

---

# HORIZONTE A LARGO PLAZO EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA

## RAMÓN BAEZA

Senior Partner and Managing Director  
The Boston Consulting Group.

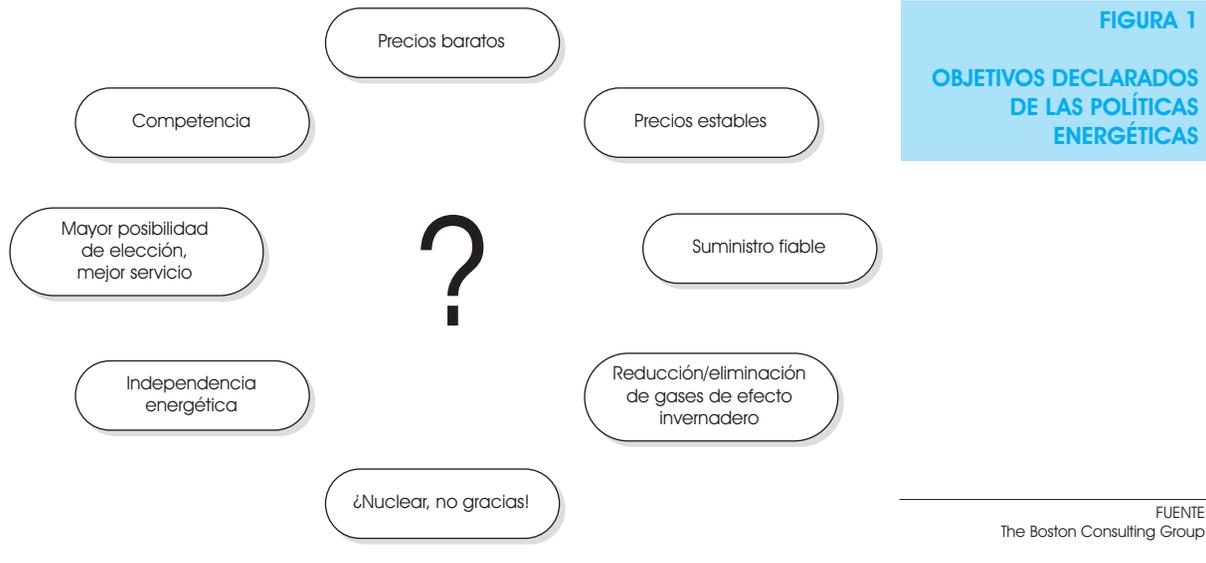
La generación eléctrica es un elemento clave para el funcionamiento de un país. La electricidad es un bien de primera necesidad que debe ofrecerse a todos los ciudadanos que la demanden, y al que toda la población debe tener garantizado el acceso.

La energía eléctrica es, sin duda, un vector clave del desarrollo económico, cuya falta de suministro puede paralizar la economía de un país. Un apagón interrumpe todo tipo de actividad profesional y productiva. Además, unos elevados costes de la energía disminuyen la competitividad del resto de las empresas, principalmente las industriales, y pueden dificultar el desarrollo económico y social.

Sin embargo, la producción de electricidad tiene asociadas «externalidades» que deben ser evaluadas y cuyo efecto negativo debe ser reducido en la medida de lo posible. Dicha producción es una de las responsables de los gases de efecto invernadero y de otros tipos de emisiones que provocan daños en el medio ambiente. Otras tecnologías de generación, como la nuclear, no provocan emisiones de CO<sub>2</sub>, pero originan residuos de larga duración. Por otro lado, la instalación de determinados activos energéticos conlleva un importante rechazo social que es preciso minimizar o gestionar adecuadamente.

Es importante señalar que la generación eléctrica tiene que cumplir los objetivos de la política energética establecidos por las múltiples instituciones locales, regionales, nacionales y supranacionales, que son, en ocasiones, contradictorios entre sí. En primer lugar y de forma prioritaria, las compañías eléctricas deben garantizar la seguridad de suministro sin interrupciones. Un objetivo esencial para la generación eléctrica es la sostenibilidad medioambiental, que impone la realización de serios esfuerzos para generar electricidad reduciendo al máximo o eliminando, en la medida de lo posible, los gases de efecto invernadero y otros gases contaminantes.

En este contexto medioambiental, también hay países que se han autoimpuesto el objetivo de no construir nuevas centrales de energía nuclear, como Alemania, Italia, Portugal y España, y en los que el rechazo social y ciudadano hacia este tipo de generación constituye un serio obstáculo para su desarrollo.



Por otro lado, los países tienen el objetivo de alcanzar una cierta independencia energética que no ponga en riesgo su aprovisionamiento y competitividad futuros. Además de todo esto, la Unión Europea ha fomentado un modelo de mercado energético en competencia que propicie la posibilidad de elección de suministrador e incentive a las compañías para ofrecer un mejor servicio. También, es deseable que la electricidad tenga precios competitivos y estables, que garanticen la posibilidad de acceder a su consumo a toda la población. (Figura 1).

Como ejemplo de las contradicciones que surgen al combinar esta serie de objetivos, valga mencionar que si se fortalece el esfuerzo por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y, al mismo tiempo, se siguen cerrando plantas de generación de energía nuclear, aumentarán las necesidades de importación de gas natural que, a su vez, agravarán la dependencia de Europa Occidental de regiones como Rusia, el Norte de África y Oriente Medio.

Otro conflicto surge con los modelos energéticos de mercado actuales que reducen la certidumbre de la rentabilidad de los activos y desaniman a los competidores a la hora de invertir en el margen de reserva necesario para generar electricidad, ya que no es atractivo invertir en activos que tengan bajo nivel de utilización. Dadas estas aparentes contradicciones, es necesario agrupar estos objetivos en tres grandes principios que puedan resultar más coherentes: seguridad de abastecimiento, sostenibilidad y competitividad.

Las cuestiones que hay que abordar para garantizar un suministro eléctrico fiable son una adecuada planificación de las infraestructuras y una gestión del mix

energético que tenga en cuenta la necesidad de una mayor diversificación, de reducir la dependencia exterior, de ampliar los países origen de las importaciones, de minimizar los riesgos geopolíticos, y de diversificar las rutas de tránsito. Asimismo, es necesaria la redefinición del papel de la energía nuclear en el futuro.

Para lograr un sistema eléctrico más sostenible es necesario impulsar la eficiencia energética, desarrollar las energías renovables y potenciar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, así como seguir potenciando el desarrollo de las tecnologías que permitan el secuestro de CO<sub>2</sub>. Todas estas cuestiones, sin embargo, es preciso abordarlas sin perder la coherencia con los objetivos de desarrollo humano y social, así como las aspiraciones de crecimiento económico.

La competitividad en la generación de electricidad es un elemento clave para el futuro de un país. Es necesario por tanto hacer un esfuerzo para mitigar la repercusión de precios elevados y volátiles en las fuentes de energía primaria, y fomentar el desarrollo tecnológico que mejore las condiciones económicas de la generación de electricidad y su utilización por parte de los consumidores finales.

En definitiva, la generación eléctrica debe garantizar el suministro, asegurar unos costes energéticos competitivos para la economía productiva y garantizar la sostenibilidad medioambiental. Los tres pilares que deben sustentar estos principios serán el modelo de mercado energético, el mix de fuentes de energía y tecnologías y la gestión de la demanda energética. (Figura 2).

En este contexto, es preciso señalar la gran responsabilidad que tienen principalmente los gobiernos, pero también las empresas y agentes del sector ener-



**FIGURA 2**  
**LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DEBE GARANTIZAR EL SUMINISTRO GESTIONANDO COSTES Y SOSTENIBILIDAD**

FUENTE:  
The Boston Consulting Group.

gético para diseñar un modelo de futuro que permita alcanzar todos estos objetivos irrenunciables.

