

# ÍNDICE

<i>Prólogo</i> .....	15
----------------------	----

## UNIDAD DIDÁCTICA I FUNDAMENTOS DE LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS

<i>Capítulo 1. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL CONTEXTO ENERGÉTICO ACTUAL</i> .....	25
-----------------------------------------------------------------------------------------------	----

1. Objetivos .....	27
2. Introducción .....	28
3. Panorama energético mundial .....	29
4. Generación de energía eléctrica .....	47
5. Repercusión medioambiental en la producción de energía eléctrica .....	54
6. Sector eléctrico en España .....	62
7. Resumen .....	72
8. Bibliografía .....	74

<i>Capítulo 2. FUNDAMENTOS TERMODINÁMICOS DE LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS DE CICLO SIMPLE CON TURBINA DE VAPOR (I)</i> .....	77
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

1. Objetivos .....	79
2. Introducción .....	79
3. Ciclo de Carnot .....	80
4. Ciclo de Rankine .....	83
4.1. Ciclo de Rankine con sobrecalentamiento del vapor .....	87
5. Influencia de las condiciones terminales del vapor sobre el rendimiento térmico del ciclo .....	93
5.1. Presión en el condensador .....	93
5.2. Presión inicial del vapor vivo .....	96
5.3. Temperatura inicial del vapor vivo .....	99
6. Ciclo real de Rankine: irreversibilidades .....	102

7. Resumen .....	104
8. Bibliografía.....	106

**Capítulo 3. FUNDAMENTOS TERMODINÁMICOS DE LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS DE CICLO SIMPLE CON TURBINA DE VAPOR (II)**..... 109

1. Objetivos .....	111
2. Introducción .....	112
3. Ciclo de Rankine con recalentamiento intermedio del vapor .....	113
4. Ciclo de Rankine con calentamiento regenerativo del agua de alimentación .....	125
5. Esquemas del calentamiento regenerativo del agua de alimentación .....	138
5.1. Calentamiento regenerativo del agua de alimentación con calentadores de contacto directo o de mezcla.....	138
5.2. Calentamiento regenerativo del agua de alimentación con calentadores superficiales.....	143
6. Distribución del calentamiento regenerativo del agua de alimentación .....	155
7. Resumen .....	161
8. Bibliografía.....	164

**Capítulo 4. FUNDAMENTOS TERMODINÁMICOS DE LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS DE CICLO COMBINADO**..... 167

1. Objetivos .....	169
2. Introducción .....	170
3. Rendimiento de un ciclo combinado .....	171
4. Tipos de ciclos combinados. Parámetros principales .....	176
4.1. Ciclo combinado con un nivel de presión.....	177
4.2. Ciclo combinado con dos niveles de presión.....	187
4.3. Ciclo combinado con tres niveles de presión .....	193
4.4. Ciclo combinado con recalentamiento intermedio del vapor .	197
4.5. Ciclo combinado con tres niveles de presión y recalentamiento intermedio del vapor.....	198
4.6. Ciclo combinado con post-combustión .....	199
5. Resumen .....	201
6. Bibliografía.....	202

<b>Capítulo 5. ESQUEMAS TECNOLÓGICOS DE LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS ACTUALES. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO .....</b>	<b>203</b>
1. Objetivos .....	205
2. Introducción .....	206
3. Clasificación de las centrales de producción de energía eléctrica ..	207
4. Parámetros de funcionamiento del parque generador .....	215
5. Esquema tecnológico de las centrales de ciclo simple con turbina de vapor. Características principales de las centrales de ciclo simple de vapor.....	220
6. Esquemas tecnológicos de las centrales de ciclo combinado. Características principales de las centrales de ciclo combinado.....	233
7. Resumen .....	242
8. Bibliografía.....	244
 <b>Capítulo 6. BALANCE TÉRMICO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA ..</b>	<b>247</b>
1. Objetivos .....	249
2. Introducción .....	250
3. Balance térmico de una central termoeléctrica.....	250
4. Metodología del cálculo del balance térmico de una central termoeléctrica .....	260
5. Resumen .....	283
6. Bibliografía.....	284
 <b>UNIDAD DIDÁCTICA II</b> <b>CENTRALES TERMOELÉCTRICAS DE CICLO SIMPLE CON TURBINA DE VAPOR</b>	
 <b>Capítulo 7. SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR.....</b>	<b>289</b>
1. Objetivos .....	291
2. Introducción .....	292
3. Generalidades sobre los generadores de vapor de las centrales termoeléctricas .....	295
4. Sistema de combustión.....	300
4.1. Combustibles.....	300
4.2. Tratamiento del combustible .....	308
4.3. Quemadores.....	317

