



**UNIVERSIDAD DE LEÓN**

**MASTER UNIVERSITARIO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**TRABAJO FIN DE MASTER**

# **ENERGÍAS RENOVABLES Y MIX ENERGÉTICO**

por

*D. Marcos Álvarez Díez*

**Directores**

*Dr. Luis Fernando Calvo Prieto*

*Dra. Ana Isabel García Pérez*

**León, septiembre de 2008**

---



**UNIVERSIDAD DE LEÓN**

**MASTER UNIVERSITARIO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**TRABAJO FIN DE MASTER**

# **ENERGÍAS RENOVABLES Y MIX ENERGÉTICO**

por

*D. Marcos Álvarez Díez*

<b>Directores</b>	<b>Vº Bº</b>
<i>Dr. Luis Fernando Calvo Prieto</i>	
<i>Dra. Ana Isabel García Pérez</i>	

**León, septiembre de 2008**

---



A Mónica, Rodrigo y Celia.

Ellos ya saben por qué.

### **Objeto del presente trabajo**

*Energías Renovables y Mix Energético* pretende exponer de forma clara y concisa la composición del mix energético español, comparándolo con el de algunos de los países de la Unión Europea, y valorar la repercusión de las Energías Renovables en la composición final de la Energía.

Con este trabajo se pretende cumplir con los requisitos establecidos por el *REAL DECRETO 56/2005, de 21 de enero, por el que se regulan los estudios universitarios oficiales de Posgrado* y el *REAL DECRETO 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales*, para completar la carga lectiva del Máster en Energías Renovables de la Universidad de León autorizado por la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León mediante *ACUERDO 15/2006, de 9 de febrero, de la Junta de Castilla y León, por el que se autoriza la implantación de Programas Oficiales de Posgrado conducentes a la obtención de Títulos Oficiales de Máster en las Universidades de Burgos, León, Salamanca y Valladolid*, por el que se aprueba el Programa Oficial de Posgrado en Energías Renovables conducente al título oficial de Máster en Energías Renovables.

**Autor**

Marcos Álvarez Díez, Ingeniero Técnico Industrial por la Universidad de León, Master en Prevención de Riesgos Laborales por la Universidad Politécnica de Cataluña-FPC, ha desarrollado su labor profesional en los sectores de las instalaciones para la edificación en empresas como Schindler, S.A. o ALSON Sistemas de Seguridad, S.L., en el sector de la Seguridad y Salud con AMEPRO-INCOSA UTE o en el mundo de la ingeniería civil y ambiental en Sufi, S.A.

Actualmente como profesional independiente trabaja en el ámbito de la ingeniería, la asistencia técnica en materia de prevención de riesgos laborales y la formación ocupacional. Consejero Delegado de NORINSOL Instalaciones, S.L. dedicada al desarrollo instalaciones de energías renovables, es Profesor Asociado de la Universidad de León, en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Sistemas y Automática desde el año 2006.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. HACIA UN NUEVO MODELO ENERGÉTICO. UNA OPORTUNIDAD PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES.	8
1.2. APLICACIONES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	11
1.3. ENERGÍAS RENOVABLES EN LA U.E.	13
2. ENERGÍA.	15
2.1. ENERGÍAS LIMPIAS	16
2.2. ENERGÍAS RENOVABLES	17
3. ENERGÍA Y PLANIFICACIÓN.	18
3.1. PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES 2005-2010	19
3.2. ASPECTOS RELEVANTES DE LA PLANIFICACIÓN.	20
3.3. PREVISIONES DE GENERACIÓN EN RÉGIMEN ORDINARIO	22
4. MERCADO ENERGÉTICO. MERCADO ELÉCTRICO.	30
4.1. MERCADO ENERGÉTICO ESPAÑOL	30
4.1.1. PETRÓLEO.	31
4.1.2. GAS	31
4.1.3. CARBÓN	32
4.1.4. ELECTRICIDAD	32
4.2. MERCADO ELÉCTRICO ESPAÑOL.	33
4.3. BENEFICIOS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.	36
5. GENERACIÓN DISTRIBUIDA. TECNOLOGÍAS RENOVABLES.	40
5.1. INTRODUCCIÓN.	40
5.2. GENERACIÓN DISTRIBUIDA. ¿QUÉ ES?	41
5.3. TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN	42
5.3.1. COGENERACIÓN	42
5.3.2. MOTOR ALTERNATIVO	43
5.3.3. TURBINA DE GAS	44
5.3.4. MINIHIDRÁULICA	45
5.3.5. ENERGÍA EÓLICA	49
5.3.6. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA	52

---

5.3.7.	ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA	55
5.3.8.	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.	59
5.3.9.	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.	61
5.3.10.	BIOMASA	62
6.	LA ENERGÍA EN ESPAÑA	66
6.1.	SITUACIÓN GEOPOLÍTICA INTERNACIONAL.	66
6.2.	NUEVA POLÍTICA ENERGÉTICA EUROPEA.	68
6.2.1.	NECESIDAD DE UNA NUEVA POLÍTICA ENERGÉTICA.	68
6.2.2.	ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO.	69
6.2.3.	SEGURIDAD DE SUMINISTRO.	69
6.2.4.	COMPETITIVIDAD ECONÓMICA DE LA UNIÓN EUROPEA.	70
6.2.5.	NUEVA POLÍTICA ENERGÉTICA. NUEVOS OBJETIVOS.	70
6.2.6.	HACIA UNA NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.	70
6.2.7.	NUEVO MERCADO INTERIOR DE LA ENERGÍA.	70
6.2.8.	MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.	71
6.2.9.	INCREMENTO DEL USO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.	71
6.2.10.	DESARROLLO TECNOLÓGICO Y SOLIDARIDAD ENERGÉTICA.	71
6.3.	SITUACIÓN EN ESPAÑA.	72
6.3.1.	DEMANDA DE ENERGÍA FINAL.	72
6.3.2.	DEMANDA DE ENERGÍA PRIMARIA	74
6.3.3.	GRADO DE AUTOABASTECIMIENTO	76
6.4.	LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN 2007.	77
6.5.	ENERGÍA EN EUROPA	81
7.	CONCLUSIONES	86
8.	ÍNDICE DE FIGURAS	92
9.	ÍNDICE DE TABLAS	94
10.	BIBLIOGRAFÍA	95



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. HACIA UN NUEVO MODELO ENERGÉTICO. UNA OPORTUNIDAD PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES.

Según *Andris Piebalgs*, Comisario Europeo de Energía, la energía es la fuerza impulsora de nuestra sociedad. Actualmente el llamado cambio climático, la ultradependencia de los productos derivados del petróleo y otros combustibles fósiles junto con el aumento progresivo de los costes está demandando un replanteamiento de la manera en que producimos y consumimos la energía.<sup>(1)</sup>

En este año 2008 la Unión Europea se ha comprometido a incrementar el uso de las energías renovables hasta el 20% antes del año 2020 e incrementar hasta el 10 % el uso de los biocombustibles en ese mismo año. Para el cumplimiento de estos objetivos los pequeños gestos personales serán de gran importancia.

La cuestión energética se ha convertido en uno de los ejes fundamentales de la agenda política mundial. Actualmente el futuro de Europa como potencia económica y social depende en gran medida de la capacidad de establecer una política común que garantice la disponibilidad de un suministro energético seguro, con unos costes asumibles y compatibles con la conservación del medio ambiente en un contexto de crecimiento sostenible.

Para esto es fundamental aunar esfuerzos y desarrollar iniciativas legislativas que permitan caminar juntos a los distintos países europeos. Actualmente contamos con 27 mercados nacionales diferentes, cada uno con sus peculiaridades y muchas veces sin posibilidad e interconexión física garantizada.

Así, parece conveniente un integración, total o parcial, del mercado energético europeo que permita la agilización del sistema y aumentar su eficiencia. Para esto se pueden ir implementando algunas medidas concretas que impulsen esta integración. Entre estas medidas los expertos apuntan la creación de mercados regionales implementando la capacidad de interconexión de algunos sistemas; la

---

1. El incremento de los precios del barril de petróleo en el presente año 2008, con precios del barril *Brent* de referencia en Europa, superiores a los 140 dólares, ha supuesto que el coste energético de los cuatro primeros meses del año (2008), se haya disparado hasta los 16.357 millones de euros, lo que representa un 65% más que en el mismo periodo del año 2007.

homogeneización de los distintos mercados existentes que permitan una posterior unificación; y, adjudicar la gestión de los sistemas a operadores totalmente independientes.

Respecto a los condicionantes medioambientales se plantean tres objetivos básicos:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20%.
- Elevar el uso de las energías renovables hasta el 20 % del consumo energético total.
- Aumentar la eficiencia energética en un 20 %.

Siguiendo con la cifra utilizada hasta ahora (20), estos objetivos deberían alcanzarse no más tarde del año 2020.

Respecto a las energías renovables, el cumplimiento indicado implica que el 35 % de la electricidad total consumida tendrá que proceder de este tipo de tecnologías.

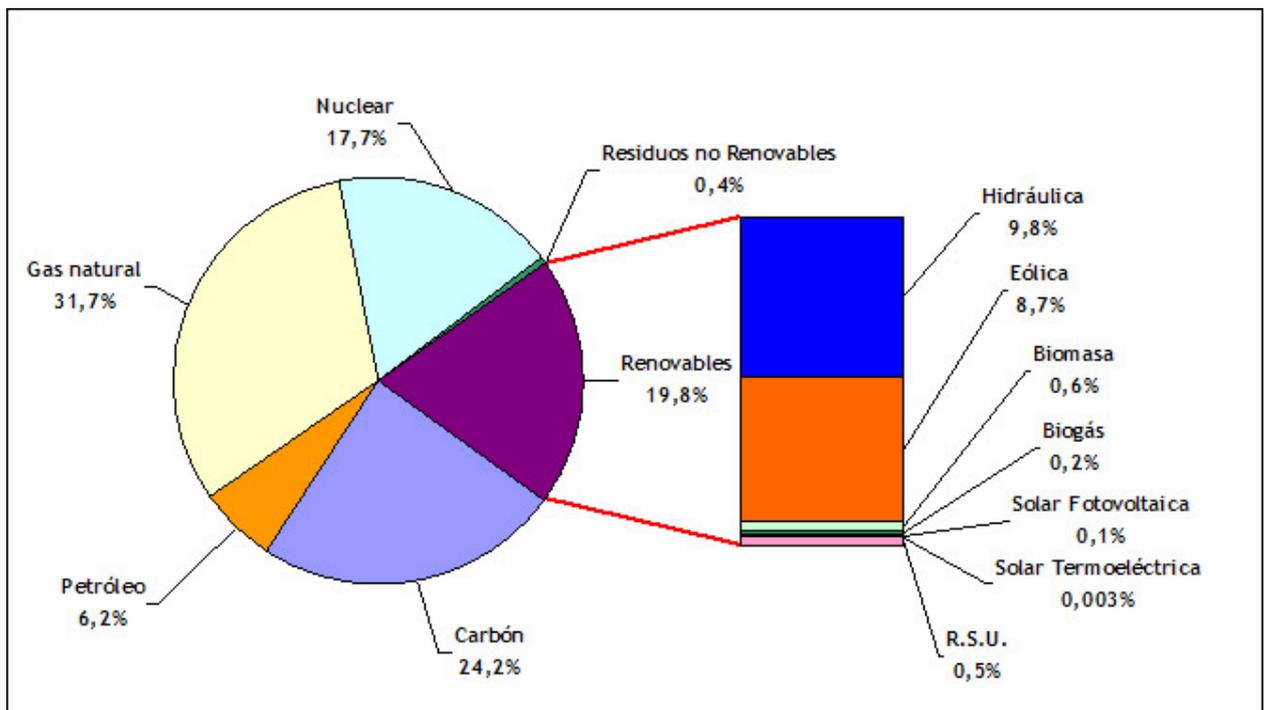


Figura 1. Balance producción eléctrica 2007. (IDAE)

Resta por aumentar un 15 % la generación de energía eléctrica mediante tecnologías alternativas.

Para garantizar el abastecimiento energético será necesario la inversión de más de 1.700 miles de millones de dólares según la Agencia Internacional de la Energía en los próximos 25 años. Estas nuevas instalaciones deben abarcar todas las opciones disponibles viables de producción de electricidad. Esto incluye a las energías renovables, como no puede ser de otra manera, pero también implica la necesidad de utilizar tecnologías menos atractivas desde el punto de vista socio-político como la energía nuclear y las centrales termoeléctricas de carbón.

Las mejoras en el tratamiento de los residuos radioactivos y el desarrollo de tecnologías de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, serán esenciales para garantizar un suministro eléctrico de calidad y, a la vez, combatir el cambio climático.

El aprovechamiento del carbón es además una baza estratégica para reducir la dependencia energética actual y que este combustible cuenta con grandes reservas demostradas en el continente europeo.

También será necesario aprovechar la tecnología nuclear para la generación de energía eléctrica. Si no optamos por este camino los países vecinos se convertirán en nuestros proveedores eléctricos con lo que el nivel de autoabastecimiento decaerá aun más. Recordemos que estamos en niveles del 18 % de autoabastecimiento. Países como Argelia se está posicionando rápidamente para dotarse de las infraestructuras necesarias para vendernos su electricidad en los próximos años; prevé exportar a España entre 200 y 300 MW con puntas de hasta 700 MW. para esto se están poniendo en marcha los mecanismos para la construcción del tendido de u línea de 400 Kw, desde Argelia hasta Marruecos para utilizar a este tercer país como puente necesario.

De esta manera el incremento de instalaciones generadoras de energía a partir de fuentes renovables, la mejora de la eficiencia energética junto con la recuperación de tecnologías ya conocidas pero con mucho recorrido para mejorar su impacto medioambiental serán vitales para el cumplimiento e los objetivos planteados y llegar al 2020 con los deberes cumplidos.

## 1.2. APLICACIONES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

No todas las energías renovables son aptas para todas las aplicaciones. Fundamentalmente el uso que realizamos de este tipo de tecnologías es para la producción de energía eléctrica, la generación de frío y/o calor junto con la producción de biocombustibles para el transporte.

	ELECTRICIDAD	CALOR	COMBUSTIBLE DE TRANSPORTE
BIOENERGÍA	✓	✓	✓
SOLAR	✓	✓	
GEOTÉRMICA	✓	✓	
EÓLICA	✓		
OCEÁNICA	✓		
MINIHIDROELÉCTRICA	✓		

Tabla I. Aplicaciones de las energías renovables

### Generación de electricidad

Las energías renovables están ya contribuyendo de manera efectiva a la generación de energía eléctrica. Todos los países de la UE han fijado objetivos nacionales para contribuir con los porcentajes adecuados. Si se logran alcanzar las metas propuestas en el año 2010 más de un quinto de nuestro consumo eléctrico en la Unión se vería satisfecho con energías renovables.

	TW/h*
EÓLICA	70,5
FOTOVOLTAICA SOLAR	1,5
BIOMASA	80,0
HIDROELÉCTRICA	306,9
GEOTÉRMICA	5,4
TOTAL FUENTES ENERGÉTICAS RENOVABLES	464,4
TOTAL DE PRODUCCIÓN ELÉCTRICA (EU-27)	3 309
PORCENTAJE DE FUENTES ENERGÉTICAS RENOVABLES	14,0%

Fuente: Eurostat  
\*Teravatio/hora

Tabla II. Contribución de las EE.RR. a la generación de electricidad. (UE-27-2005)

## Calor y frío.

La producción térmica es el mayor sector energético, incluso por delante de la generación de electricidad o del transporte; calentamos nuestros hogares, nuestros edificios, el agua caliente que utilizamos. Suministramos calor y frío en infinidad de procesos industriales.

En este campo la transformación de la biomasa, la energía solar y la geotérmica tienen un gran potencial. En el año 2005 solo el 10% de las necesidades de frío y calor se cubrieron con tecnologías renovables.

	Mio. tep*
BIOMASA	56,2
TÉRMICA SOLAR	0,7
GEOTÉRMICA	0,7
TOTAL DE FUENTES ENERGÉTICAS RENOVABLES	57,6
NECESIDADES TOTALES DE CALOR	576
PORCENTAJE DE LAS FUENTES ENERGÉTICAS RENOVABLES	10%

Fuente: Eurostat

\* Millones de toneladas equivalentes de petróleo

Tabla III. Contribución de las EE.RR. a la generación de frío/calor. (UE-27-2005)

En este sector son más necesarias las políticas de ayuda con la introducción del aprovechamiento de calores residuales para aumentar el rendimiento energético global.

## Transporte

El transporte y su consumo casi exclusivo de productos derivados del petróleo es uno de los máximos generadores de gases de efecto invernadero, de contaminación atmosférica y de la dependencia energética de la Unión Europea.<sup>(2)</sup>

Los biocarburantes deberían convertirse en un sustituto seguro de las gasolinas y gasóleos convirtiéndose el biogas el bioetanol o el biodiesel en los combustibles habituales en nuestros desplazamientos. Actualmente solo aportan el 1,1% del consumo del sector en Europa.

2. El 97,3% de la energía consumida por el sector del transporte procede del petróleo.

### 1.3. ENERGÍAS RENOVABLES EN LA U.E.

Las energías renovables no son tecnologías de futuro sino de presente. El sector de las EE.RR. tiene un volumen de negocios anual de 30.000 millones de euros y proporciona 350.000 puestos de trabajo, convirtiendo a la UE. en líder mundial en el ámbito de la energías renovables.

Algunas tecnologías, como la eólica, han madurado en los últimos años, ampliándose su utilización y reduciendo los costes. Pero este desarrollo no ha seguido el mismo curso ni en todas las tecnologías ni en todos los países. Una de las razones de este retraso es la no incorporación de los costes externos <sup>(1)</sup> de los combustibles fósiles, como los costes medioambientales, generando una falta de competitividad de las energías renovables frente a las fuentes tradicionales.

2000	2003	2004	2005	PORCENTAJE EN EL CONSUMO (2005)
87,0	93,8	99,4	104,2	8,5 %

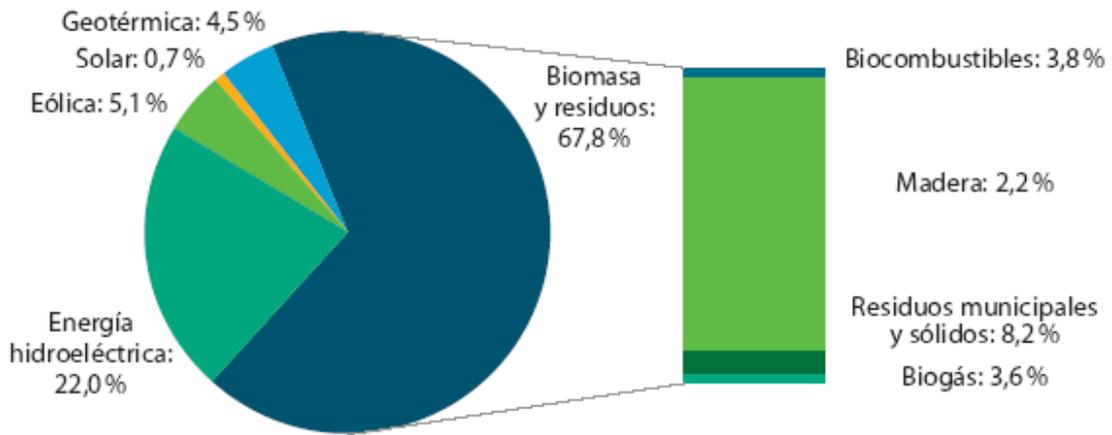
Fuente: Eurostat

\* Millones de toneladas equivalentes de petróleo

Tabla IV. Consumo final de energías renovables 2000-2005. (UE-27)

Aun así, las tecnologías eólica, hidroeléctrica, la biomasa o la solar térmica son económica y técnicamente viables en la actualidad. Otras dependen aun del incremento de la demanda con el fin de mejorar las economías de escala <sup>(2)</sup>.

