficaz, reforzando el error de partida y alejándose más de la verdad experimental o tecnológica.

Tercero el aspecto experimental. Por ejemplo, para aproximarnos a la realidad de estas equivalencias sobre un cierto número de casos precisos y limitados que permitan dar una idea ficticia de la relación electricidad + combustibles, de forma que la comparación no sea pura, ya que la noción de "servicios prestados", es también sólo aproximada. Se trata así de medir, más que equivalencias teóricas, equivalencias tecnológicas. En N4 contaremos de un lado los kWh consumidos y de otro las termias movilizadas en el proceso combustible correspondiente.

Así, por ejemplo, en ciertos países se ha tomado, una muestra de viviendas "todo eléctrico" que consumieron, para sus necesidades de calefacción, 10.000 kWh/vivienda. Por otro lado, el consumo medio para usos térmicos de otras viviendas se establece aproximadamente en 4 tep/año. La equivalencia práctica fue, por tanto, de 1 kWh, igual a 0,0004 tep para este uso residencial.

En la industria, según los sectores, se observan equivalencias prácticas entre 2 a 5 ó 6 termias con puntos de hasta 10 a 40 termias.

Estos resultados no deben sorprender si nos fijamos en la calidad muy particular de la electricidad para ciertos usos, que permite compensar el "handicap" del rendimiento de Carnot al que están sometidas las centrales.

En efecto, sustituir los combustibles por la electricidad, no es más que utilizar la electricidad como un combustible. La electricidad es, sin embargo, una energía, organizada, infinitamente divisible, que se puede poner en servicio instantáneamente. Así por ejemplo, podremos calentar objetos en su masa interna, calentar los fieles y no la catedral, se beneficia de una regulación espacial y temporal muy fina y precisa, fácilmente programable e interrumpible,

Tabla VIII. Demanda de energía eléctrica, GWh, España, 1999

	GWh	%
Hidráulica	24.173	13,8
Nuclear	58.852	33,6
Térmica convencional	92.297	
Carbón	75.792	43,2
Hulla+Antracita	38.182	
Lignito pardo	13.924	
Lignito negro	7.327	
Carbón de importación	12.882	
Gas natural	3.090	1,8
Fuelóleo	13.415	7,7
Producción bruta	175.322	100,0
Consumo gen/bom	-11.608	
Producción neta	163.714	
Régimen especial	24.648	
Intercambios internacionales (saldo)	5.719	
DEMANDA BRUTA	194.081	

Fuente: Miner y REE

Tabla IX. Algunos ejemplos de posibles confusiones en determinadas equivalencias

a) Dificultades en la equivalencia de balances energéticos si no se advierte de cada caso

Ejemplos:

- 1) Equivalencia entre el poder calorífico superior e inferior, para el caso del gas natural
  - La IEA suele emplear en el gas natural una de 0,917
  - Publicaciones del Plan energético nacional no lo distinguen y es 1,0
  - El Eurostat suele utilizar el valor de 0,90

- 2) Para el nivel de energía primaria del carbón y su valor, pci a pcs;
  - La IEA suele emplear un 10% menos para el pci
  - Publicaciones del Plan energético nacional se toma el pcs
  - El Eurostat suele utilizar el pci

- 3) Para la electricidad primaria equivalente de la hidro y la nuclear;
  - La IEA suele emplear un factor de 0,2233 redimto. 38%
  - Publicaciones del Plan energético nacional variaban según la media de cada año
  - El Eurostat la hidro a 0,086 tep/MWh y la nuclear a rendimientos de 32 a 34%

b) Italian Electricity Power Prices in US dolars  
(Fuente, World Gas Intelligence dec, 16, 2000), (175 ptas/\$)

Ejemplo: abril 2000	ptas/kWh				
Industry 1 mn kWh/yr - firm	c\$/kWh	6,65		11,63 ptas/kWh	11,63
(1)	\$/Mbtu	19,50	13,54 pta/te	0,86 te/kWh	11,63

(1) El efecto inicial podría ser que el BTU eléctrico es mucho más caro que el de gas, que todo el mundo sabe que oscila alrededor de 3 a 4 dólares/Mbtu (y no 19,5), al no tener en cuenta que se trata de energías diferentes, secundaria y primaria.

c) Natural Gas Conversión Factors. CERA (A3)

Ejemplo: La base de partida es que 1 m<sup>3</sup> gas = 0,038 GJ = 10,54 kWh = 9,08 termias sin advertir nada sobre el carácter diferente de cada unidad.