4.4. Cámaras de combustión .....	323
5. Sistema aire-gases .....	328
6. Sistema agua-vapor.....	333
6.1. Economizadores.....	337
6.2. Calderín .....	340
6.3. Haces vaporizadores .....	342
6.4. Sobrecalentadores y recalentadores.....	343
7. Otros componentes del generador de vapor .....	349
8. Sistema de extracción de cenizas y escorias.....	352
9. Rendimiento de un generador de vapor .....	360
10. Regulación de la temperatura del vapor .....	364
11. Resumen .....	366
12. Bibliografía.....	368
<b>Capítulo 8. TURBINAS DE VAPOR Y AUXILIARES .....</b>	<b>371</b>
1. Objetivos .....	373
2. Introducción .....	374
3. Turbinas de vapor: tipos y funcionamiento.....	376
4. Configuraciones de las turbinas de vapor de las instalaciones de producción de energía eléctrica.....	383
5. Componentes estructurales .....	396
6. Sistemas de vapor y drenajes de la turbina .....	423
7. Equipos asociados a la turbina de vapor .....	435
8. Sistemas auxiliares.....	437
9. Características de funcionamiento de una turbina de vapor en una instalación de producción de energía eléctrica .....	439
10. Dispositivos de protección y seguridad de la turbina .....	450
11. Resumen .....	453
12. Bibliografía.....	457
<b>Capítulo 9. SISTEMA DE AGUA CONDENSADA Y DE AGUA DE     ALIMENTACIÓN .....</b>	<b>459</b>
1. Objetivos .....	461
2. Introducción .....	462
3. Condensador.....	464
4. Eyectores .....	469
5. Calentadores superficiales regenerativos.....	470

6. Desgasificador .....	480
7. Configuración y elementos de control del sistema de agua condensada y de agua de alimentación.....	483
8. Bombas principales en una central termoeléctrica.....	492
8.1. Bomba de agua de alimentación .....	493
8.2. Bomba de agua condensada.....	495
8.3. Bomba de circulación .....	497
9. Resumen .....	497
10. Bibliografía.....	499
<i>Capítulo 10. PRINCIPALES SISTEMAS AUXILIARES.....</i>	<i>501</i>
1. Objetivos .....	503
2. Introducción .....	503
3. Sistema de aceite.....	504
4. Sistema de aire comprimido .....	505
5. Sistema de tratamiento del agua.....	506
5.1. Incrustaciones .....	508
5.2. Corrosión .....	508
5.3. Arrastres y formación de espumas.....	509
5.4. Fracturas intercristalinas.....	509
6. Sistema de agua de circulación.....	511
6.1. Torres de refrigeración .....	515
7. Resumen .....	519
8. Bibliografía.....	520
<i>Capítulo 11. PRINCIPALES SISTEMAS DE CONTROL EN UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA BASADA EN UN CICLO DE RANKINE.....</i>	<i>521</i>
1. Objetivos .....	523
2. Introducción .....	524
3. Control del proceso de combustión .....	527
4. Control de la demanda de potencia .....	530
4.1. Regulación cualitativa o por estrangulación o a presión constante.....	530
4.2. Regulación cuantitativa o por admisión parcial .....	535
4.3. Regulación con presión deslizante.....	537
5. Control de la velocidad de giro de la turbina .....	539
5.1. Regulador de velocidad.....	545