1. Costes externos: el coste total de la energía se puede considerar como la suma de los costes internos (combustible, operación, mantenimiento e inversiones) más los costes externos o externalidades. Las externalidades son aquellas consecuencias para la sociedad o el medio ambiente causadas por un proceso productivo y que no son tenidas en cuenta a la hora de fijar el precio del producto. Provocan fallos en el mercado y una deficiente asignación de los recursos. Trabajos del Departamento de Estadística e Investigación Operativa de la Universidad Rey Juan Carlos manifiestan que en las energías renovables los costes internos son mucho más altos que los externos. Por el contrario en las tecnologías que utilizan combustibles fósiles las externalidades pueden duplicar a los costes internos.
2. Economía de escala: Ahorro en los costes de producción debido al incremento del tamaño de una empresa, ya que son usados para más tareas.



Fuente: Eurostat

Figura 2. Producción energética primaria con EE.RR. por fuentes. (UE-27.2005)

## 2. ENERGÍA.

Acudiendo al diccionario de la Real Academia Española podemos encontrar varias acepciones del término energía:

1.- *Eficacia, poder, virtud de obrar.*

2.- *Capacidad para realizar un trabajo. Se mide en julios.*

El resto de las definiciones se clasifican en función de la forma de generación o de sus características intrínsecas: energía atómica, cinética, de ionización, nuclear, potencial y radiante.

En el avance, disponible solo en la versión accesible desde Internet, de la vigésima tercera edición se incluye ya la definición de energía renovable como *energía cuyas fuentes se presentan en la naturaleza de modo continuo y prácticamente inagotable, por ejemplo la energía hidráulica o la eólica.*

Si acudimos a una de las fuentes más utilizadas en los últimos meses en el entorno digital *web 2.0*, Wikipedia, podemos encontrar una definición para el entorno tecnológico y de la economía: *recurso natural y la tecnología asociada para explotarla y hacer un uso industrial o económico del mismo.*

La energía está presente en todas las facetas del ser humano y ha contribuido u originado muchos de los cambios sociales, tecnológicos y culturales que han tenido lugar desde la aparición del hombre en la tierra. Existen teorías en las que se defiende que todos los cambios que el hombre y la sociedad han tenido lugar en la Tierra han tenido un componente energético, bien por la aparición de nuevas fuentes energéticas, bien por el agotamiento de otras o por la búsqueda de satisfacer nuevas demandas energéticas.

El modelo energético actual basado fundamentalmente en el uso de combustibles fósiles para satisfacer las demandas energéticas de las sociedades occidentales desarrolladas está en discusión.

Algunas de las fuentes energéticas más utilizadas en los últimos siglos puede que no puedan seguir utilizándose en el medio y largo plazo, ya sea por agotamiento de los yacimientos actualmente conocidos, como podría ser el petróleo, bien

porque las tecnologías no limpias utilizadas para su transformación no pueden seguir manteniéndose al ritmo actual por el deterioro que las emisiones provocan en el medio ambiente, caso del carbón.

También esta en proceso de discusión y debate la excesiva demanda energética a la que el occidental medio se ha acostumbrado. Los niveles de energía que precisamos para mantener el actual modo de vida no son compatibles con el desarrollo de los países en vías de desarrollo; los niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera están acelerando el efecto invernadero; y, los combustibles y fuentes de energía utilizados masivamente hasta ahora no cuentan con reservas garantizadas para cubrir la creciente demanda del planeta.

Con estas perspectivas los países han comenzado a tomar diferentes medidas, materializadas en protocolos, convenios o programas con distintos objetivos:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Fomentar la eficiencia energética en todos los sectores.
- Investigar, promover y desarrollar el uso de fuentes de energía renovables.
- Búsqueda de nuevas fuentes energéticas.
- Mejora de procesos de transformación.

## 2.1. ENERGÍAS LIMPIAS

Para cumplir con algunos de los objetivos de carácter medioambiental y de protección del medio ambiente es preciso fomentar el uso de las que podíamos denominar energías limpias, entiendo por tales las que su uso no implica un deterioro del medio. Estas energías limpias no tienen por que coincidir con las denominadas energías renovables.

Podemos considerar, por ejemplo, al gas natural como una energía limpia ya que su nivel de emisiones a la atmosfera es muy reducido en comparación con otros combustibles fósiles como el gasoleo o el carbón.

Es precisamente uno de los objetivos básicos consensuados a nivel internacional la búsqueda de nuevos procesos para poder utilizar combustibles tradicionales como

el carbón de forma más limpia, reduciendo la emisión de compuestos contaminantes y minimizando la emisión de gases de efecto invernadero o al menos controlando adecuadamente su emisión a la atmosfera. Un claro ejemplo de estos esfuerzos son las investigaciones para la captura de CO<sub>2</sub> y su posterior almacenamiento.

## 2.2. ENERGÍAS RENOVABLES

¿Por qué las Energías Renovables? La comunidad internacional ha aceptado desde hace algunos años que es preciso fomentar el uso de las energías renovables como medida fundamental para mitigar el cambio climático gracias a la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero, contribuir a un desarrollo más sostenible, colaborar con estrategias de autoabastecimiento energético a la vez que se desarrolla una nueva industria basada en el conocimiento, que genera empleo de calidad, crecimiento económico y ayuda al desarrollo de las zonas rurales.

La Unión Europea se ha comprometido a aumentar la utilización de energías renovables hasta el 20 % antes del año 2020 e incrementar el uso de los llamados biocombustibles hasta el 10 % en el mismo año.

### 3. ENERGÍA Y PLANIFICACIÓN.

El Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, a través de la Secretaria General de Energía ha publicado en el mes de mayo de 2008 la PLANIFICACIÓN DE LOS SECTORES DE ELECTRICIDAD Y GAS 2008-2016; DESARROLLO DE LAS REDES DE TRANSPORTE. Este documento Planifica el desarrollo de nuevas infraestructuras de transporte de energía para los próximos 20 años, por lo que es de vital importancia para el desarrollo de nuevas Instalaciones de Generación y en particular para las Instalaciones generadoras a partir de fuentes renovables.

Se parte de la premisa fundamental de que el suministro de energía es esencial para el funcionamiento de nuestra sociedad, tanto en la provisión y prestación de bienes y servicios como en su faceta de factor de producción de utilización general. Esto es vital la hora de presentar buenos índices de competitividad de muchos sectores económicos.

Los distintos sectores energéticos constituyen por sí mismos una parte muy importante de la actividad económica de cualquier sociedad desarrollada. No obstante, su mayor relevancia reside en que suponen servicios imprescindibles para la vida diaria de los ciudadanos y en que incorporan un valor estratégico innegable al resto de los sectores de la economía, en los que por naturaleza constituyen un factor determinante de su propia competitividad.

El suministro energético en condiciones óptimas de seguridad, calidad, protección del medio ambiente y precio es un objetivo irrenunciable en la definición de una política energética en nuestra sociedad.

La prestación de servicios energéticos está condicionada por la idoneidad de las infraestructuras que dan soporte a esta actividad, que requieren por su especial complejidad un largo periodo de maduración desde que se identifica la necesidad y se comienzan los trámites y trabajos previos hasta su construcción posterior y puesta en funcionamiento.

La localización de las plantas generadoras de electricidad, el trazado de las redes de transporte, la ubicación de las refinerías, los gasoductos, etc., tienen una proyección clave y una incidencia directa en la ordenación territorial, incidencia

que ha de ser contemplada por los correspondientes instrumentos de planeamiento.

Uno de los objetivos prioritarios en la planificación indicativa es hacer compatible la preservación de la calidad medioambiental con los principios de eficiencia, seguridad y diversificación de las actividades de producción, transformación, transporte y usos de la energía.

Un pilar básico de la planificación de las infraestructuras de transporte de energía es el apoyo al desarrollo de las energías renovables. La apuesta por estas tecnologías de generación se basa, en primer término, en su reducido impacto ambiental en comparación con otras energías, y en su carácter de recurso autóctono, que favorece, por tanto, el autoabastecimiento energético y la menor dependencia del exterior. Pero se justifica sobre todo por su contribución al desarrollo sostenible, que constituye uno de los objetivos básicos de la política española a largo plazo.

El Gobierno español aprobó, en agosto de 2005, el Plan de Energías Renovables 2005-2010 (PER) que mantiene los principales objetivos del anterior Plan (Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010), como el objetivo global de cubrir con fuentes renovables al menos el 12% de energía primaria y el 30,3% del consumo bruto de electricidad, en 2010. Se añade el objetivo de lograr un consumo de biocarburantes del 5,83% sobre el consumo de gasolina y gasóleo para el transporte para ese mismo año.

Destaca en el PER la importante contribución de la energía eólica que se estima alcance los 20.000 MW de potencia instalada en el 2010, frente a los 13.000 MW previstos en el Plan anterior.

### **3.1. PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES 2005-2010**

El Gobierno español aprobó, en agosto de 2005, el Plan de Energías Renovables 2005-2010 (PER) que mantiene los principales objetivos del anterior Plan (Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010). Los objetivos globales para el año 2010 son:

- cubrir con fuentes renovables al menos el 12% de energía primaria

- cubrir con fuentes renovables al menos el 30,3% del consumo bruto de electricidad

Con respecto al plan anterior, se añade el objetivo de lograr un consumo de biocarburantes del 5,83% sobre el consumo de gasolina y gasóleo para el transporte en 2010.

Se prevé que en el año 2010 se cumplirán los objetivos del PER, tanto en porcentaje de energía primaria como en porcentaje de generación eléctrica. Se ha añadido, además, cómo resultarían los porcentajes de energía renovable empleando la metodología de cálculo recogida en la propuesta de Directiva de Energías Renovables, que será la metodología que se utilizará para contabilizar el uso de energías renovables de cara a los objetivos europeos en el horizonte 2020.

### **3.2. ASPECTOS RELEVANTES DE LA PLANIFICACIÓN.**

A finales de 2006, la potencia eléctrica instalada en España ascendía a 78.877 MW. Teniendo en cuenta los coeficientes de disponibilidad de los distintos grupos generadores, fundamentalmente dependientes de su tecnología y su edad, esta potencia instalada representaba teóricamente 48.430 MW en términos de potencia disponible. En el año 2006 la punta de demanda real del sistema eléctrico peninsular español, que tuvo lugar en el mes de enero, ascendió a 42.153 MW, con un valor real de potencia disponible de 46.172 MW, cifra similar a la estimada de forma teórica para enero de 2006 (46.690 MW) y que representó un índice de cobertura real de 1,09.

Se ha establecido un escenario basado en la hipótesis de una adecuada respuesta a la puesta en marcha del Plan de Acción 2005-2007 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética (E4) aprobado por el MITYC, así como a las estimaciones del Plan de Acción 2008-2012 que fue aprobado por el Consejo de Ministros del 20 de julio de 2007, lo que supondría una reducción de la intensidad de energía eléctrica que llevaría, a largo plazo, a valores por debajo de la unidad del cociente entre la elasticidad de la demanda y del PIB. A lo largo del documento se hace referencia a este escenario como escenario de eficiencia.

Además, el operador del sistema eléctrico ha elaborado su propio escenario en el cual analiza la previsión de demanda eléctrica a partir de diferentes hipótesis de crecimiento económico y temperatura media a lo largo de todo el horizonte de previsión, lo que constituye la llamada previsión base. Dentro de esta previsión se consideran a su vez tres posibles escenarios de evolución de la demanda anual para el periodo a analizar: superior, central e inferior. Estos escenarios se han elaborado combinando la hipótesis de temperaturas medias a lo largo de todo el periodo de previsión, con distintos supuestos de sendas de crecimiento económico y de la proyección de la población española elaborada por el INE a partir del censo de 2001. Así, la senda inferior de crecimiento económico refleja las expectativas más pesimistas de gran parte de los expertos económicos, mientras que la senda superior refleja las expectativas más optimistas.

Para el análisis de la planificación se ha considerado el escenario central de previsión con una hipótesis de crecimiento del PIB en el periodo 2006-2016 en torno al 3,0%. Sin embargo, las últimas previsiones a largo plazo elaboradas por diversas instituciones económicas hacen referencia a crecimientos del PIB a largo plazo en torno al 2,5%, lo que implicaría, caso de cumplirse estas previsiones, un menor incremento de la demanda y, por tanto, mayor margen de seguridad.

Con todo ello se obtiene una previsión de crecimiento medio anual de demanda para el periodo 2006-2016 del 3,2% en el escenario central y del 2,4% en el escenario de eficiencia.

Para garantizar la cobertura de la punta de demanda prevista en 2016 correspondiente al escenario del operador del sistema, que se cifra en un valor cercano a 63.000 MW, es necesario dotar al sistema de una capacidad de generación en régimen ordinario adicional a la ya existente de unos 29.000 MW en potencia instalada, previéndose unas bajas de unos 9.000 MW de potencia instalada en régimen ordinario por obsolescencia de los equipos, al llegar al final de su vida útil. Además se estima que la potencia instalada en régimen especial aumentará en torno a los 27.000 MW, la mayor parte de ellos renovables y especialmente de tecnología eólica.

De acuerdo con la información disponible a 31 de marzo de 2007, las solicitudes de acceso a la red para conexión de nueva generación en régimen ordinario (mayoritariamente ciclos combinados) ascendían a un total de casi 68.000 MW, a lo que hay que añadir un montante de unos 27.000 MW correspondientes a régimen especial (mayoritariamente eólica), por lo que no parece probable que vayan a existir problemas para disponer de potencia instalada suficiente en 2016 para afrontar la cobertura de la demanda. No obstante, dado que no se puede conocer por adelantado a tan largo plazo la potencia que entrará efectivamente en servicio ni la fecha de su conexión a la red en la parte final del horizonte de planificación, cuya decisión dependerá de factores regulatorios, económicos, administrativos, medioambientales, etc., es necesario realizar un seguimiento de detalle de los programas de inversión en nueva generación de los distintos agentes que actúan en el mercado de generación eléctrica español.

### 3.3. PREVISIONES DE GENERACIÓN EN RÉGIMEN ORDINARIO

Los resultados de la cobertura de la demanda hasta el horizonte 2016 se basan en las siguientes hipótesis:

- **Generación hidráulica:** aumento de 3.000 MW en el equipo de bombeo puro. En la actualidad existen solicitudes de acceso a la red de centrales de esta tecnología por un valor de casi 2.000 MW y los agentes tienen una cartera de proyectos de construcción de centrales reversibles de bombeo puro adicionales a los anteriores que ascienden a otros 2.000 MW. La construcción efectiva de estas instalaciones dependerá del entorno regulatorio y técnico-económico fundamentalmente.
- **Turbinas de gas:** se ha previsto la instalación de 3.000 MW de este equipo de arranque rápido hasta 2016.

Los altos contingentes previstos de generación renovable de tipo intermitente, fundamentalmente focalizados en una muy alta penetración eólica, estimada en un objetivo de 29.000 MW de potencia eólica instalada en 2016, requieren un aumento significativo de las necesidades de reserva de operación para poder afrontar con garantía posibles cambios bruscos y no previstos del recurso eólico;

las dos tecnologías anteriores (turbinas de gas y bombeo puro), que combinan arranque rápido y capacidad de almacenamiento, se consideran las idóneas para complementar de forma segura y efectiva la alta penetración eólica prevista.

- **Equipo nuclear:** no se prevé la puesta en servicio de ningún nuevo grupo adicional a los ya existentes en la actualidad en el parque de generación nuclear español. Se han considerado dos repotenciones previstas de 10 MW en 2008 y 27 MW en 2009. En caso de que se produjera el cierre de algún grupo, el sistema sería capaz de asumirlo, bien a costa de disminuir ligeramente el índice de cobertura, bien con generación de otro tipo de tecnología.
- **Equipo de carbón:** se ha considerado la baja de los grupos que de acuerdo con la normativa de grandes instalaciones de combustión (GIC) prevén su cierre en el periodo de análisis y la de aquéllos que llegan al final de su vida útil (estimada en 35 ó 40 años, dependiendo de la tecnología). La cifra total de bajas asciende a unos 3.000 MW.
- **Equipo de fuel:** de forma análoga al caso anterior, se ha considerado la baja de los grupos que según la normativa de grandes instalaciones de combustión tiene previsto su cierre, así como la de aquéllos que llegan al final de su vida útil (estimada en 35 años). La cifra total de bajas supone unos 5.000 MW. Se estima que al final del horizonte de estudio permanecerán en servicio menos de 1.000 MW instalados correspondientes a esta tecnología, cuya utilización será fundamentalmente en periodos de punta de demanda.
- **Ciclos combinados:** se considera una horquilla de potencia instalada que varía entre los siguientes valores:

- Escenario de punta del operador del sistema eléctrico: 28.000 MW en 2011 y 35.000 MW en 2016.

- Escenario de punta eficiente: 25.000 MW en 2011 y 30.000 MW en 2016.

Se ha considerado que la práctica totalidad de las nuevas incorporaciones de generación térmica corresponderán a centrales de ciclo combinado; no obstante, es probable que al final del horizonte de estudio se pongan en servicio grupos de carbón supercríticos, en lugar de ciclos combinados o en sustitución de grupos de

carbón tradicionales. En la actualidad existen peticiones de acceso a la red de nuevos grupos de carbón por un total de 2.400 MW, excluyentes de los correspondientes ciclos combinados en la misma ubicación.

### 3.4. PREVISIONES DE GENERACIÓN EN RÉGIMEN ESPECIAL

A finales de 2006, la potencia eléctrica instalada en régimen especial ascendía a 20.931 MW, de los cuales más del 50%, en concreto, 11.233 MW correspondían a parques eólicos.

La previsión de generación futura en régimen especial se ha realizado teniendo como referencia las cifras que se indican el PER (Plan de Energías Renovables) 2005-2010 y realizando una evolución tendencial hasta 2016 considerando la cifra de 29.000 MW de potencia instalada eólica en 2016 y 4.500 MW en plantas solares, dado el previsible incremento de la penetración de esta tecnología en el sistema eléctrico peninsular español a lo largo del próximo decenio.

Las siguientes tablas muestran la evolución prevista de la generación en régimen especial a lo largo del horizonte de estudio.

<b>Tecnología (MW)</b>	<b>2006</b>	<b>2008</b>	<b>2011</b>	<b>2016</b>
Eólica	11.233	14.980	22.000	29.000
Solar	106	530	1.700	4.500
Resto Renovable	2.808	4.120	5.310	6.180
<b>Total Renovable</b>	<b>14.147</b>	<b>19.630</b>	<b>29.010</b>	<b>39.680</b>
Cogeneración	6.784	7.000	7.370	7.990
<b>Total Régimen Especial</b>	<b>20.931</b>	<b>26.630</b>	<b>36.380</b>	<b>47.670</b>
<b>% sobre Potencia instalada total</b>	<b>26,5%</b>	<b>31,5%</b>	<b>37,7%</b>	<b>40,9%</b>

Tabla V. Evolución de la potencia (MW) en régimen especial. Sistema peninsular

<b>Tecnología (GWh)</b>	<b>2006</b>	<b>2008</b>	<b>2011</b>	<b>2016</b>
Eólica	22.631	31.000	47.000	62.000
Resto	27.607	34.600	45.500	62.500
<b>Total Régimen Especial</b>	<b>50.238</b>	<b>65.600</b>	<b>92.500</b>	<b>124.500</b>
<b>% sobre Producción total</b>	<b>19,2%</b>	<b>23,1%</b>	<b>30,0%</b>	<b>36,5%</b>

Tabla VI. Evolución de la producción (GWh) en régimen especial. Sistema peninsular. Año hidrológico medio

Fuente: Planificación

En las tablas anteriores se puede observar el significativo aumento previsto de la participación de la generación en régimen especial en el sistema, tanto en potencia instalada como en energía.

#### *Solicitudes de generación hidráulica*

Hasta el 31 de marzo de 2007, el operador del sistema había recibido las siguientes solicitudes de acceso a la red de transporte correspondientes a generación hidráulica:

- Bombeo puro: 1.992 MW
- Hidráulica convencional: 175 MW

#### *Solicitudes de parques eólicos*

Hasta el 31 de marzo de 2007, el operador del sistema había recibido solicitudes de acceso a la red de transporte correspondientes a parques eólicos cuya potencia total ascendía a casi 24.000 MW.

Las Comunidades Autónomas, en sus respectivos planes energéticos, prevén una potencia instalada total de 40.968 MW. La tabla 3.9 presenta el desglose de esa cifra, teniendo en cada Comunidad un objetivo temporal distinto en función del período al que se refiere su plan energético.