#### El modelo de mercado energético predominante ↓

El mercado energético europeo, que hace tan solo diez años estaba dominado por monopolios regionales y nacionales, ha pasado por un importante proceso de cambio, impulsado por los reguladores, hacia una mayor competencia y, a la vez, hacia una mayor concentración de los principales competidores. Muchas grandes compañías separaron voluntariamente o, en la mayoría de los casos, fueron obligadas a separar sus actividades en diferentes eslabones de la cadena de valor, para luego reintegrar aquellos eslabones que presentaban mayores sinergias.

Este cambio hacia el mercado libre parecía augurar el surgimiento de nuevos competidores, probablemente con menores costes, que pondrían en peligro a las compañías establecidas, pero no ha sido así. Las grandes eléctricas han logrado adaptarse al nuevo entorno regulatorio y han reducido sus costes, demostrando además que para los clientes no resulta tan fácil ni atractivo el cambio de proveedor eléctrico.

De hecho, no sólo el número de nuevos agentes que están entrando en el mercado es muy reducido, sino que los establecidos están creciendo a través de adquisiciones. En el período 2000-2007 se han producido importantes operaciones de concentración en Europa, entre las que podemos destacar las protagonizadas por E.on y Ruhrgas, por E.on y Powergen, por RWE y Npower, y por Iberdrola y Scottish Power. Estas operaciones de concentración están creando grandes líderes mundiales en el sector de la generación eléctrica.

El modelo de mercado energético en la UE se ha sustentado en la última década en un modelo de mercado libre y en competencia entre agentes, en el que la determinación del precio de venta de la producción eléctrica se obtiene mediante el cruce de la oferta y la demanda, y esto nos ha conducido a mecanismos de fijación de precios marginalistas en los que la última unidad que entra en funcionamiento suele ser la que fija el precio de toda la producción de electricidad.

Este modelo ha propiciado la proliferación de tecnologías que requieren niveles de inversión moderados, aunque esto suponga asumir unos costes de generación más elevados, pero con menores niveles de capital invertido y rentabilidades ajustadas al riesgo del negocio.

Las necesidades del mix energético futuro, donde la mayor parte de la nueva generación requerirá inversiones más elevadas y plazos de desarrollo de proyectos mucho más largos (captura y secuestro de CO<sub>2</sub>, entre otros), puede hacer necesario replantearse tanto el perfil de las empresas eléctricas como el modelo de negocio exigido por los inversores, e incluso el modelo regulatorio óptimo para desarrollar con éxito este nuevo paradigma.

#### Impacto de la emisión de gases de efecto invernadero en la generación de electricidad ↓

El incremento del consumo eléctrico sin disponer de una solución óptima para la generación nos lleva a un aumento imparable de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la generación eléctrica que, según la comunidad científica, puede tener resultados desastrosos para el medioambiente.

Si no se toman medidas, el CO<sub>2</sub> producido por la generación de electricidad en el mundo podría pa-

sar de los siete mil millones de toneladas registradas en 2003 a doce mil millones en 2025. Parece necesario hallar la forma de evitar este incremento de emisiones si se quiere lograr un desarrollo humano sostenible.

La producción de energía eléctrica es actualmente responsable de cerca de un tercio del CO<sub>2</sub> generado en el mundo y el 70% del crecimiento de las emisiones hasta 2010 procederá de las nuevas plantas de generación. Además, es tecnológicamente más sencillo eliminar emisiones realizando cambios en el sector eléctrico que en el agrario, el residencial o el de transporte. En consecuencia, es probable que gobiernos y economistas pretendan que la cuota de reducción de emisiones de la generación eléctrica supere el 30% que le correspondería. Por su parte, las eléctricas defienden que su cuota de reducción de emisiones debería ser inferior al 30%, puesto que ya han realizado un gran esfuerzo en esta línea.

### Mix óptimo de generación eléctrica a medio plazo ↓

Aunque se debe fomentar una solución basada en la limitación del consumo de energía eléctrica por razones de eficiencia energética, esta reducción no puede ser extrema, ni en los hogares ni en la industria, ya que frenaría las posibilidades de crecimiento, de desarrollo económico y de mejora de la calidad de vida. Por lo tanto, a la hora de pensar en el mix de generación futura, y para evitar grandes errores pasados en este sentido, es prudente asumir que no habrá cambios drásticos en la evolución prevista de la demanda eléctrica.

Desde el punto de vista de las tecnologías disponibles para producir electricidad y al hablar del futuro de la generación eléctrica a medio plazo es imprescindible asumir que ninguna tecnología es perfecta ni puede cumplir todos o la mayoría de los objetivos que se fijan, de seguridad de suministro, desarrollo económico y sostenibilidad medioambiental. Por tanto, es necesario que los países traten de alcanzar una solución razonable, si bien no óptima, en la que se combinen las diferentes tecnologías de generación eléctrica de forma equilibrada, adaptándose a las características del territorio y a las energías primarias a su alcance.

Todo esto va a influir en el mix energético del futuro, fomentando el desarrollo de energías limpias y con bajas emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Energías renovables.** A corto plazo, será necesario apostar al máximo por las energías renovables, aprovechando los recursos limpios y autóctonos de cada geografía: hidráulica, eólica, biomasa y solar. Las energías renovables están atravesando un período

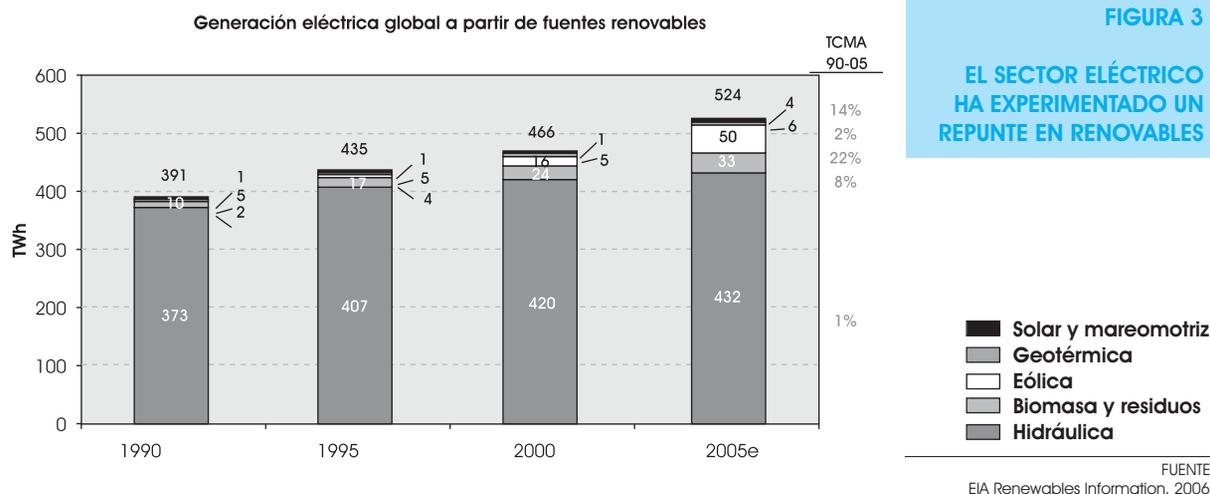
de bonanza en el sector eléctrico, debido a la preocupación creciente por el medio ambiente y el alto precio de las fuentes primarias de energía, que ha dado lugar a cuantiosas inversiones y esfuerzos de investigación para el desarrollo de nuevas energías. El sector eléctrico debería ser capaz de sacar partido de las ventajas clave que supone producir este tipo de energías, entre las que destacan la reducción de la intensidad media de las emisiones de carbono y la mejora de los aprovisionamientos de energía locales. (Figura 3).