6. Control de la temperatura del vapor .....	557
7. Control del agua de alimentación .....	560
8. Control de la recirculación de las bombas de agua de alimentación .....	561
9. Control del condensado y de los drenajes de los calentadores .....	562
9.1. Control del nivel de los calentadores .....	562
9.2. Control del nivel del desgasificador y del condensador .....	563
10. Control del bypass de los cuerpos de alta y baja presión de la turbina.....	566
11. Resumen .....	569
12. Bibliografía.....	573

**UNIDAD DIDÁCTICA III**  
**CENTRALES TERMOELÉCTRICAS DE CICLO COMBINADO**

<i>Capítulo 12. CALDERAS DE RECUPERACIÓN</i> .....	577
1. Objetivos .....	579
2. Introducción .....	580
3. Clasificación de las calderas de recuperación .....	581
4. Descripción de las calderas de recuperación.....	586
5. Quemadores y chimeneas .....	592
6. Parámetros de diseño y rendimiento .....	593
7. Diferencias entre las calderas convencionales y las calderas de recuperación .....	603
8. Resumen .....	604
9. Bibliografía.....	606
 <i>Capítulo 13. TURBINA DE GAS Y TURBINA DE VAPOR</i> .....	 609
1. Objetivos .....	611
2. Introducción .....	612
3. Generalidades sobre las instalaciones de turbinas de gas .....	613
4. Compresores .....	616
5. Cámaras de combustión .....	621
6. Turbina de gas .....	625
7. Mantenimiento de las turbinas de gas .....	628
8. Características usuales de los componentes de las turbinas de gas de los ciclos combinados.....	633

9. Turbinas de vapor .....	634
10. Resumen .....	640
11. Bibliografía.....	642

**Capítulo 14. SISTEMAS DE CONTROL DE UNA CENTRAL DE CICLO COMBINADO .....**

<b>1. Objetivos .....</b>	<b>647</b>
<b>2. Introducción .....</b>	<b>648</b>
<b>3. Control de potencia en un ciclo combinado.....</b>	<b>649</b>
<b>4. Controles vinculados al ciclo de vapor de un ciclo combinado.....</b>	<b>656</b>
<b>5. Influencia de los parámetros de diseño sobre el funcionamiento de la instalación.....</b>	<b>661</b>
<b>6. Procedimientos de operación .....</b>	<b>666</b>
<b>7. Resumen .....</b>	<b>671</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>674</b>

UNIDAD DIDÁCTICA IV

CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

**Capítulo 15. CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....**

<b>1. Objetivos .....</b>	<b>679</b>
<b>2. Introducción .....</b>	<b>681</b>
<b>3. Elementos contaminantes producidos en la generación de energía eléctrica.....</b>	<b>683</b>
<b>4. Normativa medioambiental.....</b>	<b>685</b>
<b>5. Reducción de las emisiones de productos contaminantes en las centrales termoeléctricas de ciclo combinado.....</b>	<b>691</b>
<b>6. Reducción de las emisiones de productos contaminantes en las centrales termoeléctricas de ciclo simple.....</b>	<b>701</b>
<b>6.1. Tratamiento antes del proceso de combustión .....</b>	<b>705</b>
<b>6.2. Tratamiento durante el proceso de combustión .....</b>	<b>708</b>
<b>6.3. Tratamiento después del proceso de combustión .....</b>	<b>711</b>
<b>7. Nuevas tecnologías en el uso limpio del carbón en la generación de energía eléctrica .....</b>	<b>714</b>
<b>7.1. Combustión en lecho fluido.....</b>	<b>715</b>

7.2. Gasificación del carbón integrada en un ciclo combinado .....	729
7.3. Captura y almacenamiento de CO <sub>2</sub> .....	734
8. Resumen .....	739
9. Bibliografía.....	742
<i>Anexo.</i> <b>CENTRALES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>ESPAÑOLAS</b> .....	747
<i>Bibliografía</i> .....	759