	GJ	termias	kWh
1 m <sup>3</sup> de gas equivale a (2)	0,038	9,08	10,54
Tipo normal de energía	primaria	Primaria	secundaria

(2) esto solo es cierto en parte pues depende del uso que se de a la energía.

d) Publicación oficial MIT, UK.

Ejemplo:	= 4 kWh <sub>e</sub>	(1)=a 3,9 pence/kWh	= 10 pta/kWh	η 1,0	= 40 ptas
1 m <sup>3</sup> gas	= 10 te	= 11 kWh <sub>t</sub>	(2)=a 0,65 pence/kWh	= 1,8 pta/kWh	η 0,5 = 40 ptas

Ejemplo de presentación de precios del MIT en el R. Unido, para, (1) a un cliente industrial eléctrico, (2) a un cliente industrial de gas. Los valores en negrita se reflejan tal como aparecen en la publicación oficial. Alguien puede intentar "vender" esa diferencia que en la realidad puede no existir.

sin entrar en sus usos exclusivos.

## 5. Balances

Aplicaremos un ejemplo al consumo total de energía (combustibles y electricidad) de una determinada organización, aplicando los dos métodos que venimos comentando.

La diferencia es bien patente entre ambos, según uno, el consumo bajo forma de energía eléctrica es del 13,4%, y según el otro es del 28,6%.

Finalmente, si se deseara pasar a las energías consumidas en el nivel de "utilización" en energía eficaz o útil, tendríamos, (a) la electricidad, afectada de un rendimiento de conversión del 95%, o sea, 323 x 0,95 = 307 Mtep, y (b) los combustibles, admitiendo por ejemplo, que un tercio se consume en el sector transporte con un rendimiento de un 15 % y el resto en otros sectores con un rendimiento medio de un 50%, sería, (1/3) 2.080 x 0,15 = 104 y (2/3) 2.080 x 0,50 = 693; total 797.

Obtendríamos entonces el resultado indicado, mucho más próximo al segundo método que al método A.

## 6. Otras implicaciones

Por último, dejando las cuestiones técnicas y pasando a las de tipo más estratégico nos encontramos con que el empleo de la equivalencia 1 kWh = 0,86 termias restringe artificialmente una parte del mercado en relación con la realidad, conduciendo a una considerable subestimación de la importancia y la eficacia del "vector" eléctrico". En este sentido, queda bien claro que en el futuro se observa una progresión rápida de capacidad de sustituir los combustibles por la electricidad, en sus empleos finales.