<b>Comunidad Autónoma</b>	<b>Potencia (MW)</b>
Andalucía <sup>(1)</sup>	6.284
Aragón	4.000
Asturias	1.100
Cantabria	300
Castilla y León	7.409
Castilla-La Mancha	4.100
Cataluña	3.500
Extremadura	400
Galicia	6.500
La Rioja	665
Madrid	200
Murcia	850
Navarra	1.536
País Vasco	624
Comunidad Valenciana	3.500
<b>Total peninsular</b>	<b>40.968</b>

<sup>(1)</sup> 734 MW corresponden a parques marinos

Tabla VII. Potencia (MW) eólica instalada prevista por las CCAA.

Fuente: Planificación

### Cobertura de la demanda eléctrica.

En particular se ha considerado una cifra objetivo de 29.000 MW de potencia eólica instalada en 2016 y una estimación de 4.500 MW en plantas solares al final del horizonte de planificación. Este alto nivel de penetración de generación renovable de tipo intermitente y sin capacidad de almacenamiento (fundamentalmente la energía eólica) determina la necesidad de un aumento significativo de los valores de reserva de operación, para hacer frente a variaciones bruscas y no previsibles del recurso eólico. Se estima que la reserva de operación

(potencialmente acoplada en menos de 1 hora) deberá incrementarse del orden de 1.000 MW en el horizonte 2016.

El fuerte aumento previsto de la generación de tipo intermitente (eólica sobre todo) se debe complementar con la puesta en servicio de generación de arranque rápido (inferior a una hora) y sistemas de almacenamiento: turbinas de gas, equipo de bombeo puro y aumento de la potencia instalada en centrales que dispongan de embalses de regulación. Estas tres soluciones tecnológicas se utilizarán para una doble finalidad: la regulación del sistema y la cobertura de las puntas de demanda, evitando así que sea necesaria la puesta en servicio de otro tipo de generación térmica adicional (fundamentalmente ciclos combinados a gas natural), cuya utilización anual sería muy baja y podría comprometer la rentabilidad de la inversión.

Se ha considerado que el resto de las altas del equipo térmico necesarias para hacer frente tanto al incremento previsto de la demanda, como para compensar las previsibles bajas de grupos de carbón y fuel que llegarán al final de su vida útil comercial, o que tienen previsto su cierre como consecuencia de la normativa de grandes instalaciones de combustión, y que, por tanto, tienen limitada su producción total y su vida útil, corresponderán, en principio, a ciclos combinados de gas natural, tecnología que supone la práctica totalidad de las solicitudes de acceso de régimen ordinario térmico existentes hasta la fecha actual. En caso de que al final del horizonte de estudio estuvieran disponibles comercialmente tecnologías CCS de captura y almacenamiento de carbono para centrales de carbón, sería probable la puesta en servicio de grupos de carbón supercrítico, en lugar de ciclos combinados o en sustitución de grupos de carbón tradicionales.

Para la valoración de la suficiencia de la cobertura de la demanda se utiliza como parámetro el índice de cobertura, calculado como el cociente entre la potencia disponible del equipo generador y la punta de potencia prevista, en invierno y en verano de cada año respectivamente. Tradicionalmente se considera una cifra de 1,10 como cifra deseable del índice de cobertura para gestionar adecuadamente la cobertura de la demanda del sistema en situación de punta extrema.

Los resultados del estudio de cobertura realizado no muestran diferencias significativas en los valores correspondientes a invierno y verano; la garantía de suministro con el equipo propuesto es similar en ambas temporadas del año.

Se han analizado los dos escenarios de punta extrema indicados en los epígrafes anteriores de previsión de demanda: escenario del operador del sistema eléctrico y escenario de eficiencia.

La evolución prevista del equipo generador se caracteriza por las siguientes hipótesis o aspectos más significativos:

- **Eólica:** 29.000 MW de objetivo de potencia instalada en 2016
- **Solar:** 4.500 MW estimados de potencia instalada en 2016

**Régimen especial renovable (salvo eólica y solar):** potencia instalada en 2011 ligeramente superior a los valores indicados en el PER (Plan de Energías Renovables) 2005-2010 para el año 2010 y evolución tendencial hasta 2016.

- **Bombeo puro:** 5.700 MW instalados al final del horizonte de planificación
- **Equipo de punta (turbinas de gas, etc.):** 3.000 MW instalados en 2016
- **Ciclos combinados:** entre 25.000 y 28.000 MW de potencia instalada en 2011 y un rango entre 30.000 y 35.000 MW de potencia instalada para 2016, dependiendo del escenario de punta extrema analizado.

Los cambios más significativos que se prevén el mix de producción son los siguientes:

- **Equipo nuclear:** suponiendo el mantenimiento de la potencia instalada, el aumento de la demanda hace que su participación pase del 24% en 2006 a un valor estimado del 17% en 2016.
- **Equipo de carbón:** hay una reducción progresiva de esta tecnología de producción desde el 26% en 2006 hasta el 14% previsto en 2016.

- **Ciclos combinados:** siguiendo el escenario de eficiencia su participación en el mix de generación se mantendría estable en torno al 25%. Según el escenario del operador del sistema eléctrico, pasaría del 25% en 2006 a un 29% en 2016.
- **Equipo de arranque rápido (turbinas de gas y bombeo puro):** se alcanza el 3% de participación en la cobertura de la demanda en 2016.
- **Hidráulica (excepto bombeo puro):** mantiene su participación en el mix en torno a un 8% del total.
- **Generación eólica:** se prevé un significativo aumento de este tipo de tecnología de generación, pasando del 9% en 2006 a un previsible 19% en 2016 (escenario de eficiencia).

La producción de origen renovable (incluida toda la generación hidráulica) pasa del 18% en 2006 a una cifra cercana al 32% en el horizonte 2016. Esta previsión de balance de energía futuro y, más concretamente su estructura, implicaría una reducción media del orden del 17% en las emisiones de CO<sub>2</sub> a lo largo de los años del horizonte de estudio, respecto de los valores del año 2005

## 4. MERCADO ENERGÉTICO. MERCADO ELÉCTRICO.

### 4.1. MERCADO ENERGÉTICO ESPAÑOL

La energía como bien básico y necesario para nuestro modo de vida se compra y se vende en mercados claramente establecidos. En España existen mercados más o menos eficientes de electricidad, gas natural, productos derivados del petróleo y carbón, con lo que el denominado Mercado Energético Español es la suma de varios mercados nacionales con interacciones más o menos complejas con otros mercados internacionales con distintas incidencias dependiendo del producto.

Los mercados energéticos eficientes se caracterizan por contar con determinadas características.

- Transparencia.
- Liquidez
- Accesibilidad
- Precios fijados por la interacción de compradores y vendedores.

Además al estudiar el estado de estos mercados se tendrán en cuenta la capacidad de asegurar el suministro, la garantía de competitividad y el grado de sostenibilidad del mercado.

Los mercados del carbón y del petróleo cuentan con gran tradición y presentan un buen grado de madurez. Sin embargo los mercados de gas natural y electricidad han experimentado un proceso de liberalización vertiginoso que desde 1998 hasta enero de 2003 han convertido mercados totalmente intervenidos en mercado de libre acceso.

Para la existencia de un mercado se deben verificar una serie de condiciones:

- Disponibilidad de infraestructuras tanto de producción como de transporte y transformación.
- Capacidad de almacenamiento para afrontar periodos de interrupción en la producción.
- Equilibrio entre los contratos a largo, medio y corto plazo.

- Equilibrio en el mix de generación con diversificación de fuentes o suministradores.

Repasamos a continuación el estado de los cuatro mercados españoles desde las condiciones y perspectivas apuntadas.

#### **4.1.1. PETRÓLEO.**

El mercado de los productos derivados del petróleo cuenta con gran trayectoria siendo un mercado abierto y competitivo, aunque el consumidor final no tiene demasiado margen de maniobra pues los rangos de precios suelen estar bastante ajustados.

Los precios de los derivados están sujetos además a la volatilidad e incertidumbre del mercado. Un claro ejemplo lo hemos sufrido en estos meses centrales del 2008 cuando los precios del barril de referencia han sufrido incrementos de hasta el 50% debido en parte a maniobras en los mercados internacionales de futuros.

Existen reservas garantizadas por normativa al efecto y mecanismos para garantizar el suministro en condiciones especiales.

#### **4.1.2. GAS**

Es un mercado que ha evolucionado muy rápidamente, paralelamente a la liberalización del mercado eléctrico y que aun cuenta con inercias de tiempos pretéritos.

No se cuenta con instalaciones de almacenamiento adecuadas que permitan dotar de flexibilidad al mercado pero si existen instalaciones de regasificación que permiten diversificar en gran medida las dependencias de los suministradores.

Esta velocidad en la liberalización junto con problemas de planificación está ocasionando problemas de concurrencia en la implementación de nuevas instalaciones.

### 4.1.3. CARBÓN

Mercado con gran tradición en nuestro país que ha utilizado las reservas de carbón nacional para la industria y para los sectores domésticos y de gran consumo. España cuenta con reservas estratégicas de carbón y posibilidades de almacenamiento que permitirían una buena regulación del mercado.

Por contra se está produciendo desde hace varias décadas un abandono progresivo de la explotación de yacimientos de mineral, con la consiguiente concentración de las empresa mineras de sobreviven y con una cada vez mayor dependencia del carbón importado.

### 4.1.4. ELECTRICIDAD

Junto con el mercado del gas ha sufrido un proceso acelerado de reconversión para conseguir un mercado liberalizado que cuenta con gran dinamismo en la actualidad con mecanismos transparentes y de eficacia contrastada. Quizás por su juventud no cuenta con mecanismos reales de interacción con otros mercados del entorno.

Existe una buena diversificación en su mix de generación pero presenta distorsiones en cuanto a la política de fijación de costes ya que no se incluyen las externalidades en el precio final lo que provoca un congénito déficit de tarifa.

Tiene otro problema contra el que de momento no podemos luchar: no conocemos mecanismos para almacenar grandes cantidades de energía eléctrica de forma eficiente por lo que toda la energía eléctrica que se consume en cada instante debe generarse en ese mismo instante.

## 4.2. MERCADO ELÉCTRICO ESPAÑOL.

Como ejemplo veremos un poco más en profundidad el mercado eléctrico español.

España cuenta con un mercado eléctrico liberalizado en el que los generadores ofertan su energía producida y los distribuidores, comercializadores y consumidores adquieren el producto en un mercado complejo.

Podemos definir el mercado como aquel conjunto de transacciones derivadas de la participación de los diferentes agentes del mercado en las sesiones de los mercados diario e intradiario y de la aplicación de las normas de funcionamiento del mercado a las que denominamos Procedimientos de operación técnica del sistema.

Los agentes del mercado, los protagonistas de estas interacciones, son las empresas habilitadas para actuar en el mercado de producción como vendedores o compradores de electricidad.

Estos agentes del mercado pueden ser los productores, distribuidores, comercializadores o consumidores que tengan las habilitaciones pertinentes.

Los productores y los consumidores cualificados pueden acudir al mercado como agentes del mercado o celebrar contratos bilaterales físicos entre ellos.

La gestión de todo este complejo mercado de compra venta de electricidad esté encomendada al Operador del Mercado Ibérico de Energía-Polo español, S.A.

El funcionamiento es relativamente sencillo, en principio, ya que se limita a recoger las ofertas de venta de energía eléctrica de los distintos productores, esto es, cuanta energía están dispuestos a vender y a que precio; y las ofertas de compra de distribuidores, comercializadores y otros agentes compuestas por la cantidad de energía que están dispuestos a comprar y a que precio. El precio resultante será el de la última oferta de venta casada.

## ESPAÑA

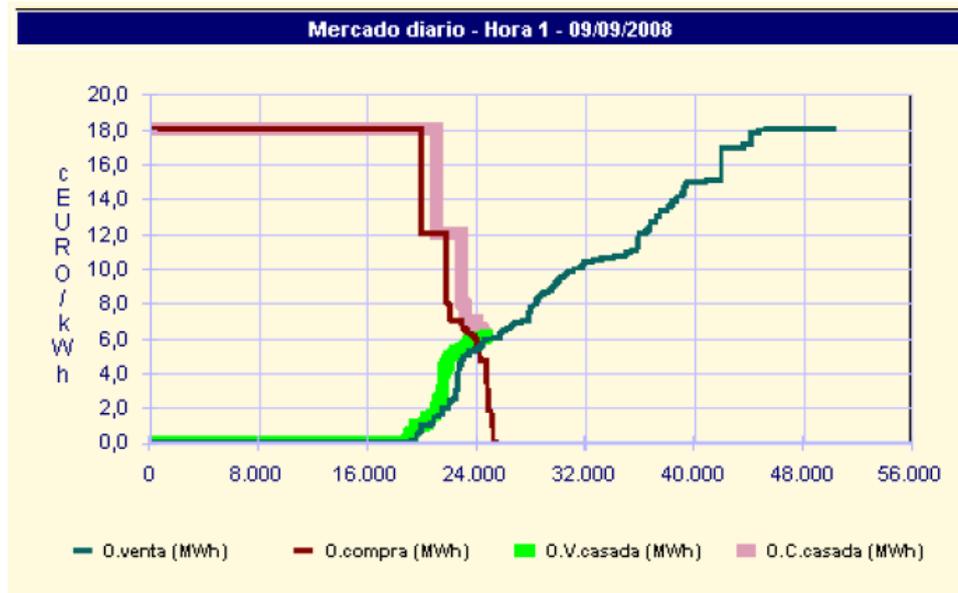


Figura 3. Curvas agregadas de oferta y demanda para el día 9 de septiembre de 2008, hora 1.

Fuente: OMEL

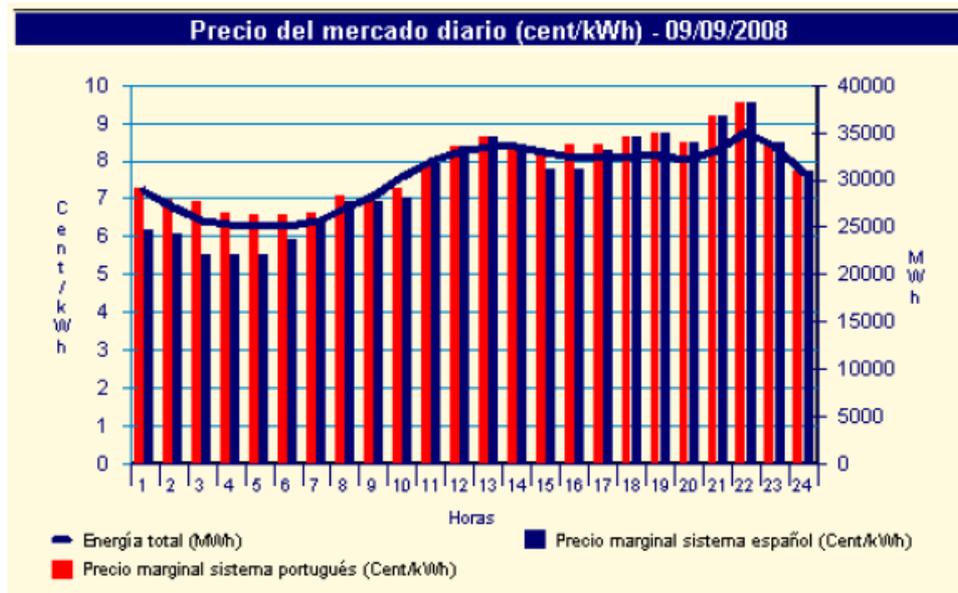


Figura 4. Resumen de precios del mercado diario para 09-09-2008

El mercado está segmentado en distintos submercados con diferentes horizontes temporales:

- Mercado Diario. Es el mercado en el que se realizan la mayoría de las transacciones. A este mercado tienen que acudir, tienen que ofertar sus productos, todas las unidades de producción disponibles. Las compras de electricidad las realizan los distribuidores, comercializadores, consumidores cualificados y agentes externos. El resultado de las ventas y compras garantiza que no se supera la capacidad de interconexión física del sistema eléctrico nacional.
- Solución de las restricciones técnicas. Celebrada la sesión del mercado diario, recibidos los contratos bilaterales entre vendedores y compradores, el operador del sistema debe evaluar la viabilidad técnica del programa resultante, asegurando que las unidades de producción que se pondrán en funcionamiento garantizan la viabilidad del sistema. En caso de anomalía el operador establece las restricciones necesarias.
- Mercado intradiario. Es un mercado de ajustes al que pueden acudir los agentes del mercado. Los compradores y productores han de haber participado en el mercado diario para poder acudir al mercado intradiario. Este mercado se estructura en seis sesiones con horarios claramente establecidos.

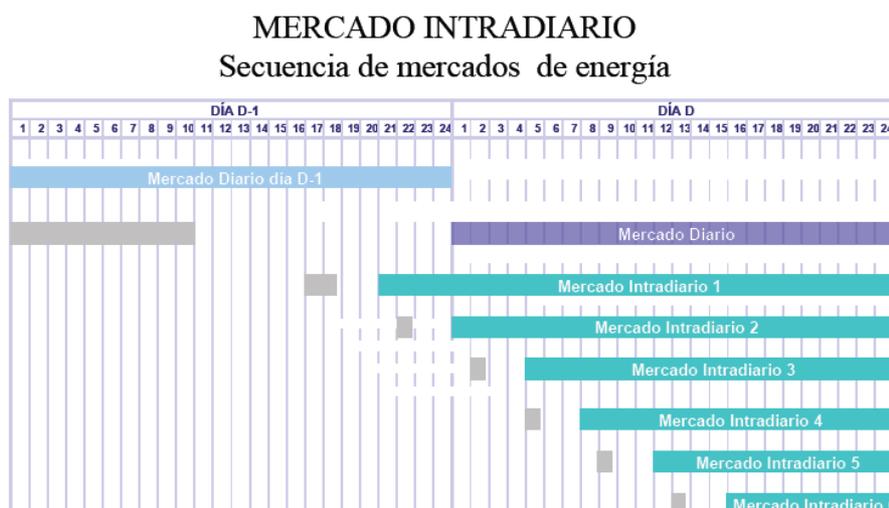


Figura 5. Secuencia de mercados intradiarios

- Servicios complementarios y gestión de desvíos. Tienen como objetivo que todas las funciones de suministro de energía eléctrica se realicen en

condiciones de calidad, fiabilidad y equilibrio y que exista el necesario equilibrio entre generación y demanda.

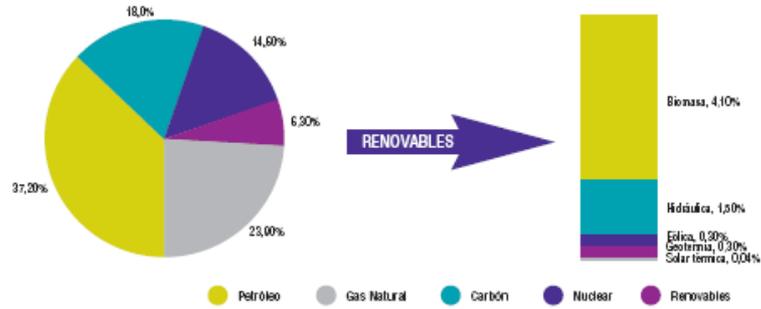
La retribución de la energía generada en el Régimen Especial varía dependiendo de la tecnología utilizada para su generación. Además el productor puede optar por vender su producto (energía) en el mercado o elegir vender según la tarifa establecida en cada caso más una prima que depende de la tecnología utilizada, entre otros factores.

Con este especial sistema de retribución se intenta compensar las externalidades no recogidas en el precio de la energía producida en el régimen ordinario. El objetivo es el fomento de la implantación de este tipo de instalaciones de generación alternativa.

### **4.3. BENEFICIOS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.**

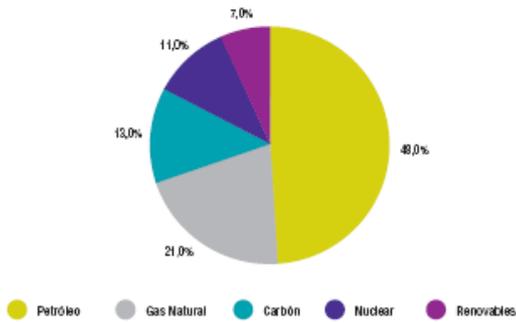
El apoyo a la implantación de nuevas formas de generar energía y en particular de producir energía eléctrica viene motivado por cuestiones medioambientales pero también por razones estratégicas.