CAPÍTULO 1  
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
EN EL CONTEXTO ENERGÉTICO ACTUAL

## 1. OBJETIVOS

- Conocer la aportación de las diferentes fuentes de energía primaria en la producción mundial de energía primaria. Conocer las implicaciones y repercusiones de la situación energética actual.
- Conocer la aportación de las diferentes fuentes de energía en la producción mundial de energía final, así como, el consumo que realizan los diferentes grupos de consumidores de energía de las sociedades actuales.
- Entender que la *energía eléctrica* es energía final, conocer su aportación en la producción de energía final, y conocer el consumo de energía primaria para su producción.
- Identificar las fuentes de energía primaria que se consumen en la producción de energía eléctrica, así como la aportación de cada una de ellas.
- Conocer las tecnologías de los diferentes tipos de *centrales de producción de energía eléctrica*, y saber relacionarlas con las fuentes de energía primaria que se consume en cada tipo de central. Conocer la aportación de las diferentes tecnologías en la producción mundial de energía eléctrica.
- Conocer el consumo de energía eléctrica de los diferentes sectores de la sociedad.
- Conocer las perspectivas a medio plazo y a nivel mundial del Sector Eléctrico.
- Conocer el *Sector Eléctrico Español*: producción anual de energía eléctrica, consumo de cada fuente de energía primaria, aportación de cada tipo de central, potencia total instalada (MW) para cubrir la

demanda de energía eléctrica, potencia instalada de cada una de las tecnologías y de cada una de las fuentes de energía primaria, repercusión medioambiental de la producción de energía eléctrica.

## 2. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de este capítulo es poner de manifiesto el peso específico de la energía eléctrica en el panorama energético mundial y también en el español, ubicando a la energía eléctrica en el conjunto de las fuentes de energía. También se ha de conocer el aporte de cada una de las fuentes de energía primaria en la producción de electricidad a nivel mundial y nacional, señalando las tecnologías desarrolladas para ello y su vinculación con dichas fuentes. Esto permite entender el hecho de que estas unidades didácticas estén centradas en el estudio de las *centrales termoeléctricas de ciclo simple con turbina de vapor*, consumidoras de combustible fósil y nuclear, y de las *centrales termoeléctricas de ciclo combinado*.

En el apartado 3 se incluye datos e información vinculada a la situación energética a nivel *mundial*, proporcionando los consumos de energía primaria y de energía final, así como la contribución de todas y cada una de las fuentes de energía primaria. Con ello se mostrará la contribución de la energía eléctrica en el consumo de energía final y quedará patente el papel que realmente desempeña a nivel mundial. El apartado 4 detalla los tipos de tecnologías existentes para producir energía eléctrica, es decir, los diferentes tipos de *centrales eléctricas* que se utilizan hoy en día, y las fuentes de energía primaria utilizadas, facilitando datos que permiten conocer la aportación de todas y cada una de las tecnologías y de las fuentes de energía en la producción mundial de electricidad. Para terminar de dar una visión global sobre la producción de energía en general, y sobre la producción de energía eléctrica en particular, en el apartado 5 se especificarán los principales inconvenientes medioambientales que ocasionan ambas actividades. El apartado 6 se da a conocer la estructura del *sector eléctrico español*.

Se recomienda al estudiante que consulte la bibliografía referenciada en este capítulo, ya que se especifican las fuentes bibliográficas que el

alumno puede consultar para mantener los datos de este capítulo actualizados, y también se especifican aquellas fuentes bibliográficas que se consideraran más interesantes como complemento del contenido de este capítulo.

### 3. PANORAMA ENERGÉTICO MUNDIAL

#### Energía primaria

En el año 2007, el consumo mundial de energía primaria fue de 12.029 Mtep<sup>1</sup>. En la figura 1 se ha representado la contribución de las diferentes fuentes de energía. Con los datos que se recogen en dicha figura se extraen dos conclusiones inmediatas e importantes. La primera, que las necesidades energéticas a nivel mundial son muy elevadas, y la segunda, que el 80 % de la energía que consumimos la proporcionan los combustibles fósiles. Se debe señalar que en 1948 el consumo energético fue de 1.700 Mtep, en casi 60 años, el consumo se ha multiplicado por un factor de 6,9. En este mismo período de tiempo, la hegemonía de los combustibles fósiles y la situación de cada uno de ellos se mantiene, sin que se vislumbre ningún cambio en los próximos 30 años.