Las energías renovables afrontan dificultades como la gran dependencia de los incentivos regulatorios, los complejos procesos de concesión de licencias debido a preocupaciones medioambientales (por ejemplo, en la eólica y la hidráulica), el hecho de que sea necesario invertir un gran capital para desarrollar algunas tecnologías o la potencial escasez o irregularidad de los recursos en algunas de estas energías como la eólica.

Además de su elevado coste, que previsiblemente se reducirá en el futuro, y de la falta de seguridad del suministro en algunas fuentes, derivada de su total dependencia de factores exógenos, las renovables tienen un límite claro. Aunque se haga un serio y coordinado esfuerzo por potenciarlas, será difícil que lleguen a cubrir más del 30% de las futuras necesidades energéticas.

A lo largo de los años, la energía hidráulica ha sido la principal energía renovable en la generación de electricidad en todo el mundo. En 1990, por ejemplo, la energía hidráulica representaba 373 TWh en la generación de electricidad, mientras que el resto de renovables apenas alcanzaban en total 18 TWh. Si bien la energía hidráulica sigue siendo la principal fuente de generación eléctrica limpia, ya que en 2005 suponía 432 TWh frente a la biomasa que representaba 33 TWh o la energía eólica, con 50 TWh, el crecimiento medio anual en los últimos quince años de la hidráulica apenas ha sido de un 1%, mientras que la biomasa ha crecido un 8%, la eólica un 22%, y la solar y mareomotriz un 14%.

A partir de ahora, las oportunidades de ampliar la capacidad hidráulica son limitadas en los países desarrollados, ya que los emplazamientos más viables ya se han explotado. La posibilidad de emprender nuevos proyectos hidráulicos de grandes presas en países desarrollados es prácticamente nula, aunque todavía hay algún potencial para construir centrales mini-hidráulicas que aprovechan el caudal de los ríos con turbinas que generan entre 10 y 50 MW. Estos proyectos se darán en los próximos años en países en vías de desarrollo e, incluso, en otros como España, donde se están recuperando mini-hidráulicas que se habían abandonado en los años 50 con el desarrollo de las grandes presas.



Los costes de producción de energía hidráulica son en la actualidad competitivos en comparación con los costes medios del sector eléctrico, aunque van a aumentar a medida que se exploren emplazamientos de acceso más difícil. Sin embargo, el principal determinante de costes de la energía hidráulica es, como en el caso de todas las energías renovables, la inversión inicial.

La generación de electricidad a través de la energía eólica está creciendo considerablemente gracias al desarrollo tecnológico experimentado y a que sus costes de inversión son cada vez menores, y se espera que en el futuro obtenga un mayor protagonismo. Tanto en Norteamérica como en Europa estamos viendo un importante crecimiento medio anual de la capacidad instalada eólica, del 20% y el 54% respectivamente.

Sin embargo, aunque los costes de los parques eólicos han disminuido, seguirán siendo elevados: de 40 € por MWh producido, en aquellos relativamente escasos emplazamientos en tierra con mucho viento cuyos parques pueden funcionar al 40% de su capacidad, a 70 € por MWh producido, en emplazamientos en tierra con menos viento cuyos parques sólo pueden operar al 25% de su capacidad, y en emplazamientos situados en el mar. Estas cifras superan con creces el coste de las plantas de carbón o gas. A corto plazo, no se prevé que estos costes se vayan a reducir significativamente, dada la fuerte demanda de equipos aerogeneradores en el mercado.

Con los precios actuales de la electricidad, las inversiones en generación eólica todavía no serían viables económicamente en la mayor parte de los emplazamientos sin incentivos y subvenciones. Por ejemplo, para las inversiones de 2005, se requirieron unos incentivos de 8-12 euros/MWh. De hecho, mu-

chos gobiernos, como el alemán, están sustentando su impulso a la energía eólica con subvenciones considerables.

Además, el hecho de que sea una fuente de energía no predecible impide que se pueda contar con la capacidad de estos parques en todos los momentos de picos de demanda, por lo que es necesario respaldarla con energía generada con tecnologías convencionales. Otro factor digno de mención es la oposición cada vez mayor de algunas autoridades locales y agentes sociales, que no apoyan el desarrollo de parques eólicos por su impacto estético y porque no necesariamente se destinan a cubrir necesidades energéticas locales.

Es posible que otras tecnologías, como la biomasa, puedan contribuir en mayor medida a la producción de electricidad. No obstante, y a corto plazo, no se podrán generar grandes cantidades de energía eléctrica con esta tecnología, ya que los planes de construcción previstos no muestran crecimientos con un impacto significativo en el mix de generación futuro. Adicionalmente, la generación con biomasa cuenta con la desventaja de requerir operaciones logísticas complejas para la gestión del combustible en las plantas de mayor tamaño y la estacionalidad inherente a algunas de dichas fuentes.

La generación solar fotovoltaica, está en la actualidad relativamente poco desarrollada y concentrada en determinados mercados. En Europa, Alemania concentra el 90% de la energía solar, con una capacidad instalada de 1.537 MW en 2006, seguida a bastante distancia de España, con 58 MW de capacidad instalada, y Holanda, con 51 MW. Sin embargo, las distintas normativas y políticas de incentivos están fomentando un importante desarrollo de la energía solar fotovoltaica en algunos países como España, aunque todavía la capacidad instalada de las instalaciones es reducida.

## LA ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica tiene una gran relevancia y la seguirá teniendo de cara al futuro, ya que podrá atender una parte importante de las crecientes necesidades energéticas sin provocar efectos nocivos en el medio ambiente. De hecho, hoy en día, su desarrollo está aceptado por la mayoría de la sociedad, puesto que no provoca emisiones de gases contaminantes, incluidos los de efecto invernadero, ni origina residuos de larga duración. Además, el potencial eólico de calidad es abundante, lo que resultará esencial para afrontar el desarrollo previsto de la generación eólica, dentro de los objetivos de planificación energética futuros.

A diferencia de otras tecnologías de generación eléctrica con potencial de crecimiento, la eólica reducirá la elevada dependencia energética al no requerir la importación de combustibles, y puede suponer ahorros correspondientes a la menor adquisición de derechos de emisión de CO<sub>2</sub> para cumplir los compromisos que resulten de la directiva europea de comercio de emisiones derivada del Protocolo de Kioto.

El desarrollo eólico tendrá además otras consecuencias beneficiosas para la economía global. Se trata de un sector que dispone de un gran potencial, cuyo crecimiento conlleva una importante creación de empleo, que contribuye a la formación de capital fijo productivo y con una elevada inversión en I+D.

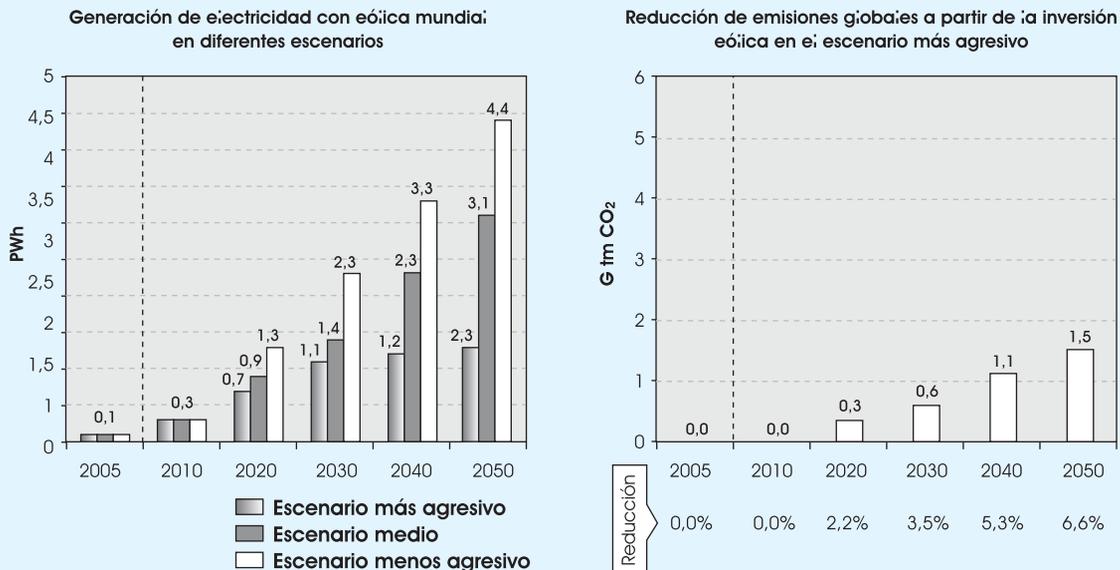
En general, los agentes del sector se ven obligados, en la actualidad, a asumir costes muy elevados debido al aumento de los precios de los aerogeneradores, de los costes financieros soportados por estas inversiones y de las primas de riesgo derivado de la incertidumbre de los diferentes países. Esto podría incrementar si se produjera un endurecimiento de las condiciones de financiación. Estos factores se agravan por la complejidad y la duración de los procesos administrativos de conexión a las redes y de autorización administrativa.