- ⊕ *Dependencia energética.* En España el grado de autoabastecimiento de energía es de 18 %. Es decir, debemos importar de terceros países el 82 % de toda la energía que se consume en España. Con el fomento de las energías renovables se reduce en una pequeña medida el grado de dependencia energética, con lo que se incrementa el grado de seguridad y de calidad del suministro.



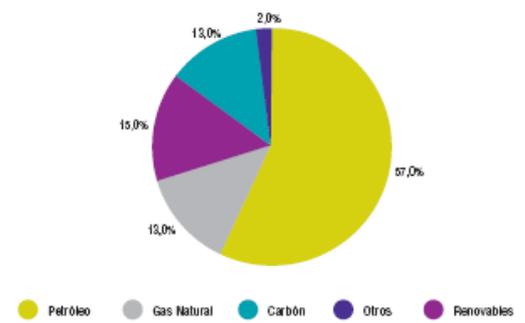
Fuente: Boletín nº8 IDAE

España, 2006



Fuente: Boletín nº 34 IDAE

Portugal, 2005



Fuente: DGGE

Figura 6. Consumo de energía primaria por fuentes.

**Evolución de la dependencia energética en España (Fuente: IDAE)**

1980	1985	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
77%	64%	66%	72%	77%	76%	78%	79%	80%	82%

Tabla VIII. Evolución de la dependencia energética en España.

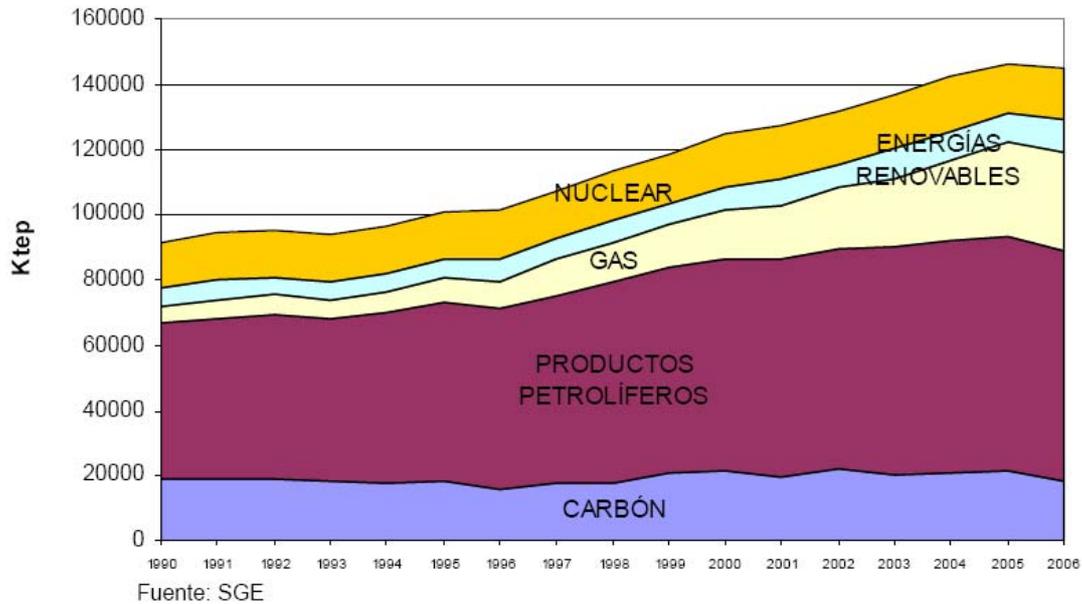


Figura 7. Evolución del consumo de energía primaria.

- *Beneficios medioambientales.* Las tecnologías alternativas utilizadas son en general no emisoras, por lo que su utilización implica una reducción sustancial de las emisiones nocivas y peligrosas que se vierten a la atmósfera. Se estima que las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas durante el año 2004 por las instalaciones existentes de energías renovables ascendieron a 17 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. considerando un precio medio de 10 €/Tn de CO<sub>2</sub> estas emisiones no realizadas han ahorrado al sistema 170 millones de euros.
- *Beneficios sociales.* El mercado de la generación de energía con tecnologías alternativas así como los mercados asociados de fabricación de componentes, diseño de instalaciones, implementación de centrales generadoras, mantenimiento, etc ... contribuyen a la generación de empleo. Puestos de trabajo, muchas veces, en entornos rurales y tradicionalmente desfavorecidos que contribuyen a un desarrollo regional de alta calidad.
- *Generación distribuida.* Con el incremento de las instalaciones generadoras de energía a partir de tecnologías alternativas se produce una generación más cercana a los puntos de consumo de la energía, con lo que se ahorran las pérdidas ocasionadas por un sistema de generación centralizado en el

que pueden alcanzar hasta un 10 % de la producción neta de energía (*Fuente:REE*). Esto se acrecienta por el cada vez más difícil acceso a las redes de distribución que encarece el transporte de la energía.

En definitiva el desarrollo de las energías renovables permite una mejora en la eficiencia de todo el sistema, tanto por el acercamiento de los puntos de generación a los centros de consumo, a la disminución de las transformaciones de energía y el consiguiente ahorro en pérdidas como por la posibilidad de aprovechamiento de energías residuales para otras necesidades.

## 5. GENERACIÓN DISTRIBUIDA. TECNOLOGÍAS RENOVABLES.

### 5.1. INTRODUCCIÓN.

La energía es un recurso básico para los seres humanos desde el principio de los tiempos. Las distintas etapas evolutivas del hombre desde su aparición en el planeta Tierra han estado ligadas con la introducción o dominio de algún nuevo recurso energético.

Podemos destacar a grandes rasgos los paralelismos existentes entre las grandes fases ecológicas de la humanidad y el uso de nuevos recursos energéticos. La fase ecológica de cazadores – recolectores se caracteriza por la utilización de la energía muscular humana y el dominio del fuego. Posteriormente y debido a los perfeccionamientos tecnológicos se desarrolla la nueva fase ecológica agrícola, que se caracteriza por la utilización de los recursos energéticos provenientes de la fuerza de los animales domésticos y de las energías renovables. Seguidamente, se desarrolla la fase ecológica industrial, cuyo rasgo principal es el dominio y utilización de las energías no renovables y de ellas los combustibles fósiles. A mediados del siglo XX se domina un nuevo recurso energético (la energía nuclear), y poco a poco se da pasos hacia una nueva fase ecológica, incierta, que se caracteriza por los grandes problemas globales producidos por el uso masivo de los combustibles fósiles y nucleares de la fase anterior; así como el previsible agotamiento de los primeros.

En este proceso se han ido centralizando las zonas de producción de la energía en función de la presencia o no de los recursos necesarios para su generación. Estas zonas eminentemente productivas no coinciden en la mayor parte de los casos con las zonas de mayor demanda energética por lo que se han construido grandes infraestructuras de transporte para poner la energía precisa allá donde es necesaria en cada momento. Grandes líneas de transporte de electricidad o gaseoductos discurren por nuestros continentes complicando la gestión de esa energía y haciendo necesarios complicados sistemas de gestión para la interconexión de diferentes sistemas energéticos, produciendo a la vez pérdidas energéticas difíciles de sostener.

Frente a este modelo tradicional se propone en los últimos años un modelo alternativo en el que los centros de producción de energía se acerquen a los centros de consumo, de una manera física o de forma virtual. Nace de esta forma lo que denominaremos Generación Distribuida. La conjunción y compatibilidad de ambos modelos puede que sea la base para el desarrollo de los futuros sistemas de potencia.

## 5.2. GENERACIÓN DISTRIBUIDA. ¿QUÉ ES?

No podemos encontrar una definición única de los que hemos llamado Generación Distribuida. La *Distribution Power Coalition of America*, DPCA, la define como aquella tecnología de generación a pequeña escala que proporciona energía (eléctrica) en puntos más cercanos al consumidor que la tradicional generación centralizada y que se puede conectar directamente al consumidor o a la red de transporte o distribución.

La Agencia Internacional de la Energía, IEA, se refiere a la Generación Distribuida como la que se conecta a la red de distribución en baja tensión y la asocia a tecnologías como los motores, mini y microturbinas, pilas de combustibles y energía solar fotovoltaica.

Se puede consensuar al menos que este modelo energético trata de acercar las centrales de producción de energía a los puntos de consumo, minimizando así las pérdidas por transporte, utilizando normalmente nuevas tecnologías normalmente de características renovables o limpias.

Tampoco existe un único criterio para la dimensión de estas centrales de producción. En EE.UU. el Departamento de energía establece unos límites entre 1kW y unas decenas de MW; en España se asocia a instalaciones en régimen especial y su límite estaría en 50 MW; y en el Reino Unido se consideran hasta las instalaciones de 100MW.

En esta exposición limitaremos las potencias de estas instalaciones a valores de decenas de MW y en unidades relativamente compactas con el fin de poder ser

instaladas efectivamente cerca de los puntos de consumo, incluso *en* los puntos de consumo.

### 5.3. TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN

Repasaremos en este capítulo las principales tecnologías aplicables a la que hemos denominado Generación Distribuida, tanto las eminentemente renovables como aquellas que utilizan combustibles no renovables pero que por sus especiales características pueden contribuir de manera efectiva a la generación y a la diversificación de las fuentes utilizadas.

#### 5.3.1. COGENERACIÓN

La cogeneración no es una tecnología en si misma sino un concepto de producción eficiente de energía.

El éxito de la cogeneración se basa en el aprovechamiento del calor residual de un proceso de producción de electricidad. Este calor residual se aprovecha para producir energía térmica útil (vapor, agua caliente, aceite térmico, agua fría para refrigeración, etc). Por este motivo los sistemas de cogeneración están ligados a un centro consumidor de esta energía térmica, e.g. el calor necesario para el secado de las piezas cerámicas en una planta refabricación de ladrillos.

La cogeneración, al producir conjuntamente calor y electricidad en el centro de consumo térmico, aporta los siguientes beneficios:

- Disminución de los consumos de energía primaria.
- Disminución de las importaciones de combustible.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Disminución de pérdidas en el sistema eléctrico e inversiones en transporte y distribución.
- Aumento de la garantía de potencia y calidad del servicio eléctrico.

- Aumento de la competitividad industrial y de la competencia en el sistema eléctrico.
- Promoción de pequeñas y medianas empresas de construcción y operación de plantas de cogeneración.
- Motivación por la investigación y desarrollo de sistemas energéticos eficientes.

En España el 75 % de las plantas de cogeneración utilizan motores alternativos, de los cuales casi el 70 % son alimentados con Gas Natural y el 28 % con gasóleo.

### 5.3.2. MOTOR ALTERNATIVO

Conocemos como motor alternativo aquellos motores de combustión interna en los que los gases resultantes de un proceso de combustión empujan un émbolo o pistón en el interior de un cilindro que a su vez hace girar un cigüeñal obteniendo de esta manera un movimiento de rotación.

Son empleado normalmente para generación de energía en plantas de



Figura 8. Motor alternativo

cogeneración en sectores diversos como el agroalimentario, el químico, las plantas de tratamiento de residuos o la industria transformadora.

Estos motores tienen un mayor grado de flexibilidad ante fluctuaciones de carga mayor que las turbinas de

gas siendo capaces de utilizar además diferentes combustibles como energía primaria. Son empleados el gas natural, el gasóleo, el fuel o los gases procedentes de tratamiento de residuos (biogas).

Este tipo de motores se pueden clasificar en función del tipo de encendido: el motor OTTO o de encendido provocado necesita de una fuente de energía, normalmente una chispa, para iniciar la combustión; el motor DIESEL o de encendido por compresión, utiliza la presión del combustible para el proceso siendo un motor de mayor rendimiento.

En función del ciclo de trabajo podemos diferenciar los motores de cuatro tiempos, es decir, cuatro carreras del émbolo y dos vueltas de cigüeñal, o motores de dos tiempos, con dos carreras de embolo y una vuelta del cigüeñal.

Si atendemos a la forma de refrigeración de las máquinas podremos diferenciar entre motores de refrigeración líquida, en donde el agua u otro fluido técnico realiza un intercambio de calor para evitar deterioros de los motores; y motores de refrigeración por aire, donde es el aire el que ayuda al enfriamiento de la máquina utilizando ventiladores. Estos últimos serán normalmente motores de pequeña potencia.

### **5.3.3. TURBINA DE GAS**

Las turbinas de gas son máquinas térmicas rotativas de flujo continuo que realizan un trabajo aprovechando la expansión de un gas. El aire comprimido se mezcla con un combustible y se quema a presión constante presentando altas velocidades de giro.

Podemos distinguir la unidad generadora de potencia y el generador de gases. Este último se compone a su vez por uno o varios compresores, la cámara de combustión y la turbina de expansión de gases.

En la unidad generadora de potencia es en donde se obtiene la potencia útil que se utilizará para la generación de la energía.

Las turbinas han sido tradicionalmente utilizadas en generación de energía eléctrica para cubrir puntas de demanda, gracias a su moderada velocidad de puesta en marcha, tanto en ciclos combinados con turbinas de vapor y actualmente con otras configuraciones de cogeneración en las que se consiguen altos rendimientos, en las que existen grandes caudales de gases aprovechables.

### 5.3.4. MINIHIDRÁULICA

Quizás la hidráulica sea una de las tecnologías más antiguas que el ser humano ha utilizado para dotarse de diversas formas de energía, tradicionalmente energía mecánica. Actualmente nos referimos a la minihidráulica cuando nos referimos al aprovechamiento energético de pequeños saltos de agua o caudales con potencias instaladas normalmente inferiores a 10 MW, definiendo esta potencia como el producto del caudal por el salto.

En este tipo de instalaciones se pueden englobar centrales de entre 0,4 y 200 m<sup>3</sup>/s con saltos de entre 3 y 250 metros, utilizando en cada caso la turbina más eficiente.

Las centrales hidráulicas pueden clasificarse en dos grandes tipos:

- **Centrales de agua fluyente o en derivación**, en las que parte del agua del río o canal se desvía por medio de un azud para pasar por la turbina hidráulica y ser devuelta más tarde a su cauce original. En estas centrales el caudal varía durante el año en función del régimen hidrológico del curso de agua.
- **Centrales de embalse o de regulación**, situadas normalmente a pie de presa que sirve para almacenar una cantidad suficiente de agua.

A la hora del diseño de estas centrales y elegir el tipo de turbina se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

- Información hidrológica de una serie histórica con suficiente entidad en la que se puedan distinguir años secos, húmedos y años normales.
- Datos orográficos y de implantación física: salto aprovechable, caudales máximos y mínimos, etc...

Para instalaciones de pequeña potencia las turbinas más utilizadas son las *Pelton* o de flujo cruzado que son más flexibles en cuanto al aprovechamiento de caudales limitados, aunque también existen instalaciones con turbinas tipo *Francis* y *Kaplan*.

La turbina *Pelton* es una turbina de acción, es decir, aprovecha la energía de presión del agua para convertirla en energía cinética. Puede ser utilizada con eje

vertical o eje horizontal y con configuraciones de hasta seis inyectores o chorros. Al funcionar a presión atmosférica no presentan problemas de estanqueidad ni de cavitación; son sólidas, relativamente pequeñas y suelen presentar un buen rendimiento.

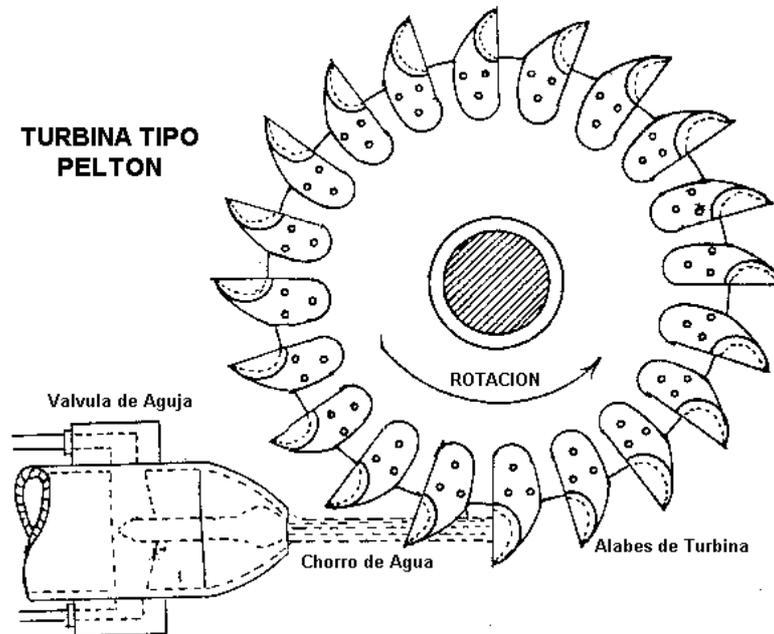


Figura 9. Turbina tipo Pelton

Las turbinas *Francis* son turbinas de reacción. En este tipo de máquinas se aprovecha la energía de presión del agua convirtiéndola en energía cinética, tanto en la entrada como en la salida, aprovechando además la altura disponible hasta el nivel de desagüe. Suelen ser máquinas de construcción más compleja presentando problemas de estanqueidad por la diferencia de presión entre la parte superior e inferior del rodete, problemas de cavitación por la depresión en el difusor y de rozamiento y desgaste por las altas velocidades que alcanzan las palas en contacto con el agua.

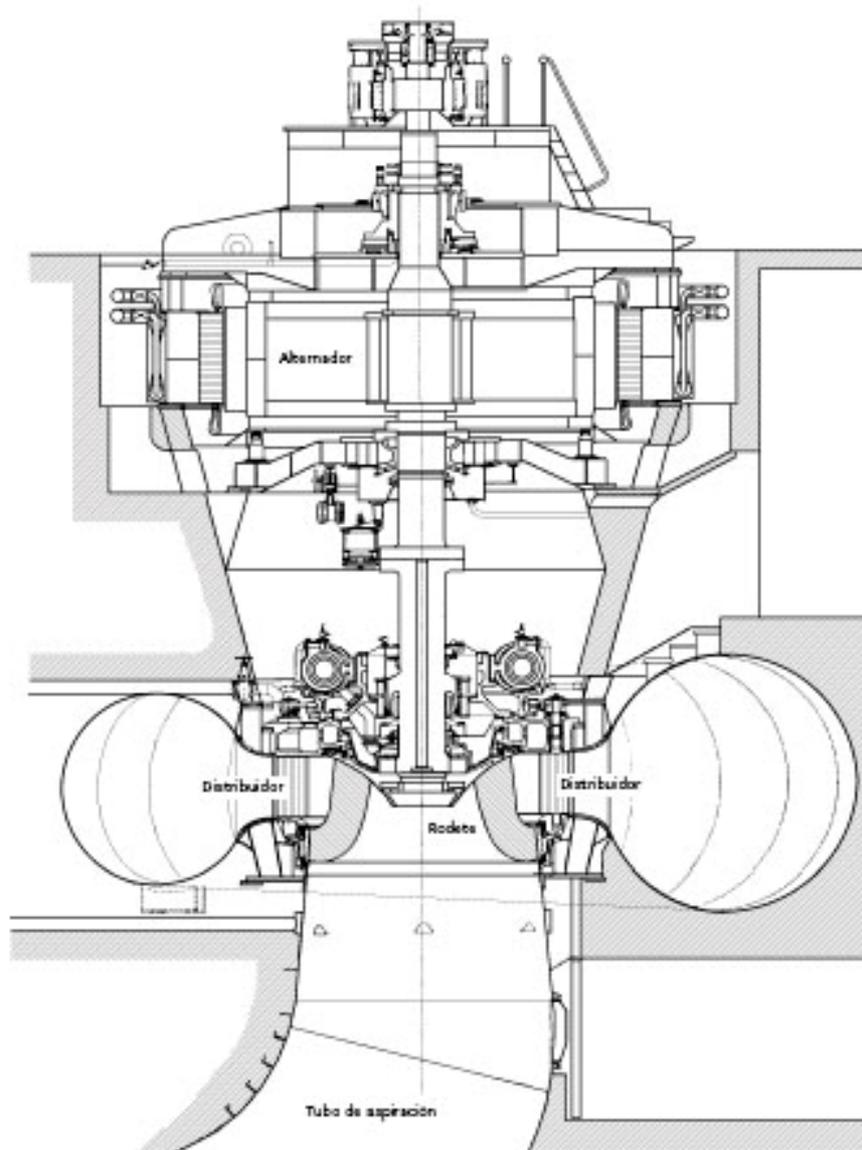


Figura 10. Turbina tipo Francis

El tercer gran grupo de turbinas, las tipo *Kaplan*, son máquinas con alabes ajustables con el fin de aprovechar de la forma más eficiente la energía del fluido. Suelen ser turbinas menos voluminosas y que presentan buenos rendimientos.