En la tabla 1 se presentan los valores de varios indicadores energéticos, económicos y medioambientales de los diferentes grupos de países del Mundo, siendo dichos indicadores los que utilizan los principales organismos internacionales en los estudios vinculados a temas energéticos y económicos. Como indicador de la situación económica de un país se proporciona el *Producto Interior Bruto (PIB)*. Cuanto mayor sea, mejor es la situación económica del país o de la región, y mayor será su consumo energético debido a un alto desarrollo industrial y a un alto nivel de vida. El indicador de la columna séptima, *Consumo/PIB*, se denomina *Intensidad Energética*, es un indicador de gran importancia a la hora de realizar previsiones energéticas a largo plazo, debido a la influencia que ejerce la situación económica de un país sobre el consumo de energía.

---

<sup>1</sup> tep: tonelada equivalente de petróleo

1 tep = 42.10<sup>6</sup> kJ

1 tep = 0,16.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> de gas natural

Indica la energía consumida por unidad de riqueza producida, por lo tanto conviene que sea lo más bajo posible. Este indicador, junto con el *Consumo Energético per Cápita* (tep/capita), indicador de la columna cuarta, permiten interpretar el grado de penetración de la tecnología en la sociedad.

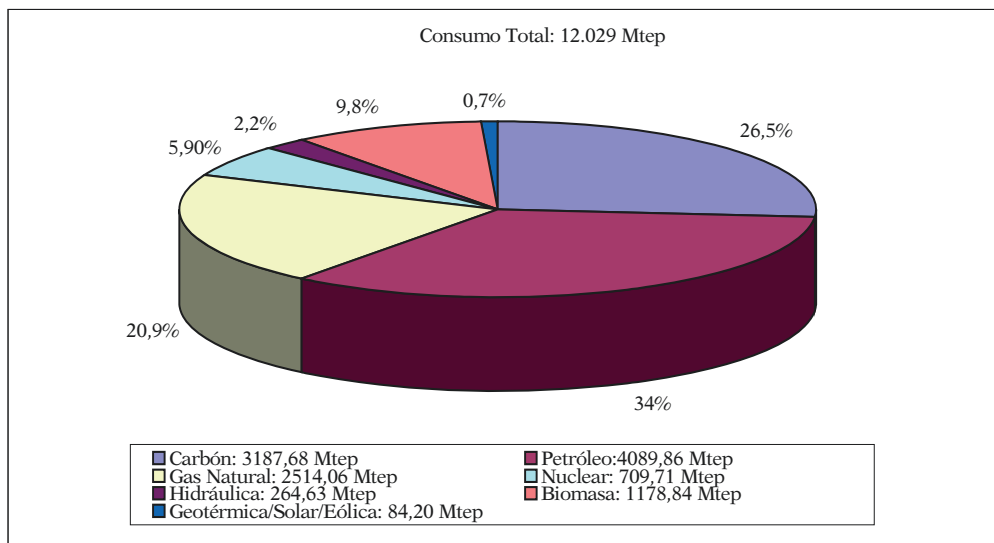


Figura 1. Consumo mundial de energía primaria en 2007.

A la vista de los datos recogidos en dicha tabla se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- El 18,4 % de la población mundial habita en países desarrollados y consume el 51 % de la energía mundial. El 73 % de la población vive en países en vías de desarrollo y consume el 38 % de la energía mundial. Una minoría consume más de la mitad de la energía consumida anualmente en el mundo. Esto quiere decir que la mayoría de las conclusiones que se puedan obtener al analizar los datos de la figura 1, realmente procederán del patrón de consumo energético de los países desarrollados, los países de la OCDE, que son los que más consumen.
- Los países con mayor consumo energético y con mayor PIB son los