Por otro lado, dado que se trata de una fuente de energía no predecible, no siempre es posible contar con la capacidad de los parques eólicos en épocas de picos de demanda. Esto supone un problema especialmente en Europa, donde la energía eólica no siempre está disponible en momentos en los que podría ser muy necesaria. Por lo tanto, para respaldar la energía eléctrica generada con viento se necesitará capacidad convencional, con los consiguientes costes añadidos.

Asimismo, la mayoría de los mejores emplazamientos para instalar parques eólicos se encuentran en regiones remotas, tales como algunas áreas escasamente pobladas de Escocia. Esto significa que sería necesario realizar grandes inversiones en la red de transporte con el fin de llevar la energía a los núcleos de consumo. Por ejemplo, en el Reino Unido, algunos agentes del sector aseguran que haría falta realizar inversiones entre 1.400 y 3.000 M € por este motivo.

FIGURA 4

EN UN ESCENARIO AGRESIVO DE INVERSIÓN EN EÓLICA SE PUEDE REDUCIR HASTA 1,5 G tm DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN 2050



FUENTE:  
The Boston Consulting Group.

GENERACIÓN CON BIOMASA

Es el combustible energético que se obtiene directa o indirectamente de recursos biológicos. La energía de biomasa, que procede de la madera, residuos agrícolas, estiércol, y otros subproductos, continúa siendo la fuente principal de energía de las zonas en desarrollo.

Cada vez se hace más patente la necesidad de fomentar el desarrollo de la biomasa en el mundo. Este desarrollo implicaría unas ventajas fundamentales tanto para el medio ambiente como para la economía, al fomentar la utilización de fuentes de energía renovable y reducir la necesidad de importar combustibles.

La utilización y el desarrollo de la biomasa suponen una gran contribución al cumplimiento de normativas nacionales e internacionales, tales como el Protocolo de Kioto, ya que implica una reducción considerable de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, proporciona ventajas medioambientales palpables en el tratamiento de residuos, que se alimentan entre sí dando lugar a un círculo virtuoso. Por un lado, permite incrementar el valor de la utilización de residuos para la generación de energía que, a su vez, incentiva económicamente su utilización. Dichos incentivos permitirían utilizar los residuos, lo cual reduciría la contaminación de forma considerable.

Por otro lado, el desarrollo del sector de la biomasa conlleva la limpieza de los bosques, lo cual redundará en una

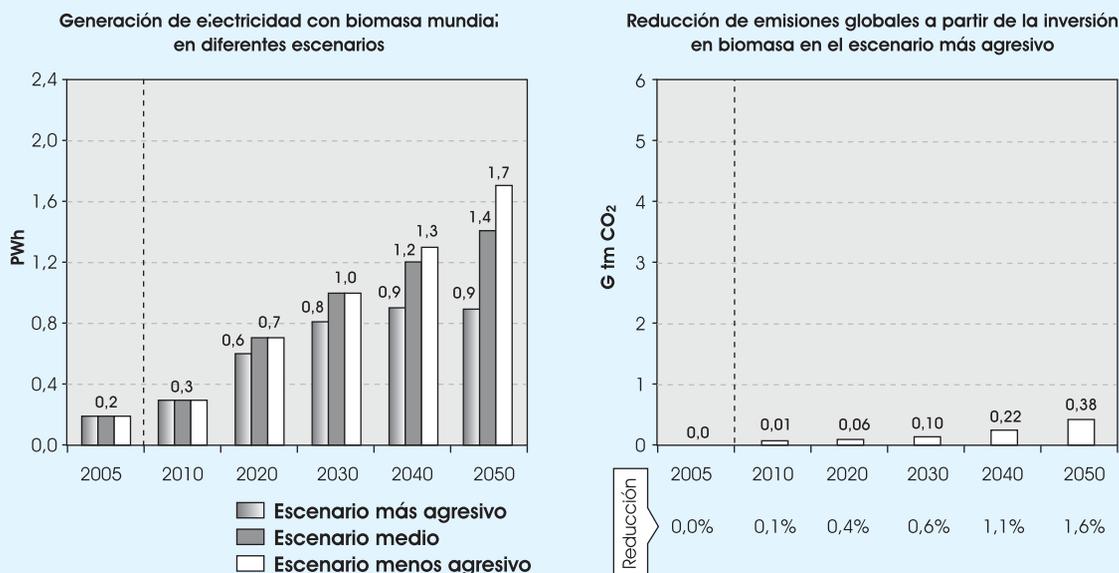
reducción considerable del riesgo de incendios. Además, varios estudios han demostrado que la recogida de la biomasa no supone riesgos en términos de extracción de nutrientes, erosión y alteración de las condiciones de suelo. La actividad es, por tanto, ecológicamente sostenible.

La generación energética a través de biomasa presenta importantes ventajas socioeconómicas, ya que fomenta el dinamismo de la economía, ofrece ventajas en términos de generación de empleo y know-how, sobre todo en regiones rurales y agrícolas, contribuye a minimizar las diferencias regionales de riqueza y, por último, tiene efectos positivos en la balanza comercial. Además, supone un gran impacto en las economías regionales y, a menudo, en las zonas menos industrializadas.

Por último, la biomasa permite reducir el riesgo asociado a la importación de combustibles y garantiza de esta forma una mayor seguridad de suministro. Esto es especialmente importante en aquellos países, como España, con mayor dependencia energética del exterior. La biomasa es un combustible almacenable y gestionable que garantiza la potencia y la reserva de suministro para el sistema, por lo que la producción eléctrica con biomasa es, entre las renovables, la que más contribuye a la estabilidad de la red.

FIGURA 5

EN UN ESCENARIO AGRESIVO DE INVERSIÓN EN BIOMASA SE REDUCIRÁN 0,4 G tm LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN 2050



FUENTE: The Boston Consulting Group.

Junto a las fuentes renovables ya citadas, no podemos olvidar el posible impacto de la energía mareomotriz, las celdas de combustible de hidrógeno y otras tecnologías destinadas a almacenar electricidad y reducir la sobrecarga de las plantas de generación y la congestión de las redes de transporte en los picos de demanda. Sin embargo, dado que su viabilidad depende de los avances tecnológicos y los incentivos dispuestos por los reguladores, no es realista esperar que desempeñen un papel significativo en el escenario energético de la próxima década.

Por todo ello, pese al previsible desarrollo de las energías limpias, será necesario encontrar soluciones adicionales a las renovables en las que se deberá tener muy en consideración su capacidad para limitar el crecimiento de las emisiones.