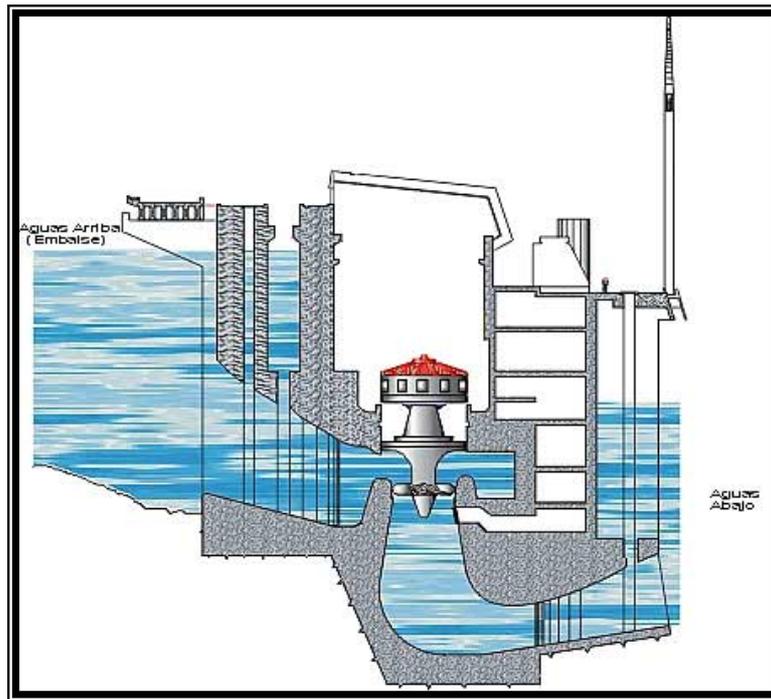


Figura 11. Turbina tipo Kaplan

Existen numerosas utilidades para la elección de la turbina más adecuada como el diagrama que se incluye a continuación.

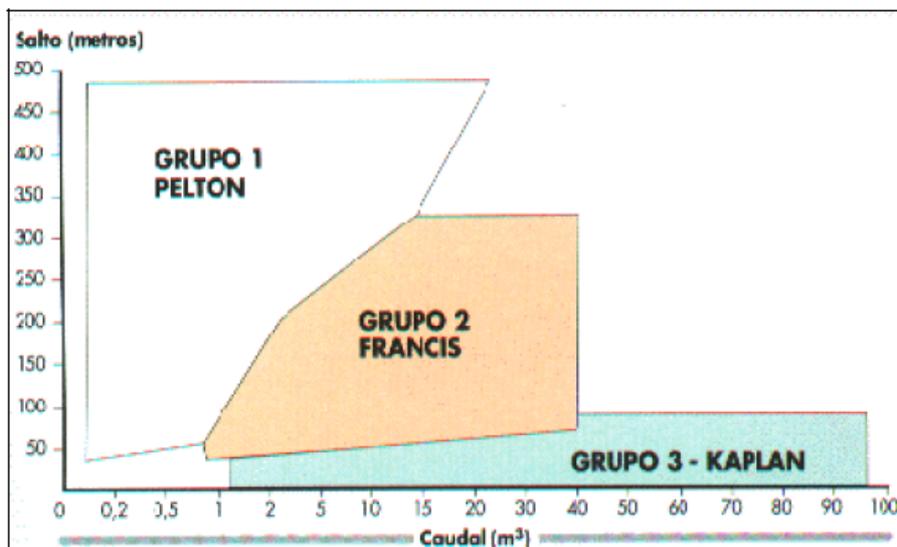


Figura 12. Tabla para la elección de turbina.

### 5.3.5. ENERGÍA EÓLICA

La energía del viento es una manifestación particular de la energía procedente del sol y que llega hasta nuestro planeta. Las diferencias de temperatura y de presión que se producen en la atmosfera debidas a la absorción de la radiación solar inician los vientos que más tarde serán aprovechados por las instalaciones de generación eólica. El viento es transformado en energía mecánica en un eje que más tarde es convertida en energía eléctrica mediante un convertidor apropiado.

No podemos considerar la energía eólica como una forma de generación distribuida ya que actualmente se generan potencias considerables que son vertidas a la red de transporte o de reparto. Pero si que podríamos considerar las pequeñas instalaciones eólicas utilizadas de forma aislada como puramente distribuida. De todas formas ambos tipos son claramente formas de energía limpia y renovable.



Figura 13. Generador eólico.

En la actualidad la tecnología utilizada para el aprovechamiento del viento presenta un alto grado de madurez. Generalmente se utilizan generadores de eje horizontal, con sistemas de orientación continua. La gran mayoría de los modelos utilizan tres palas, en los que se han aprovechado los conocimientos del sector aeronáutico para el diseño óptimo que permita un mayor aprovechamiento de la energía de presión suministrada por el viento.

Con este tipo de equipos se

están logrando potencias de generación de hasta varios megavatios.

En una primera clasificación podríamos distinguir dos grandes grupos de aerogeneradores: generadores de velocidad fija y de velocidad variable.

Los generadores de velocidad fija realizan el control de potencia mediante pérdidas aerodinámicas conseguidas por cambios de paso en punta de pala.

Los generadores de velocidad variable realizan el control de potencia con la variación del cambio de paso en punta o en toda la pala.

La tecnología utilizada en la actualidad de forma mayoritaria es la de generadores de velocidad fija con generadores asíncronos. Estos equipos se adaptan mejor a las variaciones de viento, siendo además más robustos, con menos mantenimiento y menor coste en general.

La estructura tipo de un aerogenerador de eje horizontal es la siguiente:

- **Cimentación y torre:** cimentación necesaria para soportar el resto del equipo y resistir las sollicitaciones mecánicas. La altura de la torre, normalmente metálica y con forma circular, es necesaria para evitar la baja velocidad del viento en las inmediaciones de la superficie del suelo. Generalmente a mayor altura mayor velocidad del viento y por consiguiente mayor potencia del aerogenerador.
- **Góndola:** situada en la parte superior de la torre aloja los mecanismos del aerogenerador: el tren de potencia, la maquinaria eléctrica y el sistema de control.
- **Buje:** situado en el exterior de la góndola es el elemento de unión de las palas con el eje de rotación.
- **Palas:** elementos que transforman la energía de presión del viento en energía mecánica de rotación. Su eje de giro está inclinado unos grados con el fin de impedir el choque con la torre.
- **Sistema de almacenamiento de energía:** Necesarios cuando el aerogenerador no está conectado a la red eléctrica o cuando se quiere

aprovechar la energía generada en periodos de baja demanda. Puede ser de varios tipos:

- **Acumulación térmica:** acumulando la energía generada en forma de calor, bien calentando agua o cualquier otro fluido o material adecuado.
- **Bombeo de agua:** aprovechando la energía no consumida para bombear agua que más tarde se puede utilizar para turbinar y generar energía.
- **Acumuladores químicos:** baterías de diversos tipos para almacenar pequeñas cantidades de energía eléctrica.
- **Células de hidrógeno:** aprovechando la energía eléctrica para producir Hidrógeno mediante electrolisis.
- **Volante de inercia:** almacenando energía en un volante capaz de girar a elevado régimen en un recinto vacío que impida la resistencia aerodinámica.

Existen otros muchos tipos de generadores eólicos tanto de eje horizontal como de eje vertical que han sido desarrollados a lo largo de los últimos años. Las últimas tendencias apuntan hacia pequeños aerogeneradores de eje horizontal y palas horizontales también, como se muestra en la figura, desarrollados por la compañía Estadounidense *BroadStar Wind Systems*, que colocados en las cubiertas de los edificios podrían contribuir a la generación descentralizada y cubrir amplios espectros de la demanda.

AeroCam I

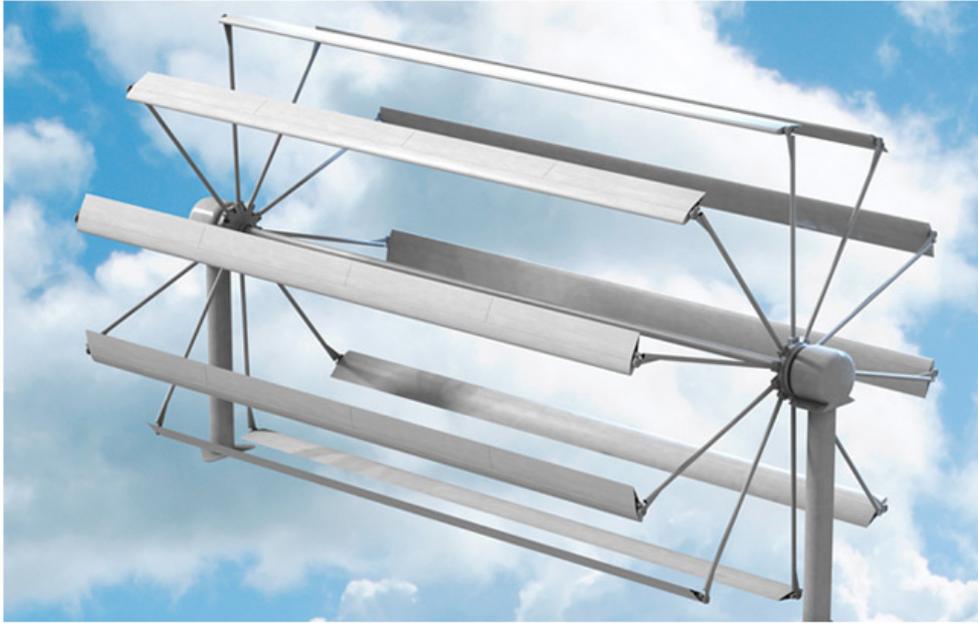


Figura 14. Nuevos modelos de generadores eólicos.

### 5.3.6. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

El fundamento de esta tecnología es la conversión de la energía procedente del sol en forma de radiación solar en calor que se transfiere a un fluido. Esta energía se puede utilizar directamente en forma de calor o utilizarla mediante transformaciones mecánicas o electromagnéticas.

Bajo la denominación de Solar térmica nos referiremos a los sistemas de baja temperatura, por debajo siempre de los 100 grados centígrados, que utilizan colectores solares planos o captadores de tubo de vacío para captar la radiación y calentar el fluido. Estos sistemas se utilizan normalmente para aplicaciones de calefacción, climatización de piscinas, generación de agua caliente sanitaria o ACS, o sistemas de refrigeración. Se utilizan colectores planos que carecen de poder de

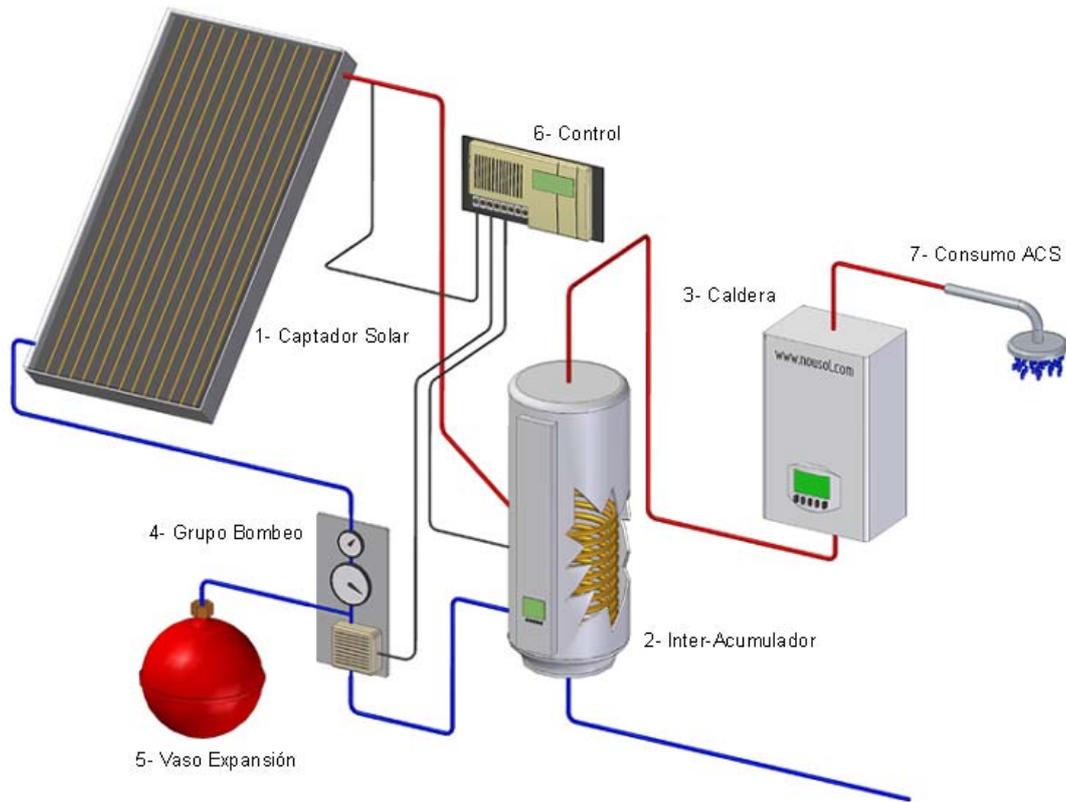


Figura 15. Esquema de principio de instalación solar térmica.

concentración, *i.e.*, la relación entre la superficie externa y la superficie captadora interior es prácticamente la unidad.

Estas instalaciones se componen básicamente de los siguientes subsistemas:

- **Subsistema de captación.** Formado por distintos tipos de colectores que convierten la radiación solar en energía térmica en un fluido. Podríamos distinguir los siguientes tipos:
  - **Colectores solares planos:** utilizados para generar agua caliente sanitaria y/o apoyo al sistema de calefacción. Están compuestos por una cubierta exterior de cristal o algún plástico de alta transparencia; una placa absorbente pintada de negro en contacto con los tubos por los que circula el fluido caloportador; el aislamiento que recubre todos los lados del panel excepto por la parte acristalada; y, una caja que alberga todos estos componentes.

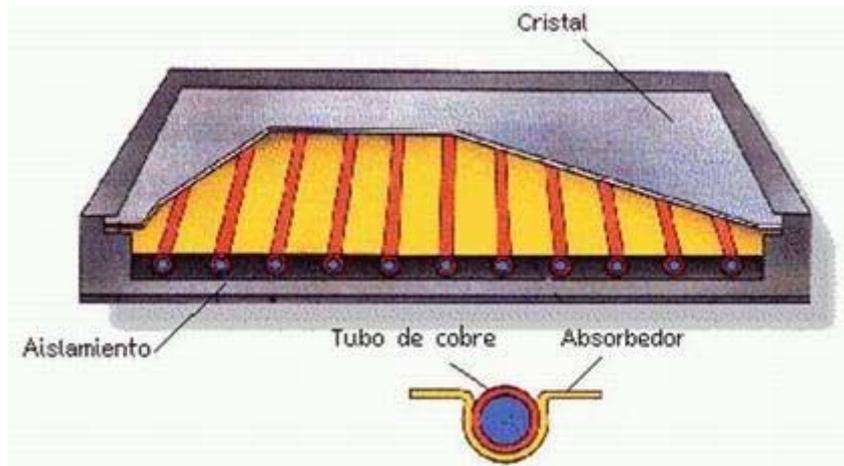


Figura 16. Corte transversal de colector solar térmico.

- **Colectores de tubos de vacío:** en este tipo de colectores la cubierta envolvente tiene forma de tubo al que se le ha hecho el vacío. Este tubo aloja la tubería por la que circula el fluido caloportador. Se consiguen altos rendimientos ya que se minimizan las pérdidas por convección.



Figura 17. Colector de tubos de vacío.

- **Colectores para piscinas:** están contruidos por una lámina plástica que constituye la placa absorbente. Tienen un bajo índice de transmisión calentando el agua entre 2 y 5 grados centígrados.



Figura 18. Colector solar para calentamiento de piscinas.

- **Subsistema de almacenamiento:** es preciso en este tipo de instalaciones el almacenamiento del agua que se ha calentado hasta que llegue el momento de utilizarla. Se utilizan acumuladores o depósitos de diferentes capacidades dependiendo de la demanda de cada instalación.
- **Subsistema de distribución:** englobamos en este sistema toda la red de tuberías y accesorios necesarios para transportar el agua caliente almacenada hasta el punto de consumo.
- **Subsistema de medida y control:** se necesitan una serie de sensores y una lógica de control para gobernar adecuadamente la instalación y conseguir la máxima eficiencia.

### 5.3.7. ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA

Cuando la temperatura media del fluido utilizado sobrepasa los 100 grados centígrados hablamos de tecnologías de media (100 – 300 °C) y alta temperatura (más de 300 °C). Este tipo de sistemas suelen necesitar grandes extensiones de terreno y una gran cantidad de radiación solar de calidad.

Se genera normalmente energía eléctrica a través de una turbina pero se puede realizar por diversos sistemas.

#### Centrales de torre.

Uno de los más utilizados es el sistema de centrales de torre, en la una gran superficie de espejos orientables o helióstatos reflejan la radiación solar recibida y la concentran en un punto concreto situado en una torre de gran altura en

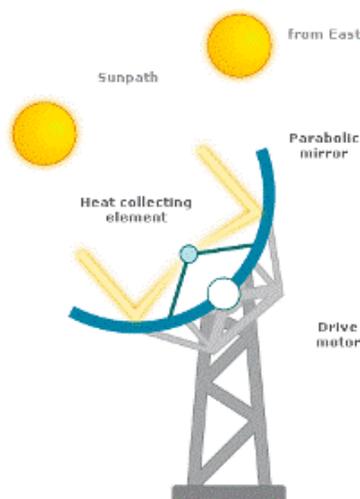
donde se encuentra el sistema de calentamiento del fluido que más tarde generará la energía eléctrica en la turbina.



Figura 19. Instalación de central termoeléctrica de concentración en torre.

Existe una variante en estas centrales cuando se incorpora un sistema de almacenamiento de la energía térmica para poder seguir generando energía eléctrica en los periodos de noche o baja radiación solar. Estos sistemas de almacenamiento pueden ser de varios tipos y es uno de los campos de investigación actual.

#### Centrales con Concentradores Cilindro Parabólicos.



El captador cilindro parabólico, denominado mediante las siglas CCP, debe su nombre a uno de sus componentes principales: la superficie reflectante cilindro parabólica que refleja la radiación solar directa concentrándola sobre un tubo absorbente colocado en la línea focal de la parábola. Esta radiación concentrada sobre el tubo absorbente hace que el fluido que circula por su interior se caliente, transformando de esta

forma la radiación solar en energía térmica, en forma de calor sensible o latente del fluido. Esta energía térmica se utiliza en una turbina

para la generación de energía eléctrica o puede utilizarse directamente en aplicaciones que necesiten esta forma de energía.



Figura 21. Colectores cilindro parabólicos.

El esquema de principio de este tipo de centrales es el siguiente.

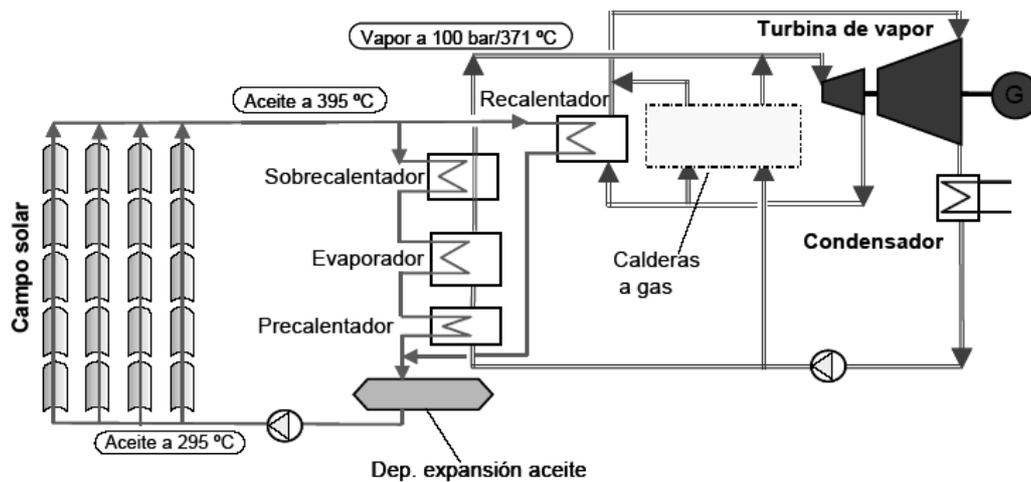


Figura 22. Esquema de principio de central termoeléctrica con CCP.