países con mayor consumo per capita y menor intensidad energética. Son los países de la OCDE, países desarrollados con *economías de mercado maduras*, con un alto grado de penetración de la tecnología en la sociedad y con un alto nivel de vida. Su situación económica les permite reemplazar sistemas y dispositivos antiguos por nuevos, de mayor eficiencia, menor consumo y menos contaminantes. Por el alto consumo energético, estos países son los que más contaminan en términos absolutos. En contraste con éstos se encuentran los países en vías de desarrollo o con *economías emergentes*, países de Asia, África o América Latina. No disponen de la tecnología más adecuada, ni de la más eficiente y menos contaminante, y su situación económica sólo les permite el uso de la que en cada momento les es más asequible. Son países con bajo consumo per capita, alta intensidad energética y altas emisiones por unidad de energía consumida. China o India son dos ejemplos de países que se ajustan muy bien a todo lo comentado. Finalmente, hay que hacer mención a otros países, que con un desarrollo tecnológico e industrial considerable, han atravesado crisis económicas que les han avocado al uso de lo más económico como criterio de elección, países con *economías de transición*, con consumo energético per capita relativamente alto e intensidad energética también alta. Son los países del antiguo bloque soviético.

- De los datos recogidos en la tabla se deduce que las necesidades energéticas de una persona en un país desarrollado son *seis veces* mayores que las de una persona en un país en vías de desarrollo.
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> están ligadas al consumo de los combustibles fósiles mediante un proceso de combustión. En términos absolutos, los países desarrollados son los que mas CO<sub>2</sub> emiten, aunque no los que mas CO<sub>2</sub> emiten por unidad de energía consumida, ni por unidad de riqueza creada. Son los países en vías de desarrollo los que, al no tener una economía fuerte, no adquirieron la tecnología más eficiente y respetuosa con el medioambiente, ya que es la más cara, consumiendo en proporción más energía primaria y contaminando más que los países que sí pueden desarrollarla o adquirirla.

Tabla 1. Indicadores energéticos, económicos y medioambientales en el año 2005.

Región	Población (Millones)	Consumo Energía (Mtep)	PIB (10 <sup>12</sup> \$- 2000)	Emissiones (Mt CO <sub>2</sub> )	Consumo/ Población (tep/Capita)	Consumo/PIB (tep/10 <sup>3</sup> \$- 2000)	CO <sub>2</sub> /Consumo (t CO <sub>2</sub> /tep)	CO <sub>2</sub> /Población (t CO <sub>2</sub> /Capita)	CO <sub>2</sub> /PIB (t CO <sub>2</sub> /10 <sup>3</sup> \$- 2000)
<b>MUNDO</b>	6.431,0	11.433,9	36.281,5	27.136,3	1,8	0,3	2,3	4,2	0,7
<b>OCDE</b>	1.171,0	5.547,6	28.394,2	12.909,7	4,7	0,2	2,3	11,0	0,4
<b>OCDE Europa</b>	536,0	1.875,7	9.775,3	4.080,0	3,5	0,2	2,2	7,6	0,4
<b>EEUU</b>	296,0	2.340,2	10.995,8	5.816,9	7,9	0,2	2,5	19,6	0,5
<b>ORIENTE MEDIO</b>	187,0	503,3	786,5	1.238,09	2,7	0,6	2,4	6,6	1,6
<b>Ex-URSS</b>	285,0	980,1	525,4	2.302,5	3,4	1,8	2,3	8,1	4,4
<b>No-OCDE Europa</b>	54,0	105,0	152,0	262,6	1,9	0,7	2,5	4,8	1,7
<b>China</b>	1.304,0	1.717,1	1.889,9	5.059,8	1,3	0,9	3,0	3,9	0,6
<b>ASIA</b>	2.079,0	1.286,0	1.973,7	2.590,9	0,6	0,6	2,0	1,2	1,3
<b>LATINO AMÉRICA</b>	449,0	500,4	1.620,3	937,6	1,1	0,3	1,8	2,1	0,6
<b>ÁFRICA</b>	893,0	605,3	731,4	834,0	0,7	0,8	1,4	0,9	1,1

En la tabla 2 se recoge la contribución de las diferentes fuentes de energía primaria en las mismas regiones reflejadas en la tabla 1 correspondiente al año 2007.