**Nuclear a medio plazo.** La alternativa nuclear, que en los últimos años había dejado de estar a la orden del día en la mayoría de los países, parece que vuelve a ser un tema candente en todo el mundo, y en la mayoría de las regiones se espera un crecimiento de este tipo de generación. Este renacer se debe a la preocupación por la garantía de suministro energético, los altos costes de combustibles fósiles, la independencia con respecto a otras fuentes de energía, y a que esta tecnología no conlleva la producción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Las tecnologías nucleares son económicamente atractivas tanto a corto como a largo plazo. En la actualidad ya es viable, y los costes de producción son competitivos en relación con los costes medios de generación de otras tecnologías alternativas en el sector eléctrico. Además, la inclusión del coste de las emisiones de CO<sub>2</sub> hará más rentable la generación de origen nuclear.

Sin embargo, las inversiones en energía nuclear también se enfrentan a importantes retos en su puesta en marcha y a riesgos económicos. La energía nuclear requiere una inversión inicial cuantiosa, así como unos plazos de prueba extremadamente largos antes de empezar a comercializarse. Además, existen limitaciones derivadas de la escasez de técnicos competentes para explotarla en muchos países, ya que hay una considerable falta de formación técnica, como consecuencia del parón autoimpuesto en la mayoría de los países desarrollados. Más aún, en la mayoría de las sociedades no goza de una buena aceptación, puesto que se vincula con la generación de residuos radioactivos de larga duración cuyo tratamiento no está todavía solucionado.

Tradicionalmente, la energía nuclear ha tenido connotaciones negativas y una percepción generalizada de alto riesgo de accidentes. Las preocupaciones medioambientales son esencialmente dos: la contaminación térmica en los ríos, ya que la proximidad a una fuente abundante de agua es indispensable para la construcción de una instalación nuclear, y el almacenamiento de residuos nucleares.

Sin embargo, Francia sigue apostando por la energía nuclear y está avanzando con el programa de reactor presurizado europeo (EPR), además de contar con proyectos de nuevas centrales en distintas fases de desarrollo. Parece también que el Reino Unido va a tener en cuenta en el futuro próximo la energía nuclear, que podría experimentar un impulso en este país a corto plazo. En Estados Unidos se han otorgado tres nuevas licencias para operar plantas nucleares y se han presentado dos propuestas de plantas de enriquecimiento de uranio. Además, la TVA y la Bruce Nuclear están planificando volver a activar algunas plantas que estaban paradas.

## LA ENERGÍA SOLAR

Existen tres familias de tecnologías dentro del sector de la energía solar: la solar fotovoltaica, con paneles para producir electricidad, la solar térmica, con colectores para calentar fluidos como el agua, y la solar térmica de alta temperatura, con centrales eléctricas para producir electricidad.

De estas tres familias de tecnologías, el segmento con mayor dinamismo es el fotovoltaico, ya que presenta un mayor volumen de negocio actual y previsto hasta 2010 y se está potenciando en la actualidad en mercados más desarrollados. Este tipo de energía solar supone una importante sofisticación tecnológica ya que implica el desarrollo de nuevos materiales semiconductores y nuevos métodos de producción. El principal factor de costes es la inversión en nuevas líneas productivas. Se usa tanto conectada a la red como no conectada. Los principales mercados de este tipo de solar son Japón y Alemania, en menor medida EE.UU., y ahora también España.

En lo relativo a la energía solar térmica, ésta produce calor de baja temperatura mediante la incidencia de la luz del sol en un colector. Requiere una tecnología menos sofisticada que la fotovoltaica y su desarrollo dependerá de la implantación de nuevos métodos de fabricación más económicos. Para este tipo de energía la mano de obra puede suponer el 70-80% del coste de fabricación, y de ahí el liderazgo de China, que supone el 70% del mercado, seguido de la Unión Europea.

Por último, con la energía solar térmica de alta temperatura se genera electricidad al alimentar un ciclo de vapor mediante la luz del sol concentrada por un sistema óptico. La tecnología para este tipo de energía es también muy sofisticada y su desarrollo se centra en el acople del ciclo de vapor con el sistema óptico y en la mejora del sistema óptico. En la actualidad, existen proyectos para instalar alrededor de 300 MW entre España, EE.UU. e India.

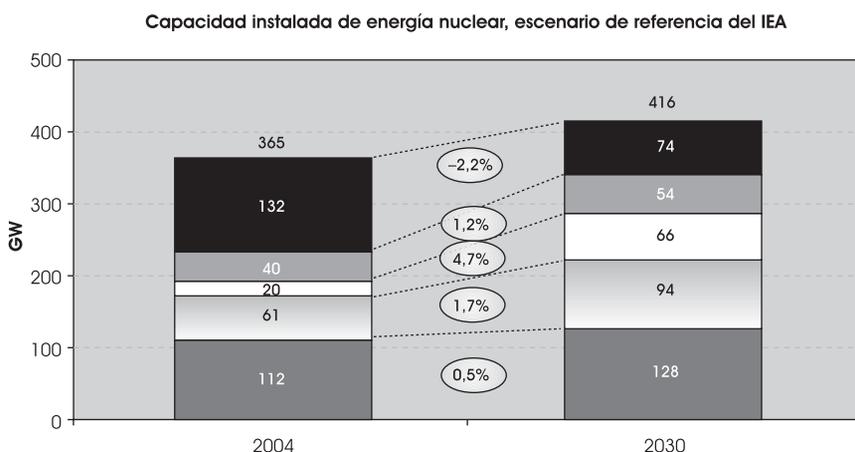


FIGURA 6

LA ENERGÍA NUCLEAR PARECE VOLVER A EMERGER EN MUCHOS PAÍSES

- OCDE Europa
- Trans. Econ.
- Resto del mundo
- OCDE Pacífico
- Norteamérica
- TCMA (%)

FUENTE: The Boston Consulting Group.

Alemania, por el contrario, continúa con la intención de abandonar la energía nuclear. La duración del mandato del gobierno alemán actual descarta un mayor desarrollo de la energía nuclear en este país a corto plazo.

Italia abandonó el debate de la energía nuclear tras el rechazo que se produjo en el referéndum de los años ochenta, y no parece que se vaya a reabrir en la actualidad. Mientras tanto, Enel se ha incorporado al proyecto de EPR.

España parece aún muy lejos de abrir de forma seria el debate sobre el futuro de la energía nuclear. Sin embargo, la ampliación de la vida de la capacidad actual podría convertirse en una realidad que compense parcialmente el desarrollo futuro de nuevas plantas.

En general, los operadores de centrales nucleares están gestionando activamente tanto su capacidad actual como la futura. En lo relativo a la capacidad actual, se está realizando una gestión conjunta de plantas para incrementar su competitividad en los mercados liberalizados, al conseguir unos costes más competitivos y aumentar la escala. Además, se están renovando los permisos de explotación más allá de los 40 años de vida, lo cual resulta en un parque con plantas prácticamente amortizadas y que producen a coste marginal.

En la actualidad varios países, como Finlandia y EE.UU., además de la ya mencionada Francia, están desarrollando proyectos nucleares con el beneplácito y apoyo del regulador. En Finlandia, por ejemplo, en mayo de 2002, el Parlamento dio luz verde a la construcción de un quinto reactor nuclear, y el emplazamiento de la nueva unidad se decidió en octubre de 2003. Esta planta entrará en operación en un futuro próximo, y existen planes para el desarrollo de reactores adicionales en este país.

### PROCESO DE FISIÓN NUCLEAR

El proceso de fisión consiste en dividir el núcleo en dos o más núcleos de menor tamaño, más algunos subproductos. Estos subproductos incluyen los neutrones libres (con una media de dos y medio por reacción) y fotones (generalmente rayos gamma), que emiten cantidades sustanciales de energía. La fisión se puede inducir por varios métodos, incluyendo el bombardeo del núcleo de un átomo fisionable con otra partícula, generalmente un neutrón libre. Este neutrón libre es absorbido por el núcleo, haciéndolo inestable y dividiéndolo en dos o más núcleos, fotones y neutrones libres.