### Sistemas disco/Stirling.

Un sistema disco/Stirling consta de un espejo parabólico de gran diámetro con un motor de combustión externa tipo 'Stirling' emplazado en su área focal. El espejo parabólico –disco- realiza seguimiento solar continuado, de manera que los rayos solares son reflejados en su plano focal, obteniéndose así un mapa de energía solar concentrada, de forma gaussiana y varias decenas de kW.

El motor Stirling es un motor de combustión externa que emplea el ciclo termodinámico del mismo nombre y que presenta dos ventajas que le hacen muy adecuado para esta aplicación:

- Es de combustión externa, es decir, el aporte energético puede realizarse mediante la luz solar recogida por el disco parabólico y concentrada en su zona focal.
- Es un ciclo de alto rendimiento termodinámico.

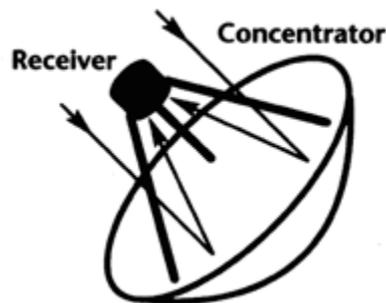


Figura 23. Esquema de funcionamiento de un disco parabólico con motor Stirling en el foco.

El motor Stirling lleva acoplado un alternador, de manera que dentro de un mismo bloque situado en el foco del disco concentrador se realiza la transformación de la energía luminosa en electricidad que se puede inyectar en la red eléctrica ó bien destinarla a consumo directo en alguna aplicación próxima al lugar de emplazamiento.

Los sistemas disco-Stirling tienen su aplicación más obvia en la producción de electricidad para autoconsumo en lugares aislados donde no llegue la red eléctrica, como ejemplos podemos citar: el bombeo de agua en pozos ó el suministro de electricidad a núcleos de viviendas rurales.

El rango óptimo de potencias para ser competitivo en el mercado energético estaría en el orden de unas decenas de kilowatios donde aspiraría a competir con sistemas ya comerciales como los fotovoltaicos o los generadores diesel.

La reducción de tamaño de estos discos junto con las mejoras en la eficiencia y rendimientos de los convertidores basados en motores Stirling hacen que esta tecnología pueda utilizarse como sistema de generación distribuida en lugares remotos o para autoconsumo en edificios residenciales o pequeños núcleos de población.



Figura 24. Modelos de Disco Parabólico.

### 5.3.8. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.

Es quizás una de las tecnologías renovables más conocidas y que ha sufrido un crecimiento espectacular en los últimos años. Aprovecha la radiación solar para producir energía eléctrica aprovechando el efecto fotovoltaico; la energía que contienen cada uno de los corpúsculos de luz, fotones, es aprovechada para generar electricidad por algunos materiales semiconductores, fundamentalmente silicio en diversos estados de cristalización, arseniuro de galio, etcétera.

Aunque actualmente es una tecnología bien conocida aun sigue siendo demasiado cara para poder competir en situación de igualdad. Se espera que en los próximos años se mejore el rendimiento de las células fotovoltaicas utilizadas y que esto

suponga la eliminación de las primas que hoy en día es necesario establecer para poder implementar este tipo de instalaciones.

Podemos diferenciar dos tipos de instalaciones: *instalaciones conectadas a la red* eléctrica, en las que la energía eléctrica generada se vierte directamente a la red de distribución, tanto en baja como en alta tensión; y las *instalaciones aisladas* en las que la energía eléctrica generada se consume instantáneamente o es almacenada para el momento necesario.



Figura 25. Paneles fotovoltaicos situados sobre el terreno.

En un sistema típico conectado a la red eléctrica podemos diferenciar los siguientes elementos:

- Generación: conjunto de colectores fotovoltaicos interconectados de la forma adecuada para generar la energía eléctrica en forma de corriente continua.
- Regulación: componentes electrónicos que gestionan los flujos de potencia hacia el sistema de acumulación o de consumo.

- Adaptación a la red: componentes que convierten la corriente continua en corriente alterna, conocidos normalmente como inversores.
- Protecciones: conjunto de aparataje que protege la instalación y a los usuarios de la misma de los efectos de un posible contacto eléctrico o sobrecargas.
- Equipos de medida: equipos de medida que contabilizan la energía vertida a la red y la energía consumida por la central generadora.
- Acumulación: elemento opcional que permite cierto nivel de acumulación de energía para los periodos de radiación solar no aprovechable.

Las centrales de generación fotovoltaica también pueden aprovechar los espacios arquitectónicos, fachadas y cubiertas, para alojar los sistemas de captación y conseguir un verdadero sistema descentralizado acercando los puntos de generación a los de consumo. La forma de gestionar y controlar esas centrales es uno de los retos para los próximos años.

### 5.3.9. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Uno de los mayores problemas de la sociedad del siglo XXI es la ingente generación de residuos, tanto industriales como urbanos, y la gestión que de ellos se hace. Los vertederos tradicionales, los centros de tratamiento y reciclado son formas conocidas desde hace años, pero hoy en día podemos contribuir a esta difícil gestión generando energía a partir de estos residuos.

tres son las formas principales de generación de energía, eléctrica fundamentalmente, a partir de los residuos sólidos urbanos:

- ***Aprovechamiento del biogas generado en los vertederos*** tradicionales una vez clausurados. Mediante la instalación de pozos de captación de biogas, fundamentalmente compuesto por metano, y unas sencillas conducciones hasta un punto de generación mediante motores de combustión interna es posible generar energía eléctrica.

- Aprovechamiento del biogas generado a partir de procesos de *biometanización de la fracción orgánica* de los R.S.U.
- Generación de energía eléctrica a partir de la *incineración controlada* de los Residuos Sólidos Urbanos.

Estas tecnologías son directamente aplicables a otro tipo de residuos generados esta vez por los procesos de depuración de las aguas residuales de nuestras ciudades e industrias. Los lodos generados admiten este tipo de tratamientos con los que el costoso proceso de depuración se convierte en una fuente de generación de energía.



Figura 26. Detalle de captador de biogas instalado en vertedero de RSU clausurado.

### 5.3.10. BIOMASA

Una de las definiciones más completas o más comúnmente aceptadas para el término de biomasa es la acuñada por el *Dr. Jarabo* en 1999: "Conjunto de materia orgánica que haya tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico ya sea de tipo vegetal o animal"

No deja de ser una forma más de aprovechamiento de la energía del sol que llega a la superficie de la tierra y que, en este caso, es aprovechada por las plantas verdes a través del proceso fotosintético generando carbono e hidrógeno

aprovechable por el hombre para generar energía térmica o eléctrica mediante diversos procesos.



Figura 27. Vista del tamaño habitual de los pellets de biomasa.

En una primera aproximación podemos diferenciar dos grandes grupos: la **Biomasa Vegetal** en la que incluimos los excedentes agrícolas, forestales, industriales de base vegetal y residuos ganaderos; y los **Cultivos Energéticos**. Veamos cada uno de estos tipos.

- Residuos agrícolas: todos aquellos subproductos generados por la actividad agrícola y que no tienen aprovechamiento para la alimentación. E.g. la paja, siempre que su retirada del campo no afecte a la fertilidad del suelo.
- Residuos forestales: subproductos y desechos obtenidos de las explotaciones forestales o del cuidado de montes naturales. Leña, madera restos de podas.
- Residuos industriales: residuos orgánicos de industrias relacionadas con la transformación avícola o forestal. Serrín, restos de maderas o subproductos, etcétera.
- Residuos ganaderos: estiércol y desechos de mataderos, deyecciones y camas de ganado.

- Cultivos energéticos: cultivos agrícolas y forestales destinados exclusivamente al aprovechamiento energético. La conveniencia o no de este tipo de cultivos está en discusión, tanto por la rentabilidad de los mismos como por la competencia que ejercen con la producción de alimentos y otros productos necesarios para el hombre. En el último año se ha producido un amplio debate sobre este tema acuciado por una crisis económica mundial que ha paralizado la mayoría de los proyectos que se estaban estudiando o poniendo en marcha en esta materia.

Los cultivos energéticos que se prevé que puedan satisfacer las necesidades energéticas en estas latitudes pueden ser:

- *Cultivos tradicionales*: caña de azúcar, cereales, remolacha, patata, eucaliptos, sauces, chopos, etcétera.
- Cultivos poco frecuentes: chumberas, cardos, helechos.
- Cultivos acuáticos: algas, jacinto de agua.

Para poder transformar la biomasa en energía es preciso utilizar distintos procesos industriales que dependerán del tipo de biomasa, su contenido en humedad y del producto o vector que se desea obtener. Estos procesos pueden ser:

- **Físicos**: procesos encaminados a actuar sobre la biomasa bruta con el fin de acondicionarla para procesos posteriores: triturado, astillado, compactado o secado.
- **Químicos**: procesos relacionados con la digestión química, generalmente mediante Combustión, Gasificación y Pirólisis.
  - *Combustión*: oxidación de la materia orgánica en la que se obtiene dióxido de carbono, agua y sales minerales. Se obtiene calor en forma de gases a alta temperatura.
  - *Gasificación*: es un proceso de combustión incompleta de la biomasa. Se produce cuando no se aporta el oxígeno suficiente para que se produzca la combustión. Se obtiene un gas combustible

formado fundamentalmente por monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno y metano, llamado comúnmente gas pobre.

- *Pirólisis*: proceso de descomposición térmica de la biomasa en una atmosfera libre de oxígeno. Se realiza a baja velocidad y temperaturas controladas obteniéndose una fracción sólida, un combustible líquido y un gas también aprovechable como combustible.
- **Biológicos**: procesos de fermentación en los que intervienen microorganismos o enzimas transformando la biomasa en ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas y/o polímeros. Con procesos de digestión anaerobia se obtienen mezclas de gases con altos contenidos en metano que se suelen denominar biogás.

Tipo de Biomasa	Tecnología			
	Combustión	Gasificación Pirólisis	Fermentación alcohólica	Digestión anaerobia
Forestal	X	X		
Agrícola	X	X	X	
Ganadera				X
Industrial	X			X
Urbana	X			X

Tabla IX. Adecuación de las distintas biomásas para distintos tratamientos.

## 6. LA ENERGÍA EN ESPAÑA

### 6.1. SITUACIÓN GEOPOLÍTICA INTERNACIONAL.

Al igual que el resto de los países del entorno España ha sufrido una gran transformación en cuanto a la estructura global del mercado energético.

Las políticas energéticas de los países más desarrollados mantienen objetivos básicos comunes de seguridad en el abastecimiento, de contribución de la energía a una mejora de la competitividad en un entorno de integración de los objetivos del cuidado del medio ambiente. Este mercado ha sufrido un crecimiento constante en los últimos años con demandas al alza que han sido satisfechas hasta el momento sin demasiados contratiempos pero, eso sí, con un aumento generalizado de los precios de la energía.

El intento de alcanzar los objetivos expuestos precisa de un difícil equilibrio entre relaciones de causa efecto: el cuidado del medio ambiente puede conseguirse con un política de mejora de la eficiencia energética a base de incrementar los precios, pero también es necesario que estos precios energético no suban demasiado para que las empresas logren objetivos de competencia en un difícil mercado internacional. De la misma forma, un apoyo de la generación de energía a partir de tecnologías limpias a base de primas incrementa los costes energéticos incidiendo en la competitividad de la economía de un país. De ahí la necesidad de sopesar cualquier medida atendiendo a la repercusión global de la misma.

La política energética utiliza una serie de instrumentos para conseguir los objetivos: diversificación de las fuentes de energía, mejora de la eficiencia, investigación desarrollo e innovación de nuevas tecnologías o aplicaciones, en un entorno de desarrollo y cooperación internacional cada vez más necesario.

Las liberalizaciones llevadas a acabo en los sectores energéticos en los últimos años han permitido una mejora de la eficiencia de los sectores de electricidad y gas, fundamentalmente, a través de la competencia entre los diversos agentes de interactúan en el mercado. Esta competencia y mejora de la eficiencia deben seguir mejorando, incrementándose en los próximos años la normalización de los

distintos mercados, europeos en primer término, que permita incrementar los intercambios energéticos y las políticas coordinadas.

También han tenido mucha repercusión las medidas tomadas para reducir las emisiones de gases efecto invernadero, con importantes inversiones tanto en mejora de los procesos de generación existentes como en la investigación e innovación de nuevas tecnologías más limpias.

### **Objetivos comunes.**

Existe unanimidad en los objetivos energéticos que deben perseguir las políticas energéticas de los países desarrollados:

- Garantizar el suministro de energías para satisfacer las demandas previstas.
- Reducir la dependencia de terceros países diversificando las fuentes de suministro.
- Reducir las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero para luchar contra el cambio climático.

Existe cierto consenso internacional en aceptar que:

- El consumo de energía en el mundo va a seguir creciendo aunque con diferencias significativas entre diferentes regiones.
- Seguirá aumentando el consumo de las fuentes primarias conocidas manteniéndose los combustibles fósiles como líderes, sobre todo en el sector del transporte.
- Aumentará la dependencia energética de los países desarrollados.
- La mejora de la eficiencia energética será una de las medidas fundamentales y vertebradora para conseguir el resto de objetivos de la política energética.
- El fomento del uso de las Energías Renovables será vital para conseguir la garantía de suministro y luchar contra el cambio climático.

- El desarrollo de nuevas tecnologías limpias para poder continuar consumiendo combustibles fósiles tradicionales es vital para intentar alcanzar los objetivos medioambientales.

Al contrario, no existe un acuerdo en afirmar que:

- La evolución de los precios energéticos será hacia precios más bajos. Existen estudios que avalan tanto un mantenimiento, hacia la baja, de los precios actuales mientras que otros expertos afirman que la escalada de los precios del petróleo conllevará un aumento generalizado del precio de la energía.
- El libre mercado es vital para garantizar el aumento de la eficiencia y fomento de las energías renovables. Ciertos estudios avalan la necesidad de mercados intervenidos para lograr las metas fijadas.
- La energía nuclear es precisa para garantizar la potencia demandada por los usuarios al mismo tiempo que para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

## **6.2. NUEVA POLÍTICA ENERGÉTICA EUROPEA.**

En enero de 2007 la Comisión Europea realizó una revisión de la política energética común en base a la nueva realidad política, energética y medioambiental. La estrategia que surge de esta revisión tiende a que la UE se convierta en referente mundial para el desarrollo de una economía de baja intensidad en carbono.

Los principales puntos de esta estrategia son los siguientes:

### **6.2.1. NECESIDAD DE UNA NUEVA POLÍTICA ENERGÉTICA.**

La energía es imprescindible para el sostenimiento de la sociedad actual y es preciso asegurar un suministro de calidad. Pero el modelo que ha prevalecido

hasta ahora no es sostenible, ni desde el punto de vista del aprovisionamiento de los combustibles utilizados mayoritariamente ni desde el punto de vista medioambiental. Por esto es necesario establecer un nuevo paradigma, un nueva política energética que permita un suministro de energía sostenible, seguro y competitivo.

### **6.2.2. ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO.**

El sector que más emisiones lanza a la atmosfera es el derivado del uso y transformación de la energía. En la UE alcanza aproximadamente el 80 % de las emisiones totales de GEI.

Con la tendencia actual de incremento de estas emisiones en 2030 se incrementarán en un 5%. Es preciso establecer nuevas políticas que permitan un crecimiento sostenible.

### **6.2.3. SEGURIDAD DE SUMINISTRO.**

Según estimaciones de la Agencia Internacional de la Energía la demanda mundial de petróleo crecerá más de un tercio sobre la demanda actual en el 2030. Esto ocasionará previsiblemente aumentos de precios y problemas con el abastecimiento. Es necesario por tanto reducir la dependencia tanto del petróleo como del gas natural.

Con los ratios actuales de incremento de la demanda y teniendo en cuenta que una gran parte de las instalaciones generadoras actuales y de las redes de transporte alcanzarán el fin de su vida útil a medio plazo es prioritario orientar las nuevas políticas a la construcción de nuevas centrales de producción eléctrica, que deberán ser necesariamente de combustibles fósiles como el carbón, el gas o centrales nucleares..., a la vez que se intensifica la implantación de centrales a partir de energía renovables.

#### **6.2.4. COMPETITIVIDAD ECONÓMICA DE LA UNIÓN EUROPEA.**

La dependencia externa para el abastecimiento energético no solo pone en peligro el abastecimiento y el suministro sino que provoca mayores precios que dificultan la competitividad y subsistencia de algunos sectores industriales y empresariales.

Políticas que favorezcan la implantación y uso de energías renovables no solo ayudan al autoabastecimiento energético sino que fomentan la creación de nuevos tejidos empresariales, la creación de empleo, la mejora de la balanza comercial y una mejora global de la economía.

#### **6.2.5. NUEVA POLÍTICA ENERGÉTICA. NUEVOS OBJETIVOS.**

La Comisión Europea ha propuesto una nueva política energética común para alcanzar los objetivos centrales de combatir el cambio climático, limitar la dependencia energética de terceros países, promoción del empleo y aseguramiento del suministro energético de calidad. Esto supone un gran cambio para que la Unión Europea se convierta en una economía eficiente y de bajas emisiones de CO<sub>2</sub>.

La Unión Europea ha alcanzado el compromiso de reducir sus emisiones de efecto invernadero en un 20% en el 2020.

#### **6.2.6. HACIA UNA NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.**

La nueva política energética de la Unión supone una nueva Revolución Industrial: una economía baja en carbono con un gran incremento de la cantidad de energía limpia producida y consumida localmente; un modelo basado en la generación distribuida.

#### **6.2.7. NUEVO MERCADO INTERIOR DE LA ENERGÍA.**

Las ventajas derivadas del nuevo modelo energético, con mayores niveles de competitividad y eficiencia energética deben ser accesibles a todos los ciudadanos

de la Unión. Debe implementarse un verdadero mercado interior de la energía que permita la libre elección de proveedor de electricidad y de gas.

### **6.2.8. MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

Algunos estudios estiman que se podría ahorrar un 20 % del consumo actual de energía mejorando la eficiencia global. Se deben implementar medidas para dotar a los equipos de uso final de la energía de la eficiencia energética necesaria, sobre todo en los edificios, el transporte y la transformación de la energía.

### **6.2.9. INCREMENTO DEL USO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.**

Es vital en el nuevo modelo energético incrementar la participación de las energías renovables en el mix energético europeo. El desarrollo y madurez de estas tecnologías no es uniforme en todos los países de la unión por lo que aun queda margen de crecimiento en el desarrollo de tecnologías como la eólica,, solar, fotovoltaica, biomasa, geotérmica, etcétera.

La unión europea se ha propuesto incrementar la participación de las energías renovables en un 20 % en 2020, triplicando el peso actual de estas tecnologías en el mix de energía primaria.

Para los biocarburantes el objetivo es que en el 2020 el 10 % de los combustibles utilizados sean de origen renovable.

### **6.2.10. DESARROLLO TECNOLÓGICO Y SOLIDARIDAD ENERGÉTICA.**

Un desarrollo tecnológico adecuado permitirá la generalización de equipos de alta eficiencia energética que permitirán a su vez una menor dependencia de combustibles fósiles de los que carecemos.

Este desarrollo debe ir acompañado de programas europeos que permitan una colaboración coordinada entre los distintos estados, evitando desigualdades o

desequilibrios de generación-consumo o de primacía de tecnologías en lugares concretos.

## 6.3. SITUACIÓN EN ESPAÑA.

### 6.3.1. DEMANDA DE ENERGÍA FINAL.

El consumo energético final en España durante el pasado año 2007 fue de 108.197 Ktep, lo que supone un incremento del 3,3% respecto al consumo de energía final en 2006. Este crecimiento está en concordancia con los incrementos medios sufridos en años anteriores.