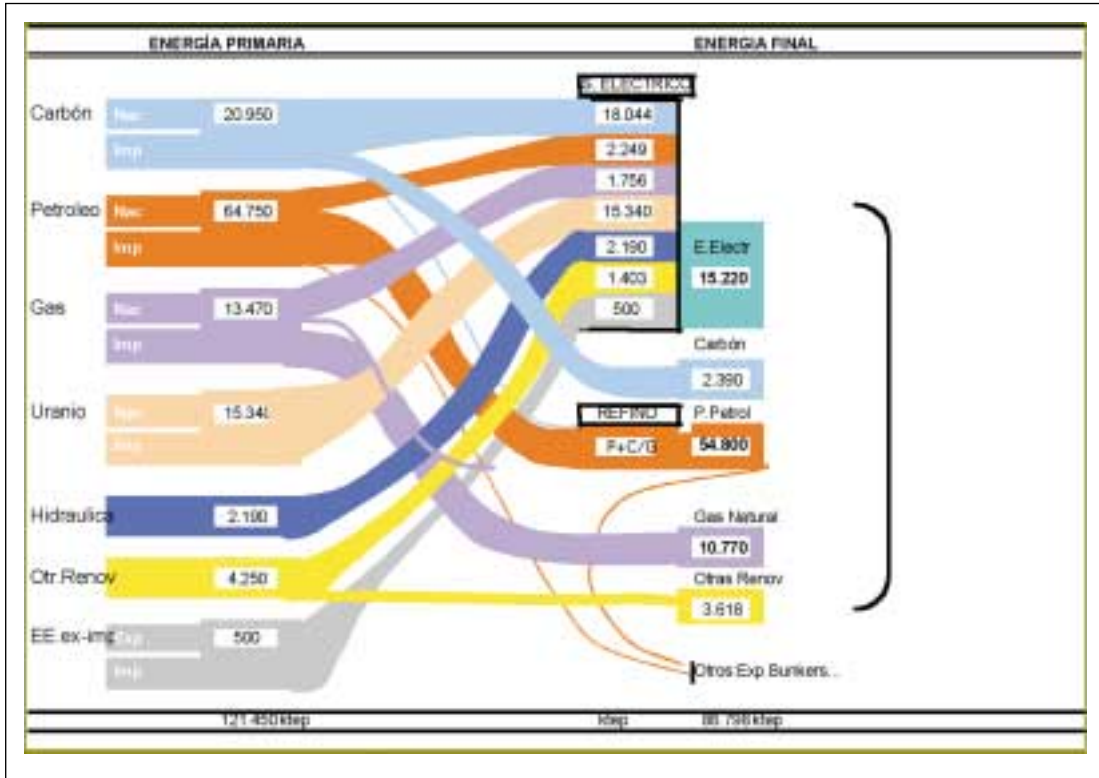


Figura 1. Balance de energía, España 1999.

Fuente: Miner y elaboración propia

Tabla X. Equiv. recomendadas por distintos organismos: coyuntura energética

Valores estimados	Coeficientes recomendados (por AIE)	
Carbón (tep/ton)	Prod. Petrolíferos: (tep/ton)	
Generación eléctrica -	Petróleo crudo 1,019	
- Hulla 0,5038	- G.L.P. 1,130	
- Antracita 0,4662	- Gasóleos 1,035	
- L. Negro 0,3006	- Fuelóleo 0,960	
- Hulla importada 0,5851	- Coque petróleo 0,740	
	Gas Natural (tep/Gcal psc) 0,090	
	Electricidad (tep/MWh) 0,086	
	Hidráulica (tep/MWh) 0,086	
	Nuclear (tep/MWh) 0,2606	

Tabla XI. Factores de conversión (CME)

1 Caloría (cal)	4,196 J
1 julio (J)	0,239 cal
1 ton petróleo equiv, p calorífico bajo	42 GJ = 1 tep
1 ton carbón equiv, ref, p. calorífico bajo	29,3 GJ = 1 tec
1 m³ de gas natural, p calorífico bajo	0,036 GJ
1 m³ de gas natural	8.600 kcal
1 ton uranio (react eléct, c, abierto)	8.000 tep
1 tep	10.034 Mcal
1 tec	7.000 Mcal

Fuente: Consejo Mundial Energía.

Tabla XII. Ratios empleados en la generación eléctrica con renovables

Año 1998	GWh	ktep	te/kWh	eficiencia
Hidro >10MW	30.753	2.645	0,860	100%
Minihidro	5.607	482	0,860	100%
Biomasa	1.139	169	1,484	58%
Residuos sólidos	586	247	4,215	20%
Eólica	1.437	124	0,860	100%
Fotovoltaica	4	1	2,500	34%
Total	39.526	3.668	-	-

Tabla XIII. Rendimiento de conversión energética

Proceso	Rendim, % aprox.	Conversión
Generador eléctrico	99%	Mecan/eléctrica
Motor eléctrico	95%	Eléctri/mecánica
Caldera vapor grande	88%	Química/térmica
Estufa a gas doméstica	85%	Química/térmica
Estufa doméstica a petróleo	66%	Química/térmica
Turbina vapor	49%	Térmica/mecánica
Motor diesel	39%	Quím/térmic/mecánica
Turbina gas industrial	33%	Quím/térmic/mecánica
Motor automóvil moderno	25%	Quím/térmic/mecánica
Motor automóvil gral	15%	Quím/térmic/mecánica
Célula solar	10%	Radiante/eléctrica

Pongamos el ejemplo del año 2010. Según las convenciones "método A" suponen que la electricidad ocupará entonces el 25% de la demanda final. Se concluirá que a los combustibles les competirá satisfacer el otro 75%. En cambio, con la otra convención, la electricidad representa, para una misma cantidad de kWh, el 55% de la demanda y los combustibles se reducen al 45%.

En este segundo caso la capacidad de sustitución de la electricidad es correctamente apreciada. No hay ninguna razón para

habituarse a retener la equivalencia de  $1 \text{ kWh} = 0,86$  termias en la utilización, pues descansa sobre una confusión entre equivalencia teórica y equivalencia tecnológica.

Por el contrario, el coeficiente  $1 \text{ kWh} = 2,2$  termias (o el que sea según el progreso técnico) en honor a la simplicidad, es más representativo y, las consecuencias de elegir un sistema u otro, son reales, y pueden influir en las estrategias energéticas.

Por todo lo indicado es prudente, como mínimo, realizar todo

tipo de advertencias sobre el método utilizado y las razones de la selección de equivalencias energéticas realizada.