El proceso genera mucha más energía que la que se libera en las reacciones químicas. Los productos de la fisión son muy radiactivos, por lo que es necesario buscar opciones que reduzcan los elementos radioactivos para poder aprovechar el potencial de generación nuclear con ciclo de fisión limitando sus consecuencias para el medio ambiente.

En Estados Unidos, la «New Energy Act» de agosto de 2005 autorizó alrededor de 4.000 millones de dólares para la mejora del parque actual y el desarrollo de nuevas plantas. Además, la NRC (Comisión reguladora de energía nuclear) está trabajando con Entergy para construir nuevas plantas nucleares avanzadas. Entergy ya ha seleccionado emplazamientos para emprender el proceso de la obtención de licencias.

En Asia, en especial en China, y en otros países emergentes se está apostando por la energía nuclear y serán la fuente del crecimiento futuro en potencia instalada de esta tecnología.

A medio plazo, los países que pretenden dar un nuevo impulso a la generación nuclear están intentando apostar por un nuevo ciclo de fisión a través de la reutilización de los residuos generados, con menos residuos radioactivos, y que optimice el ciclo de combustible.

**Térmica.** La generación de electricidad a través de energía térmica, es decir con combustibles fósiles como el carbón y el gas, produce gases de efecto invernadero, genera dependencia energética en países que no tienen fuentes autóctonas de energías primarias y tiene unos precios volátiles por estar sujetos a las variaciones de los mercados internacionales de materias primas.

La energía térmica ha tomado un nuevo impulso en los últimos años en todo el mundo, como consecuencia del crecimiento de demanda eléctrica. Entre los años 1999 y abril de 2007, la capacidad instalada con los proyectos de ciclo combinado ha crecido un 43%, mientras que los de carbón han crecido un 83%.

Desde el punto de vista de las emisiones de gases de efecto invernadero, la producción de energía eléctrica con gas natural origina menos CO<sub>2</sub> que la producción de energía eléctrica con carbón. Así, la generación con gas produce aproximadamente entre 0,35-0,4 M Tn CO<sub>2</sub> por TWh generado, mientras que la producción con carbón produce entre 0,8-0,95 M Tn CO<sub>2</sub> por TWh generado. El cambio de las centrales de carbón por centrales de gas natural y la construcción futura exclusiva de centrales térmicas de gas natural podría suponer un importante ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial.

No obstante, el coste del gas natural como combustible es superior al coste del carbón, y en función del precio del derecho del CO<sub>2</sub>, puede ser más rentable producir con carbón y pagar un precio por emitir CO<sub>2</sub>. En la actualidad, unos precios del derecho de CO<sub>2</sub> de alrededor de 40 €/Tm harían rentable el cambio de carbón a gas natural. Los análisis sobre la evolución previsible de los precios en los mercados del CO<sub>2</sub> indican que a partir de 2012 podríamos tener en los mercados de derechos de CO<sub>2</sub> precios superiores a 40 €/Tm.

Sin embargo, la propia dinámica de los mercados y la interrelación entre los precios podrían originar fluctuaciones de los precios del gas, del carbón y del derecho de emisiones que haga que los precios de los combustibles primarios se ajusten en función del precio del derecho de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, e independientemente de los precios del derecho, la sustitución de generación con carbón por generación con gas natural, es una solución que ya están utilizando algunas empresas y países para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera originados por la generación eléctrica.

### MIX TECNOLÓGICO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA DEL FUTURO ↓

A corto o medio plazo, como hemos visto hasta ahora, será necesario adoptar todo tipo de soluciones temporales que permitan garantizar la co-

bertura de una demanda eléctrica creciente derivada del incremento de la población, la mejora de la calidad de vida y el crecimiento económico. Sin embargo, éstas son soluciones temporales que deben propiciar la dedicación de recursos y esfuerzos a la búsqueda de soluciones estructurales para generar electricidad.

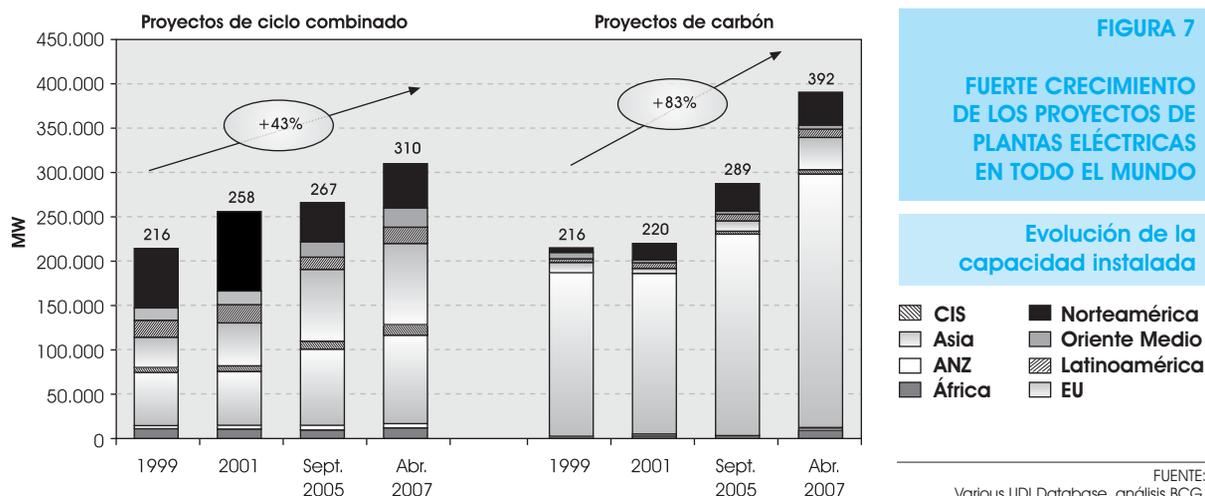
A largo plazo, por tanto, podemos tratar de esbozar la imagen de cómo serán las empresas de generación eléctrica del futuro, asumiendo que se darán una serie de cambios tecnológicos que mejorarán las condiciones de generación y harán más flexibles los límites que ahora afronta la industria. Las soluciones propuestas pasarán por desarrollar totalmente el potencial de las energías renovables, abaratando sus costes en la medida de lo posible, por conseguir generar energía nuclear sin residuos radioactivos mediante nuevos procesos de fusión, o bien por una generación térmica limpia que logre la captura y secuestro del CO<sub>2</sub>. Dado el desarrollo tecnológico existente hasta la fecha, parece que la captura y secuestro del CO<sub>2</sub> será la primera en llegar y la que consiga un mayor impacto en la contención de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

### La apuesta por las tecnologías renovables ↓

Las implicaciones que tendría el fomento de este tipo de energías en la agenda estratégica de una empresa eléctrica sostenible son claras. En primer lugar, supondría una búsqueda exhaustiva de oportunidades y el impulso de los procesos para conseguir licencias. En segundo lugar, implicaría superar los retos técnicos y de implantación de las tecnologías más recientes. Además, requeriría una comunicación proactiva a la opinión pública, enfatizando los beneficios de las energías renovables. Y por último, conllevaría una implicación importante en proyectos de I+D para poder entender los factores clave de éxito, con el fin de anticipar un calendario de viabilidad económica y técnica, y obtener acceso a condiciones de aprovisionamiento de equipos privilegiadas.

La energía hidráulica, aun siendo una tecnología madura, todavía podrá crecer algo en forma de mini-hidráulicas en determinadas áreas geográficas. Los costes de explotación son reducidos, pero la inversión inicial seguirá siendo cuantiosa.