Desglosando por sectores se puede apreciar un aumento del consumo en el sector industrial, 4,1%, derivado posiblemente de un aumento de la actividad. En los sectores residencia y terciario ha crecido un 3% mientras que en el sector transporte el incremento ha sido del 2,8 %, ligeramente menor que en años precedentes.

	2006		2007		2007/06
	ktep.	Estruct.	ktep.	Estruct.	%
CARBÓN	2.265	2,2	2.498	2,3	10,3
PRODUCTOS PETROLÍFEROS	60.919	58,1	61.826	57,1	1,5
GAS	16.430	15,7	17.779	16,4	8,2
ELECTRICIDAD	21.540	20,6	22.122	20,4	2,7
ENERGÍAS RENOVABLES	3.612	3,4	3.972	3,7	9,9
– Biomasa	3.323	3,2	3.452	3,2	3,9
– Biogas	37	0,0	37	0,0	0,0
– Biocarburantes	171	0,2	382	0,4	123,0
– Solar térmica	73	0,1	93	0,1	26,7
– Geotérmica	8	0,0	8	0,0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>104.767</b>	<b>100,0</b>	<b>108.197</b>	<b>100,0</b>	<b>3,3</b>

Nota: El consumo final incluye los usos no energéticos:  
 – productos petrolíferos: 6863 ktep en 2006 y 6652 ktep en 2007.  
 – gas: 441 ktep en 2006 y 477 ktep en 2007.

Metodología: A.I.E.  
 Fuente: SGE (Secretaría General de la Energía.)

Tabla X. Consumo de energía final en España

La demanda de energía eléctrica ha crecido en el año 2007 un 2,7%, ratio ligeramente superior al del 2006 pero que refleja una tendencia decreciente en el conjunto de los últimos años. Posiblemente esta suave tendencia a un menor consumo eléctrico se vea favorecida por las políticas de mejora de la eficiencia energética promovidas por las distintas administraciones.

	2006		2007		2007/06
	ktep.	Estruct.	ktep.	Estruct.	%
INDUSTRIA	35.373	33,8	36.812	34,0	4,1
TRANSPORTE	39.975	38,2	41.084	38,0	2,8
USOS DIVERSOS	29.420	28,1	30.302	28,0	3,0
<b>TOTAL</b>	<b>104.767</b>	<b>100,0</b>	<b>108.197</b>	<b>100,0</b>	<b>2,7</b>

Metodología: A.I.E.  
Fuente: SGE

**Tabla XI. Consumo de energía final en España por sectores.**

En cuanto al consumo de combustibles se ha producido un incremento del consumo de gas natural, 8,2%, y un incremento del 1,5 % en el consumo de productos derivados del petróleo.

En el sector del transporte destaca el aumento significativo, 5,5%, en el consumo de queroseno de aviación motivado por el incremento de este tipo de transporte, un crecimiento del 4% en gasóleos de automoción y un descenso del 5% en el consumo de gasolinas.

	2006	2007	2007/06
	ktep.	ktep.	%
G.L.P.	2.346	2.330	-0,7
GASOLINAS	7.426	7.053	-5,0
KEROSENO	5.762	6.079	5,5
GAS-OIL	35.398	36.592	3,4
– Gasoleo A+B	31.426	32.690	4,0
– Gasoleo C	3.972	3.902	-1,8
OTROS PRODUCTOS	9.988	9.773	-2,1
<b>TOTAL</b>	<b>60.919</b>	<b>61.826</b>	<b>1,5</b>

Nota: El consumo final incluye los usos no energéticos.

Metodología: A.I.E.  
Fuente: SGE

**Tabla XII. Consumo final de productos petrolíferos en España.**

	2006	2007	2007/06
	ktep.	ktep.	%
PENINSULAR	20.369	20.915	2,7
EXTRAPENINSULAR	1.171	1.207	3,1
<b>TOTAL</b>	<b>21.540</b>	<b>22.122</b>	<b>2,7</b>

Metodología: A.I.E.  
Fuente: SGE

Tabla XIII. Consumo final de electricidad en España

	2006	2007	2007/06
	ktep.	ktep.	%
Siderurgia	1.571	1.720	9,5
Cemento	135	231	70,9
Resto de industria	534	517	-3,3
Usos domésticos	25	31	26,2
<b>TOTAL</b>	<b>2.265</b>	<b>2.498</b>	<b>10,3</b>

Metodología: A.I.E.  
Fuente: SGE

Tabla XIV. Consumo final de Carbón en España

### 6.3.2. DEMANDA DE ENERGÍA PRIMARIA

La energía primaria es la energía que se obtiene directamente en un yacimiento de la naturaleza y no ha sido sometida a ningún proceso de conversión. Por energía primaria entenderemos la energía resultante de sumar al consumo energético final no eléctrico los consumos en los sectores energéticos (propios, de transformación y de generación, incluida la generación de electricidad) y las pérdidas.

El consumo de energía primaria en España en 2007 fue de 146.779 Ktep, con un incremento del 1,8% sobre el 2006.

## Consumo de energía primaria en España

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Carbón (%)	17,3	15,3	16,5	14,8	14,7	14,6	12,8	13,8
Petroleo (%)	51,8	52,2	51,1	50,9	50,1	49,3	49,1	48,3
Gas Natural (%)	12,2	12,8	14,2	15,6	17,4	20,0	21,0	21,5
Nuclear (%)	13,0	13,0	12,4	11,8	11,7	10,3	10,9	9,8
Renovables (%)	5,4	6,4	5,4	6,8	6,3	5,9	6,4	7,0
<b>TOTAL (Ktep)</b>	<b>124.889</b>	<b>127.734</b>	<b>132.357</b>	<b>136.202</b>	<b>141.846</b>	<b>145.512</b>	<b>144.132</b>	<b>146.779</b>

Metodología: A.I.E.

Fuentes: SGE, Ministerio Medio Ambiente.

Elaboración Propia

Tabla XV. Consumo de energía primaria en España. 2000-2007

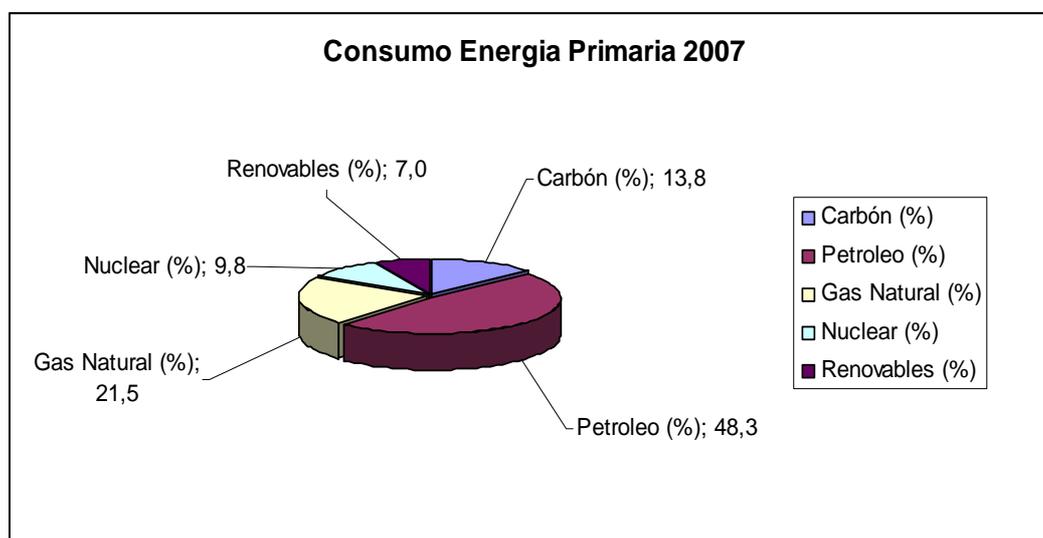


Figura 28. Consumo de energía primaria en España. 2007.

De los gráficos y datos aportados se pueden deducir algunos puntos que es conveniente destacar.

El consumo de carbón ha sufrido un incremento del 9,5%, lo que rompe la tendencia decreciente seguida desde el año 2000. Este mayor consumo se debe al aumento de generación eléctrica a partir de carbón debido al descenso de producción de las centrales nucleares que descendían un 8,4% por una menor disponibilidad de algunos grupos. Esta menor disponibilidad nuclear es posible que se mantenga y que disminuya aun más por los más frecuentes paros que sufren las centrales en servicio motivadas en parte por el acercamiento al fin de su vida útil, lo que podría provocar un mayor consumo de carbón. La producción nacional de carbón está sufriendo descensos continuados, con una disminución del 5,8% en el 2007, debido a cierres de unidades de producción y a una menor

producción de algunos pozos. Este desequilibrio puede hacer disminuir aun más el grado de autoabastecimiento.

El consumo de petróleo se está manteniendo prácticamente constante en los años del presente siglo, disminuyendo progresivamente para la generación eléctrica y aumentando para el sector transporte.

Las energías renovables proporcionan el 7 % de la energía primaria con incrementos destacados en los biocarburantes, la energía solar y la energía eólica.

Se aprecia también una gran evolución en el consumos de Gas Natural desde el 2000 hasta el 2007, por el avance de este combustible en el sector residencia, el industrial y en las centrales de generación eléctrica de ciclo combinado. Es preciso alertar de que esta dependencia del Gas no es precisamente favorable, ya que si bien se mejoran los ratios de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero, no se disminuye el grado de dependencia exterior ya que España no cuenta por el momento con yacimientos explotables a la vez que las reservas de este combustible tienen una vida finita y cercana en el tiempo.

### 6.3.3. GRADO DE AUTOABASTECIMIENTO

Mención especial requiere el tema del autoabastecimiento energético, objetivo prioritario de todas las políticas energéticas y clave para la seguridad estratégica del país.

Actualmente España alcanza un grado de autoabastecimiento del 20,9 %, con un descenso respecto al 2006.

	2006	2007
CARBÓN	33,8	29,0
PETRÓLEO	0,2	0,2
GAS NATURAL	0,2	0,0
NUCLEAR	100,0	100,0
HIDRÁULICA	100,0	100,0
ENERGÍAS RENOVABLES	100,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>21,7</b>	<b>20,9</b>

(1): Relación entre producción interior y consumo total de energía.

Metodología: A.I.E.

Fuente: SGE

Tabla XVI. Grado de autoabastecimiento de España

La aportación del carbón nacional es apenas del 29 % del total consumido, fundamentalmente para generación de energía eléctrica, siderurgia, e industria cementera.

La implementación de tecnologías más limpias para su transformación, la captura de CO<sub>2</sub> y la mejora en las labores de explotación deberían poder incrementar el peso del carbón en el mix español a la vez que incrementar la explotación de los yacimientos españoles.

**PRODUCCION DE ENERGIA PRIMARIA**  
Abril 2007-Marzo 2008

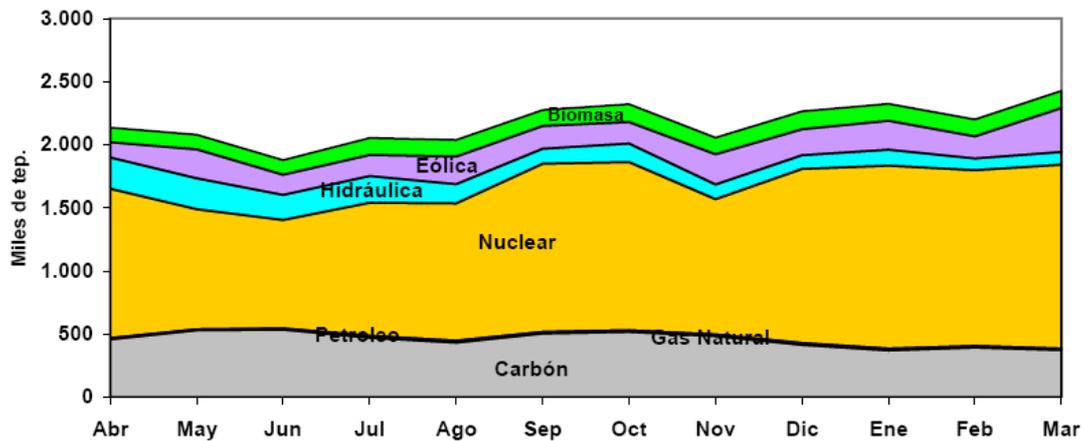


Figura 29. Producción de energía primaria en España. Abril 2007- Marzo 2008.

Fuente: S.G.E.

#### 6.4. LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN 2007.

De acuerdo a los datos publicados hasta el momento por las distintas administraciones con intereses en el campo de las energías renovables (por cierto, la dispersión de administraciones, competencias, intereses y multiplicidad de acciones, a veces, contrapuestas, sería un aspecto a tratar por si mismo.) en el año 2007 se ha incrementado el uso de energía primaria renovable en aproximadamente 11% con respecto al año anterior. Se consumieron 10,2

millones de toneladas equivalentes de petróleo, contribuyendo con el 7% de la energía primaria consumida.

	Potencia (MW)	Producción (GWh)	Producción en términos de Energía Primaria (Provisional 2007) (ktep)	Producción en términos de Energía Primaria (Año Referencia PER) (1) (ktep)
<b>Generación de electricidad</b>				
Hidráulica (> 50 MW) (2)	13.521,2	22.157	1.623	2.151,2
Hidráulica (Entre 10 y 50 MW)	2.999,0	4.243	365	515,8
Hidráulica (< 10 MW)	1.852,0	4.105	353	493,7
Biomasa	396	1.665	585	1.081,3
R.S.U.	189	1.548	649	512,3
Eólica	15.090	27.534	2.368	3.115
Solar fotovoltaica	638	464	40	82
Biogás	166	637	202	308
Solar termoeléctrica	11	8	2	6
<b>TOTAL ÁREAS ELÉCTRICAS</b>	<b>34.862</b>	<b>62.361</b>	<b>6.187</b>	<b>8.265</b>
<b>Usos térmicos</b>	<b>m<sup>2</sup> Solar t. baja temp.</b>			<b>(ktep)</b>
Biomasa			3.452	3.452
Biogás			37	37
Solar térmica de baja temperatura	1.198.453		93	93
Geotermia			8	8
<b>TOTAL ÁREAS TÉRMICAS</b>			<b>3.590</b>	<b>3.590</b>
<b>Biocarburantes (Transporte)</b>				
<b>TOTAL BIOCARBURANTES</b>			<b>382</b>	<b>382</b>
<b>TOTAL ENERGÍAS RENOVABLES</b>			<b>10.159</b>	<b>12.237</b>
<b>CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA (ktep)</b>			<b>146.646</b>	<b>146.646</b>
<b>Energías Renovables/Energía Primaria (%)</b>			<b>6,9%</b>	<b>8,3%</b>

(1): Datos de 2007, provisionales. Para las áreas eléctricas, se incluye la producción correspondiente a un año referencia de acuerdo a las horas medias y rendimientos considerados en el PER 2005-2010. Se consideran para ello las potencias en servicio a 31 de diciembre.

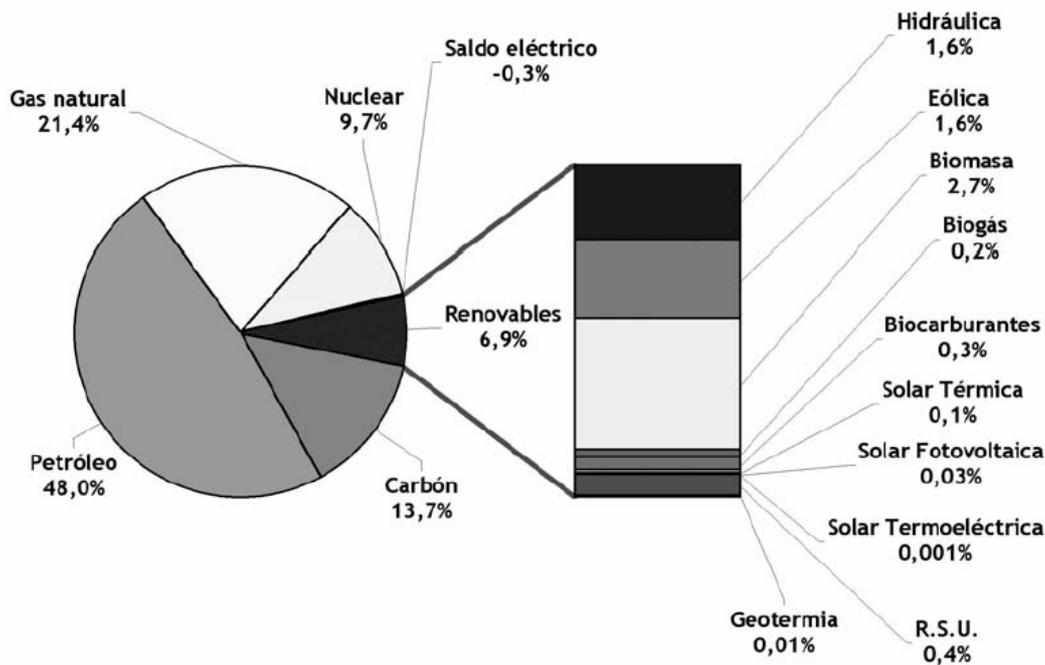
(2): Incluye producción con bombeo puro

Fuente: IDAE

### Tabla XVII. Producción de energía con fuentes renovables en España en 2007

En generación eléctrica se obtuvo una producción de 62.361 GWh lo que supuso un 20 % de la producción total. Para tener un rango de magnitud con el que establecer comparaciones podemos destacar que las centrales nucleares aportaron el 17,7% de la electricidad.

Esta electricidad de origen renovable es generada fundamentalmente con tecnología hidráulica en sus distintas clasificaciones y tecnología eólica, con las que se alcanza el 93% de la producción. La energía eólica ha experimentado un crecimiento en el año 2007 del 16% respecto a la producción del año 2006, debido fundamentalmente al gran incremento de potencia instalada, 29%.



Fuente: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio - IDAE

**Figura 30. Consumo de energía primaria en 2007 en España por fuentes energéticas**

Las energías renovables en el año 2007 han tenido incrementos espectaculares en casi todas las tecnologías disponibles: 123% en biocarburantes, 63% en solar, 44% con residuos sólidos urbanos (RSU) y 16% en eólica.

Estudio aparte merece el incremento de las instalaciones de generación con tecnología solar fotovoltaica que ha superado los objetivos del PER 2005-2010 en un 32%. Esto ha ocasionado que en cumplimiento del RD 661/2007, las instalaciones fotovoltaicas que no estén finalizadas el 29 de septiembre de 2008 no podrán acogerse a las primas establecidas en el citado Real Decreto. Se prevé que antes de esa fecha se publique el nuevo marco normativo para este tipo de instalaciones. Según informaciones del Ministerio de Industria se contempla hasta un 35 % de reducción en las primas por kilovatio hora generado con tramos de remuneración distintos en función de la ubicación de las centrales de generación; por ejemplo, las instalaciones en cubiertas y tejados podrán tener mayor prima que

las ubicadas directamente en el suelo. Además se establecerá una potencia máxima a instalar por año que puede rondar los 300 MW.

## 6.5. ENERGÍA EN EUROPA

Ya se ha comentado el estado de las energías renovables y energías tradicionales en el entorno de la Unión Europea en capítulos precedentes pero será interesante establecer una comparativa entre los mix energéticos de los países del entorno.

Se ha utilizado el indicador de Producción eléctrica bruta por combustible del año 2005 utilizando datos facilitados por *Eurostat*, que si bien no es un indicador de la energía primaria como tal, si puede indicarnos la participación de las energías renovables en la producción de energía eléctrica frente a otro tipo de combustibles.

No entran por tanto en esta comparativa el uso de los productos petrolíferos para la industria o para el sector del transporte de los que haremos posteriormente algunos comentarios.

A continuación se aporta un cuadro resumen de la Producción eléctrica bruta en 2005 para España, Reino Unido, Alemania, Francia, Austria, Bélgica, Bulgaria, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia y Portugal.