El consumo de *combustibles fósiles* es muy importante en cada una de las regiones consideradas. En los países desarrollados, el peso específico de cada uno de los combustibles fósiles y del conjunto es muy semejante al que tienen a nivel mundial. Los combustibles fósiles aportan el 82 % de la energía que consumen anualmente los países desarrollados. En general, son países que no disponen de estos combustibles, pero sus economías son lo suficientemente fuertes como para poder adquirirlos, y esto hace que sean importadores netos de combustibles fósiles y de energía. La situación de estos combustibles en las otras regiones depende notablemente de si disponen o no de yacimientos. En general, la disponibilidad de alguno de los tres combustibles fósiles en un país o región da lugar a un consumo alto del mismo, por ser la fuente de energía que le resulta más económica y fácil de utilizar. Tal es el caso de China e India con el carbón. Este combustible les aporta el 65,6 % y el 40,8 % de la energía consumida, respectivamente. En Oriente Medio, el petróleo y el gas natural aportan el 97,4 % de la energía total que consumen. En la Federación Rusa, el gas natural aporta el 54,3 % del total de la energía que consumen.

Este protagonismo de los combustibles fósiles se debe principalmente al conjunto de circunstancias que se indican a continuación: unos u otros son asequibles en todo el mundo; el hombre ha aprendido muy bien a utilizarlos y tiene mucha experiencia en utilizarlos con una eficiencia muy alta, suministrando toda la energía que se necesita; son fáciles de transportar; proporcionan una gran cantidad de energía y el oxígeno que se necesita en la combustión se encuentra en el aire.

En cuanto a la *biomasa*, la cuarta fuente de energía primaria a nivel mundial, tiene un consumo muy desigual a nivel regional, al igual que ocurre con el consumo de energía, aunque, en este caso, los países más pobres son los que mayor consumo hacen de ella. En África y Asia, la biomasa es la fuente de energía primaria con mayor contribución, pudiendo llegar a aportar entre el 80 % y el 90 % de la energía total que consumen los países más pobres de estos continentes. Utilizan la biomasa porque es la fuente de energía que disponen. Las técnicas que utilizan para

su explotación son muy rudimentarias y de una eficiencia muy baja, ya que no tienen, y no pueden adquirir, la tecnología limpia y eficiente para su uso. Por el contrario, en los países desarrollados, la biomasa apenas supone el 4 % del consumo total. Sin embargo, por motivos medioambientales y por interés en disminuir la dependencia energética del exterior, los países industrializados están fomentando su uso.

En cuanto a la energía nuclear, su principal y única aplicación energética es la generación de energía eléctrica. En los países en vías de desarrollo su contribución es muy baja, no superior al 1,2 %, apenas siendo utilizada en media docena de países como China, India, Pakistán, Corea del Sur, Taiwán, Argentina y Brasil. En los países desarrollados, la contribución media de esta fuente es casi del 11 %. Aunque, el uso de la energía nuclear ha experimentado un aumento muy importante pasando de los 49 Mtep en 1973 a 709,71 Mtep en 2007, la realidad es que no se han alcanzado las previsiones anunciadas por los planificadores energéticos a principios de los ochenta. La tecnología nuclear es complicada y cara, lo que supone una primera limitación para su uso, pero además, es una fuente de energía controvertida por varios motivos. Uno de ellos está vinculado al hecho de no disponer aún de una solución firme y definitiva al tratamiento de los residuos radiactivos que se obtienen en las centrales nucleares. Otro de ellos se debe al riesgo de proliferación de armas nucleares. Y un tercero, al miedo de las poblaciones a escapes radioactivos en las instalaciones actualmente en funcionamiento, como consecuencia de los accidentes de “Three Mile Island” (1983) y “Chernóbil” (1986). Todo ello contribuye a que sólo en pocos países se pueda apostar abiertamente por esta fuente de energía, como es el caso de Francia, por ejemplo, donde ocupa el primer lugar como fuente de energía primaria en el consumo total de energía primaria con una aportación del 42,7 % sobre el total. En general, en la mayoría de los países industrializados se es muy cauto al tomar decisiones sobre el uso de esta fuente de energía. El encarecimiento de los combustibles fósiles y el cumplimiento del Protocolo de Kyoto, probablemente, contribuyan a la mejora de las perspectivas futuras de esta fuente de energía.