Las implicaciones específicas de la energía hidráulica para una empresa eléctrica sostenible son las siguientes. Por un lado, la empresa debe tener un balance sólido, ya que la energía hidráulica requiere realizar cuantiosas inversiones iniciales. Por otro lado, deberá impulsar los procesos de concesión de licencias, ya que éstos normalmente son largos y complejos. Y finalmente, deberá comunicar las ventajas de la utilización de este tipo de energía a la opi-



nión pública, enfatizando sus beneficios. Además, deberá fomentar y negociar de forma proactiva con los gobiernos y reguladores. También, deberá garantizar contratos favorables de PPA (acuerdo de compra de electricidad) y régimen especial para pequeños proyectos.

La empresa eléctrica sostenible potenciará el uso de la energía eólica para beneficiarse de las ventajas que presenta, principalmente de una menor emisión de carbono y de la contribución que supone a la industria y al empleo local. Además, se espera que resulte viable económicamente sin necesidad de incentivos desde hoy al año 2020. El principal determinante de los costes de producción seguirá siendo la inversión inicial.

Aunque en 2005 sólo el 3% de la energía eólica procedía de parques eólicos marinos, en el futuro va a tener un gran potencial y, de hecho, ya hay varios proyectos en fase de conceptualización que pueden llegar a superar con creces su penetración actual. Las perspectivas de futuro de cara al 2020 de la energía eólica marina son muy alentadoras.

El país que mejor representa esta opción es el Reino Unido, que prevé que en 2020 las renovables suministren el 20% de las necesidades energéticas del país y que la eólica marina y terrestre y la biomasa sean las protagonistas en el mix de energías limpias. De hecho, junto con Alemania, es el país que más energía eólica marina ha planificado ya en 2006. Las Islas Británicas sin duda gozan de una clara ventaja en recursos para la generación eólica marina, y la intención del regulador y las eléctricas es aprovecharlos, con 304 MW instalados, 294 MW en construcción y más de 5.000 MW entre proyectos autorizados y previstos en 2007.

En 2015 la tecnología eólica marina será una de las renovables más importantes y con mayor creci-

miento. Además, el Reino Unido cuenta con un sólido know-how en la construcción de parques eólicos marinos, que le hace poco dependiente de empresas extranjeras a la hora de desarrollar nuevos proyectos.

A la hora de hacer uso de la energía eólica, la eléctrica sostenible debería estudiar las regiones cuidadosamente, los regímenes eólicos, la conexión de la red, los incentivos existentes, etc. Una vez hecho esto, deberá apostar por los mejores emplazamientos disponibles para garantizar la mayor producción eólica por potencia instalada. Después, deberá negociar un aprovisionamiento competitivo de las turbinas e impulsar frente a los gobiernos y los reguladores la explotación de este tipo de energía. Por último, deberá comunicar de forma proactiva las ventajas de utilizar este tipo de energía a la opinión pública, enfatizando los beneficios que presenta.

La producción eléctrica con biomasa continuará creciendo, ya que todavía tiene un alto potencial. Su producción global aumentará un 3% anual hasta 2050, siendo Norteamérica y Europa las regiones que más van a crecer.

La utilización de la biomasa para producir electricidad será esencial para la eléctrica sostenible del futuro. Es imprescindible garantizar un emplazamiento cerca de amplios recursos forestales, al igual que escoger cuidadosamente la tecnología que se va a utilizar, teniendo en cuenta los costes y las características de combustible. Además, la empresa sostenible deberá firmar contratos a largo plazo con empresas de explotación forestal, y negociar con el gobierno y los reguladores la posibilidad de obtener incentivos, así como las tarifas y regímenes especiales a los que se acogerá. Deberá asegurar también la excelencia en la gestión logística de la biomasa que se va a utilizar. Por último, deberá estudiar la oportunidad de in-

tegrarse verticalmente en negocios de cultivos con producción agrícola.

La energía solar fotovoltaica va a crecer con fuerza en el futuro, con una tasa de crecimiento medio anual hasta el año 2010 de entre el 10% y el 25%, para alcanzar una producción de células a nivel mundial de 1.440 MW en un escenario pesimista, y de 3.634MW en un escenario más optimista.

Las regiones que más van a apostar por este tipo de energía en el futuro son Japón, la UE y EE.UU., con unos objetivos de potencia instalada para 2010 de 4.800 MW, 5.000 MW y 3.500 MW respectivamente y, en menor medida, China, con un objetivo de potencia instalada de 450 MW para dicho año.

La producción de energía a partir del sol estará influida por diferentes determinantes, principalmente las primas o subvenciones, ya sean estatales o locales, pero también por los tipos de interés y la posibilidad de financiación. El coste de los materiales será asimismo un condicionante, ya que la energía solar debería abarataarse drásticamente para ser más competitiva.

Aunque el coste de la energía fotovoltaica es en la actualidad mucho más elevado que el de otras energías renovables, se espera que éste se reduzca, debido principalmente a las economías de escala de producción, al progreso de los proveedores, a la estandarización de la producción, a las nuevas tecnologías y a la utilización de materiales más baratos.

En las próximas dos décadas, ante una perspectiva de futuro en la que la energía eólica alcanzará pronto su madurez y la solar seguirá teniendo unos costes elevados, la energía mareomotriz puede llegar a ser la energía renovable del futuro en aquellos países con amplio perímetro costero. Los costes de sus plantas dependen esencialmente del tamaño, con un efecto de escala considerable, y podrían ser competitivas a muy corto plazo.

Sin duda, se trata de una energía con buenas perspectivas, ya que produce unas 5.000 horas equivalentes. Además, la fuente de energía es más predecible y se adapta mejor a la red de transporte y distribución. Su menor impacto visual la hace más atractiva para la sociedad y las administraciones locales.

De cara al futuro, es indispensable desarrollar una visión clara de las posibilidades del desarrollo de la energía mareomotriz, para lo que será preciso comprobar la viabilidad técnica de los prototipos que se vayan desarrollando y gestionar desde un inicio la concesión de permisos administrativos y licencias. Además, será necesario establecer acuerdos con los

socios tecnológicos y financieros adecuados para el desarrollo de los proyectos.

### El renacimiento futuro de la energía nuclear ↓

La energía nuclear parece tener de nuevo perspectivas más positivas. Los tipos de interés bajos y la liquidez existente en el mercado de capitales propician la financiación de estos grandes proyectos. Además, el precio de otros combustibles, como el gas, el petróleo o el carbón, está subiendo y se prevé que siga haciéndolo en el futuro. Por otro lado, la mayoría de los países adolece de una gran dependencia energética, y soporta la presión de distintos tratados internacionales para frenar las emisiones a través, por ejemplo, de los mercados de derechos de CO<sub>2</sub>.

Sin embargo, las nuevas plantas nucleares requieren una inversión inicial mucho más alta que otras alternativas de generación como las centrales de ciclo combinado. A esta desventaja hay que añadir, como ya hemos avanzado, el hecho de que su construcción requiere largos plazos y la percepción de la opinión pública suele ser negativa. Todo ello hace que un desarrollo significativo de la energía nuclear antes de 2020 sea sumamente improbable.

No obstante, cuando la sociedad sea capaz de encontrar soluciones aceptables a los problemas de residuos planteados por la energía nuclear, entonces habría motivos para construir otras nuevas. Si las centrales nucleares se cierran tras 40 años de funcionamiento, tal como proponen muchos países, se perderán 25 GW de capacidad de carga base entre 2012 y 2020. Esta pérdida añadirá aún más presión al sector de generación eléctrica, aumentando así la demanda de combustibles fósiles y la dependencia europea de las importaciones de energía primaria.