## PRODUCCIÓN ELÉCTRICA BRUTA POR COMBUSTIBLE EN 2005

	ESPAÑA	REINO UNIDO	ALEMANIA	FRANCIA	AUSTRIA	BELGICA	BULGARIA	R. CHECA	DINAMARCA	FINLANDIA	GRECIA	HUNGRÍA	IRLANDA	ITALIA	PORTUGAL
<b>GAS</b>	27,4	38,7	12,4	4,5	21,8	28,9	5,2	5,8	24,3	16,9	13,6	35,0	43,3	51,1	29,2
<b>PETROLEO</b>	8,3	1,4	1,7	1,4	2,5	2,0	1,5	0,4	3,8	0,7	15,3	1,3	13,2	15,5	18,9
<b>CARBON</b>	26,8	33,8	43,4	4,8	10,9	9,4	40,6	59,3	42,6	15,6	59,2	19,6	34,9	14,3	32,7
<b>NUCLEAR</b>	19,6	20,5	26,3	78,4	0,0	54,7	42,0	29,9	0,0	33,0	0,0	38,7	0,0	0,0	0,0
<b>ACU. POR BOMBEO</b>	1,2	0,7	1,2	0,8	4,2	1,5	0,9	0,8	0,0	0,0	1,0	0,0	1,4	2,3	0,8
<b>OTROS</b>	1,8	0,5	4,6	0,0	0,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,4	0,0
<b>HIDROELECTRICA</b>	6,6	1,2	3,2	9,0	54,6	0,3	9,8	2,9	0,1	19,6	8,4	0,6	2,5	11,8	10,2
<b>EOLICA</b>	7,2	0,7	4,4	0,2	2,0	0,3	0,0	0,0	18,2	0,2	2,1	0,0	4,4	0,8	3,8
<b>BIOMASA</b>	1,1	2,5	2,6	0,9	3,1	2,4	0,0	0,9	11,0	13,6	0,2	4,8	0,5	2,0	4,2
<b>SOLAR</b>	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>GEOTERMICA</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,2
<b>TOTAL RENOVABLES</b>	14,9	4,4	10,4	10,1	59,7	3,0	9,8	3,8	29,3	33,4	10,7	5,4	7,4	16,4	18,4

Fuente: EUROSTAT.  
Elaboración propia.

Tabla XVIII. Producción eléctrica bruta por combustible en países europeos en 2005.

De los datos reflejados en el cuadro anterior se pueden deducir los siguientes puntos de interés:

- España cuenta con una buena participación de las energías renovables en el mix energético, si bien, es cierto que países de nuestro entorno como Austria, Dinamarca, Finlandia o Portugal cuentan con un mayor aporte de estas tecnologías a la producción de energía. Es importante por consiguiente seguir insistiendo en el aumento de la potencia instalada en tecnologías renovables pero sin descuidar otras fuentes que permitan una adecuada gestión de la demanda y garantía de suministro.
- La energía nuclear sigue teniendo un peso específico importante en la producción de energía en gran parte de los países europeos. Permite aumentar el grado de autoabastecimiento y garantizar niveles de potencia gestionable. Es destacable también la excesiva dependencia de este tipo de tecnología de algunos países del entorno; son reseñables los ejemplos de Francia (78,4%), Bélgica (54,7%), Bulgaria (42%) y Hungría (38,7%). Sería deseable una mayor diversificación de las fuentes utilizadas que eviten huecos de suministro en casos de averías importantes o dificultades estratégicas. En este punto de la diversificación, España puede ser un buen ejemplo.
- El carbón tiene un peso destacable en la mayor parte de los países del entorno. No es de extrañar si tenemos en cuenta que las estimaciones de las reservas de este combustible en estas latitudes son bastante optimistas. Será preciso pues seguir investigando en la mejora de los procesos de combustión y de captura de CO<sub>2</sub> para convertir esta vieja y conocida tecnología en una energía limpia.
- Punto específico requiere el tratamiento del consumo de los productos petrolíferos, que junto con el consumo de gas natural lastran el grado de autoabastecimiento energético, y que suponen una parte importantísima de las emisiones de contaminantes y de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

El transporte es uno de los sectores que más derivados del petróleo consume en nuestro país, y en la mayor parte de los países de la Unión Europea. Es preciso acometer una regulación del sector para reducir el consumo de gasolinas, gasóleos y otros derivados, reduciendo de esta manera nuestra dependencia energética y los niveles de emisiones a la atmosfera, y para ello es urgente la implementación de medidas imaginativas y concretas. Apuntamos algunas líneas a estudiar:

- Reducción de los niveles de transporte de mercancías por carretera. Implica, claro está, una reforma drástica del sector y una gran inversión en otro tipo de infraestructuras. Sería preciso limitar o regular el transporte de mercancías para un número máximo de kilómetros; por ejemplo, todo transporte de mercancías a una distancia mayor de 200 kilómetros, o aquel que se realice entre capitales de provincia... deberá realizarse por ferrocarril, dejando el transporte por carretera para los trayectos de menos entidad. Esto requeriría una gran inversión en infraestructuras ferroviarias, centros logísticos de intercambio de mercancías, etcétera.
- Uso predominante de biocarburantes en los vehículos de uso público y privado. El uso de bioetanol y biodiesel es totalmente factible y ejemplos como el de Brasil es digno de estudio. Es preciso una regulación del sector que anime al establecimiento de estándares claros para estos biocarburantes junto con la necesaria colaboración del sector automovilístico para adaptar sus productos a los nuevos combustibles. Los procesos están totalmente probado y las tecnologías disponibles. Solo es necesaria voluntad política y empresarial.
- El gas natural también merece un comentario. En pocos años hemos pasado de ser un combustible casi testimonial a proporcionar casi la cuarta parte de la energía primaria en España. Y no hay que olvidar que España carece de yacimientos explotables conocidos de Gas Natural, al igual que

de petróleo, y que las reservas conocidas tienen un horizonte no demasiado lejano por lo que su incremento en el peso del mix energético español debería sopesarse adecuadamente.

- Industrias importantes como la Siderurgia, cementeras o el sector cerámico son grandes consumidores de estos combustibles fósiles: gas natural y derivados del petróleo. Es necesario establecer políticas de adaptación a otras fuentes energéticas renovables y limpias que permitan reducir emisiones y rebajar la dependencia del exterior.

## 7. CONCLUSIONES

A la vista de lo expuesto en capítulos precedentes podemos establecer las conclusiones siguientes:

### DIAGNOSTICO ACTUAL

- El consumo de energía ha sufrido un crecimiento desmesurado. A principios del siglo XX se consumían unos 20 exajulios (1 exajulio=  $10^8$  julios). En el año 2005 se consumieron cerca de 400 exajulios. Esto es veinte veces más. Si consideramos que la población se ha multiplicado por cuatro podremos decir que en un siglo el consumo energético se ha multiplicado por cinco. Debemos entender esta circunstancia en todo su alcance pues en no muchos años la posesión de combustibles será una ventaja estratégica y competitiva. No todos los países podrán adquirir los combustibles que deseen.
- A nivel mundial, y España no se desvía demasiado, el 78 % de esta energía procede actualmente del carbón y de los hidrocarburos. (*Ver punto 6.3.2.- Demanda de energía primaria en España*). Estos combustibles fósiles son unos de las grandes causantes de las emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes a la atmosfera.
- España no cuenta con yacimientos de petróleo. (Los yacimientos ubicados en la comarca burgalesa de La Lora producen entre 10 y 80 barriles diarios que debido a su mala calidad se queman en Plantas de fabricación de vidrio en provincias limítrofes)). España no cuenta con yacimientos de gas natural, pero si cuenta con yacimientos de carbón que podrían aprovecharse de manera efectiva con las técnicas de laboreo adecuadas.
- España presenta una situación privilegiada para el aprovechamiento de ciertas energías renovables procedentes, en esencia, del Sol. La energía eólica o la energía solar, tanto en su vertiente fotovoltaica como la

termosolar, se están convirtiendo en protagonistas a la hora de satisfacer la demanda de energía de los ciudadanos.

- La situación actual en España, al igual que en la mayoría de los países de nuestro entorno, no es sostenible. El ritmo de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero a la atmosfera parece que está acelerando el calentamiento del planeta incrementando desmesuradamente el efecto invernadero. La excesiva dependencia de los productos derivados del Petróleo y del Gas Natural pone en peligro el abastecimiento de España por lo que estratégicamente no es deseable. Además las reservas de los combustibles fósiles mayoritariamente utilizados en este momento se estiman en algunas decenas de años (no más de 60 o 70 años...) por lo que será vital la utilización de otras fuentes energéticas.

## MEDIDAS A ADOPTAR

- Es necesario implementar una economía de bajo contenido en carbono. La dependencia del petróleo y de sus derivados debe ser combatida a través de medidas que reduzcan el consumo de combustibles derivados del petróleo y permita utilizar este producto como materia prima para la fabricación de otros productos de consumo.
  - Es preciso incrementar el uso de biocarburantes en el sector del transporte. Políticas agresivas e imaginativas como las seguidas en Brasil permiten que la mayoría de los vehículos industriales y particulares utilicen combustibles derivados de la biomasa. El uso de los terrenos cultivables para la cosecha de productos con fines energéticos puede entrar en confrontación con la producción de alimentos para animales y humanos. Las normativas deben establecer mecanismos claros para garantizar la producción de los alimentos necesarios a la vez que se dedican determinadas tierras a la producción de cultivos energéticos.

- Es necesario fomentar el uso del ferrocarril para el transporte de mercancías. (Ver punto 6.5.- Energía en Europa).
- Las industrias que utilizan grandes cantidades de combustibles derivados del petróleo deben sustituirlo paulatinamente por otras fuentes de energía, renovables si es posible. (Ver punto 6.5.- Energía en Europa)
- Será preciso seguir utilizando carbón. Si bien es un elemento contaminante y generador de gases de efecto invernadero es un combustible con reservas probadas en nuestro país por lo que es una baza estratégica para incrementar el grado de autoabastecimiento. Nuevos procesos de combustión asociados a procesos de captura y secuestro posterior del CO<sub>2</sub> serán ámbitos de investigación necesarios para los próximos años.
- La energía nuclear debe contemplarse como una opción más dentro del mix energético español. Proporciona energía de calidad con costes competitivos y cero emisiones, sin tener en cuenta la particularidad de los residuos generados. Es importante tener en cuenta que las plantas en funcionamiento en España actualmente tienen parte de su vida útil agotada. Esta longevidad junto con los largos plazos de construcción necesarios precisan que cualquier decisión de construcción de nuevas plantas o repotenciación de alguna de las existentes se tome en el corto plazo. Además es una tecnología necesaria para incrementar el nivel de autoabastecimiento; Francia, por ejemplo, genera más del 75% de su energía eléctrica mediante centrales nucleares.
- El consumo de energía por ciudadano se ha quintuplicado en el último siglo. La forma de vida actual está basada en un desaforado consumo energético que junto a la generación de residuos caracterizan al ciudadano del siglo XXI. Es necesario cambiar los hábitos de vida actuales, reduciendo el consumo de energía. Utilización de transporte público frente al vehículo privado; consumo controlado de combustibles para calefacción y refrigeración; utilización racional de equipos eléctricos

y electrónicos; utilización de equipos de alta eficiencia energética...son algunas de las medidas que todos podemos poner en práctica para contribuir al ahorro energético. Hemos de tener siempre presente que los pequeños gestos son también importantes.

- Las energías renovables tienen un papel fundamental en toda esta estrategia. Las fuentes limpias, de libre disposición y con nula, o casi nula, generación de contaminantes y de gases de efecto invernadero, hacen que el uso de estas tecnologías sea vital para diversificar las fuentes primarias de nuestro *mix* energético, para incrementar nuestro nivel de autoabastecimiento y para reducir los niveles de emisiones y contaminantes.
  - Es necesario contar con legislación y normativa clara que permita a los promotores planificar con la necesaria seguridad sus inversiones en este sector. Los cambios que en España estamos sufriendo con las políticas de implantación o las cuantías de las primas a la generación no son precisamente incentivos para los empresarios. Por ejemplo, las nuevas normativas que regularán las primas que percibirán las producciones de los nuevos parques fotovoltaicos que se instalen en el año 2009 prevén reducciones económicas importantes que pueden desestabilizar la viabilidad financiera de estas instalaciones. Los borradores publicados hasta el momento también prevén limitaciones en cuanto a la potencia a primar en cada año, estableciendo para el próximo año 300 MW cuando solo desde enero a septiembre de 2008 se han puesto en funcionamiento más de 1.000 MW.
  - Es necesaria una política de inversión en infraestructuras que permita una adecuada evacuación y transporte de las energías generadas con tecnologías renovables. En particular es vital contar con redes eléctricas de calidad para la conexión a red de las plantas de generación eólica y fotovoltaica.

- o Sería deseable acercar las fuentes de generación de energía a los puntos de consumo. Esto redundaría en una reducción de las pérdidas producidas por la transformación y el transporte. Una política adecuada de distribución de la generación establecería la posibilidad de dotar a nuestros edificios residenciales, de oficinas o industriales de fuentes de generación propias: pequeños aerogeneradores (Proyecto Singular Estratégico Minieólica), captadores fotovoltaicos en fachadas y cubiertas, colectores solares térmicos, centrales de micro generación propia, etcétera, suministrarían parte de la energía eléctrica y/o calorífica que consumimos todos los días.
- o La energía minihidráulica tiene también muchas posibilidades:
  - Se deben potenciar los aprovechamientos de pequeños cauces de montaña con instalaciones de reducido impacto medioambiental.
  - Se debe investigar el aprovechamiento de las grandes infraestructuras de regadío que se están implementando en España para generar electricidad y compensar en parte el consumo de las grandes instalaciones de bombeo que se están construyendo.
  - Es preciso una reducción de los plazos y simplificación de la burocracia necesaria para la construcción de este tipo de instalaciones.

El *mix* energético Español, sin contar con el consumo de los derivados del petróleo para el sector del transporte, es uno de los más diversificados de nuestro entorno, contando con casi todas las tecnologías disponibles. Es preciso, de todas formas, incrementar la participación de las energías renovables, que minimizan la emisión de contaminantes y gases de efecto invernadero. Pero esto debe realizarse con la inversión en nuevos grupos de generación con tecnología nuclear y con *tecnologías limpias* de combustión de carbón que garanticen la potencia necesaria en los momentos en que las renovables no sean capaces de satisfacer la demanda.

No debemos olvidar que aun no podemos garantizar que las nubes no oculten el sol o que los vientos soplen siempre en la dirección y con la velocidad que nos interese en cada momento.



. Figura 31. Aerogenerador de eje vertical de 5 KW de última generación diseñado para instalaciones sobre edificios

## 8. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Balance producción eléctrica 2007. (IDAE)	9
Figura 2. Producción energética primaria con EE.RR. por fuentes. (UE-27.2005)	14
Figura 3. Curvas agregadas de oferta y demanda para el día 9 de septiembre de 2008, hora 1.	34
Figura 4. Resumen de precios del mercado diario para 09-09-2008	34
Figura 5. Secuencia de mercados intradiarios	35
Figura 6. Consumo de energía primaria por fuentes.	37
Figura 7. Evolución del consumo de energía primaria.	38
Figura 9. Turbina tipo Pelton	46
Figura 10. Turbina tipo Francis	47
Figura 12. Tabla para la elección de turbina.	48
Figura 14. Nuevos modelos de generadores eólicos.	52
Figura 15. Esquema de principio de instalación solar térmica.	53
Figura 16. Corte transversal de colector solar térmico.	54
Figura 17. Colector de tubos de vacío.	54
Figura 18. Colector solar para calentamiento de piscinas.	55
Figura 19. Instalación de central termoeléctrica de concentración en torre.	56
Figura 21. Colectores cilindro parabólicos.	57
Figura 22. Esquema de principio de central termoeléctrica con CCP.	57
Figura 23. <i>Esquema de funcionamiento de un disco parabólico con motor Stirling en el foco.</i>	58
Figura 25. Paneles fotovoltaicos situados sobre el terreno.	60
Figura 26. Detalle de captador de biogas instalado en vertedero de RSU clausurado.	62
Figura 27. Vista del tamaño habitual de los pellets de biomasa.	63
Figura 28. Consumo de energía primaria en España. 2007.	75
Figura 29. Producción de energía primaria en España. Abril 2007- Marzo 2008.	77
Figura 30. Consumo de energía primaria en 2007 en España por fuentes energéticas	79

Figura 31. Aerogenerador de eje vertical de 5 KW de última generación diseñado para instalaciones sobre edificios

91

## 9. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Aplicaciones de las energías renovables.	11
Tabla II. Contribución de las EE.RR. a la generación de electricidad. (UE-27-2005).	11
Tabla III. Contribución de las EE.RR. a la generación de frío/calor. (UE-27-2005).	12
Tabla IV. Consumo final de energías renovables 2000-2005. (UE-27).	13
Tabla V. Evolución de la potencia (MW) en régimen especial. Sistema peninsular.	24
Tabla VI. Evolución de la producción (GWh) en régimen especial. Sistema peninsular. Año hidrológico medio.	24
Tabla VII. Potencia (MW) eólica instalada prevista por las CCAA.	26
Tabla VIII. Evolución de la dependencia energética en España.	37
Tabla IX. Adecuación de las distintas biomásas para distintos tratamientos.	65
Tabla X. Consumo de energía final en España.	72
Tabla XI. Consumo de energía final en España por sectores.	73
Tabla XII. Consumo final de productos petrolíferos en España.	73
Tabla XIII. Consumo final de electricidad en España.	74
Tabla XIV. Consumo final de Carbón en España.	74
Tabla XV. Consumo de energía primaria en España. 2000-2007.	75
Tabla XVI. Grado de autoabastecimiento de España.	76
Tabla XVII. Producción de energía con fuentes renovables en España en 2007.	78
Tabla XVIII. Producción eléctrica bruta por combustible en países europeos en 2005.	82

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Boletín Trimestral de Coyuntura Energética. Nº 53. 1<sup>er</sup> trimestre 2008.
2. Cabal Cuesta, H. LOS COSTES EXTERNOS EN LOS MODELOS ENERGÉTICOS GLOBALES DE OPTIMIZACIÓN. UNA HERRAMIENTA PARA LA SOSTENIBILIDAD. Tesis Doctoral. Universidad Rey Juan Carlos. 2007.
3. Cabrera Jiménez, J.A. y otros. (CIEMAT) LAS TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN EL SECTOR ESPAÑOL DE LA ENERGÍA. Rev. ECONOMÍA INDUSTRIAL Nº 342. Pág. 73-86.
4. Club Español de la Energía. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PENÍNSULA IBÉRICA 2007. Enerclub/Everis 2007.
5. Club Español de la Energía. Papeles de Cuadernos de Energía. EL PAPEL DE LA ELECTRICIDAD. 2007.
6. Comunidad de Madrid. GUÍA BÁSICA DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA. Madrid 2007.
7. Comunidades europeas, 2008. LAS ENERGÍAS RENOVABLES MARCAN LA DIFERENCIA. I.S.B.N. 978-92-79-06362-6.
8. Diputación Foral de Vizcaya. ENERGÍAS RENOVABLES. GENERACIÓN DISTRIBUIDA.
9. ESTRATEGIA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA 2004-2012. E4. PLAN DE ACCIÓN 2008-2012. IDEA.2007.
10. Propuesta de DIRECTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
11. Redondo Gil, C. PRONTUARIO DE ENERGÍAS RENOVABLES. POLÍTICAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES. TECNOLOGÍA ENERGÉTICA. Universidad de León. 2007.
12. Secretaria General de Energía. PLANIFICACIÓN DE LOS SECTORES DE ELECTRICIDAD Y GAS 2008-2016. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Mayo 2008.

13. Secretaria General de Energía. LA ENERGÍA EN ESPAÑA 2007. I.S.B.N. 978-84-96275-64-5.
14. Stanislaw, Joseph A. CAMBIO CLIMÁTICO Y SEGURIDAD DE SUMINISTRO: EL FUTURO YA ESTA AQUÍ. Deloitte Development LLC- 2007.
15. Stanislaw, Joseph A. CAMBIOS EN EL SECTOR DE LA ENERGÍA: EL MAYOR RETO DEL SIGLO XXI. Deloitte Development LLC- 2006.
16. Stanislaw, Joseph A. EL PROFUNDO IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO: EL AMANECER DE LA ECONOMÍA VERDE. Deloitte S.L. 2008.
17. Toharia, Manuel. EL CLIMA. EL CALENTAMIENTO GLOBAL Y EL FUTURO DEL PLANETA. Debolsillo, 2008. I.S.B.N.: 978-84-8346-662-9.