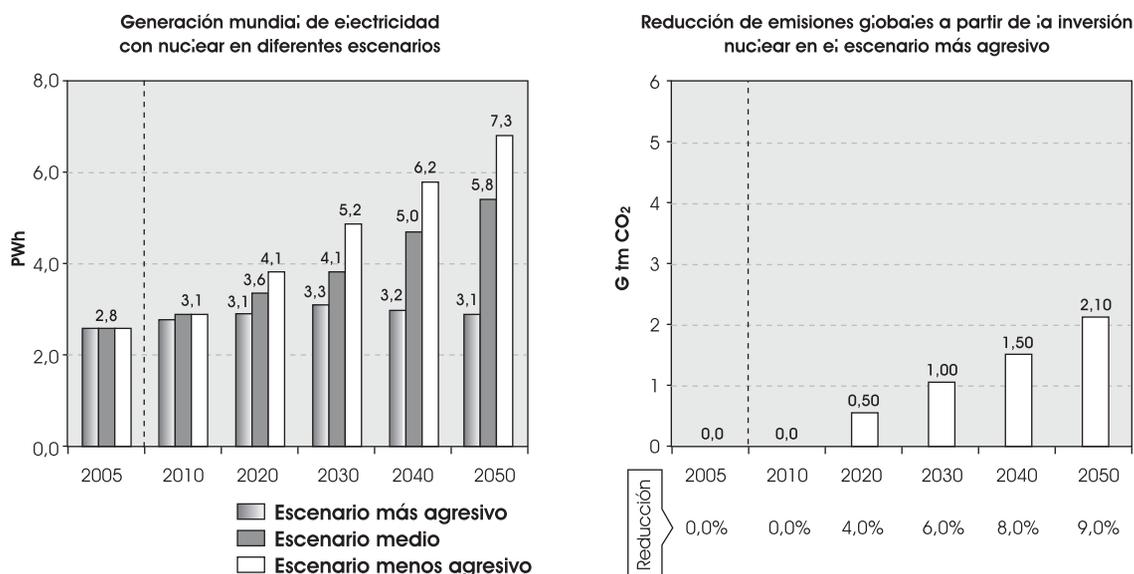
Para que Europa cumpla estrictamente con los compromisos de Kioto, es probable que llegue un momento en el que la energía nuclear sea imprescindible para evitar el aumento de emisiones de CO<sub>2</sub>. En caso de que no se realicen avances significativos en otras tecnologías, cabe la posibilidad de que la energía nuclear sea la única forma viable de alcanzar este objetivo.

Ciertos aspectos relacionados con la seguridad en Europa también podrían hacer que los europeos se replantearan el uso de la energía nuclear, al considerarse poco prudente permitir que Europa dependa demasiado de las importaciones energéticas de un número muy reducido de países no integrados en la Unión Europea.

Además de la controversia existente con respecto a la energía nuclear, es importante señalar que las

FIGURA 8

EN UN ESCENARIO AGRESIVO DE INVERSIÓN EN NUCLEAR SE REDUCIRÁN ~ 2,1 G tm LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN 2050



FUENTE:  
The Boston Consulting Group.

fuentes de uranio son limitadas y que, por lo tanto, la energía nuclear tampoco podría convertirse en la protagonista exclusiva del mix de generación futuro, ya que sería improbable sustituir a la totalidad del parque generador térmico actual.

Las eléctricas sostenibles deberán plantearse la posibilidad de volver a construir centrales nucleares por cuatro razones principales. En primer lugar, contribuirá a eliminar la dependencia energética de cualquier otro país. En segundo lugar, ayudará a diversificar la tecnología de generación de un país. En tercer lugar, permitirá tener plantas en la base de la curva de costes de suministro, es decir, garantizando una fuente eficiente de suministro y, por último, facilitará el cumplimiento de los objetivos medioambientales de un país, ya que es un tipo de energía que no emite CO<sub>2</sub>.

### La nueva térmica con secuestro de CO<sub>2</sub> ↓

La generación térmica será importante en el futuro, ya que se prevé que, de toda la producción de electricidad que exista hasta el año 2025, el 72% provenga de energía térmica, frente al 62% de 2003.

A medio y largo plazo, la generación térmica se verá favorecida por las tecnologías de captura y secuestro de CO<sub>2</sub> que se empiezan a desarrollar en la actualidad y que liberarán a las térmicas de la ma-

yor parte de los inconvenientes medioambientales derivados de la emisión de gases de efecto invernadero.

Se trata de un sistema por el cual se captura el CO<sub>2</sub> procedente de los combustibles fósiles antes o después de que se hayan quemado, y se «almacena» en el mar o bajo la superficie de la tierra. Esta tecnología supondría el desarrollo de centrales eléctricas con emisión cero, un hito fundamental para luchar contra el cambio climático y a la vez garantizar el suministro de energía.

Los estudios elaborados en la actualidad sugieren la posibilidad de almacenar el CO<sub>2</sub> en acuíferos salinos profundos, que tienen una gran capacidad de almacenamiento o en pozos de petróleo y gas agotados, filones de carbón y domos salinos. Los pozos de petróleo y gas agotados son la mejor opción y la que actualmente está más estudiada, tanto por su competitividad en costes, como por la posibilidad de aprovechamiento del CO<sub>2</sub>.

Las perspectivas que ofrece esta tecnología en la actualidad supone unos costes muy elevados de captura, transporte y secuestro del carbono, entre otras razones por la necesidad de consumir aproximadamente un tercio más de combustibles para generar la misma cantidad de energía. Sin embargo, es

## PROCESO DE FUSIÓN NUCLEAR

A largo plazo, una de las potenciales vías de generación nuclear será la sustitución de los procesos de fisión por los procesos de fusión nuclear, en los cuales dos núcleos atómicos se unen para formar uno de mayor peso atómico. El nuevo núcleo tiene una masa inferior a la suma de las masas de los dos núcleos fusionados, y esta diferencia de masa es liberada en forma de energía.

Los núcleos atómicos tienden a repelerse debido a que están cargados positivamente. Esto hace que la fusión sólo pueda darse en condiciones de temperatura y presión muy elevadas que permitan compensar la fuerza de repulsión. La temperatura elevada hace que aumente la agitación térmica de los núcleos y esto los puede llevar a fusionarse, debido al efecto túnel. Para que esto ocurra son necesarias temperaturas del orden de millones de grados. El mismo efecto se puede producir si la presión sobre los núcleos es muy grande, obligándolos a estar muy próximos.

En este sentido, desde hace unos años se ha puesto en marcha el proyecto mundial ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Los impulsores de este proyecto, Unión Europea, Japón, Estados Unidos, Corea del Sur, la India, Rusia y China, formaron un consorcio internacional para demostrar la viabilidad científica y tecnológica de la fusión nuclear. Su objetivo es probar todos los elementos necesarios para la construcción y funcionamiento de un reactor de fusión nuclear. Dicho reactor experimental, que se llevará a cabo en Cadarache (Francia), se perfila como una de las tecnologías para generar energía renovable, limpia y barata en el futuro.

Aunque las perspectivas de generación nuclear mediante procesos de fusión sean muy halagüeñas, el desarrollo de estas tecnologías todavía requiere mucho esfuerzo, dedicación de recursos, y plazos que dependerán de la fecha en la que se ponga en práctica dichos procesos de fusión.

posible que la evolución de esta tecnología, propiciada por los países más desarrollados, mejore sus condiciones de utilización, y optimice los costes y la energía consumida a largo plazo.

Aunque actualmente está en un momento incipiente, la captura, transporte y secuestro de CO<sub>2</sub> será una alternativa muy atractiva en el futuro desde el punto de vista económico y medioambiental. Los costes serán comparables a los de otras energías renovables, teniendo en cuenta el precio de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Probablemente su desarrollo sea especialmente conveniente en aquellas regiones donde los hipotéticos «almacenes» de CO<sub>2</sub> requieran poca inversión porque abundan los pozos de combustibles fósiles agotados. Por lo tanto, la política energética de cada país debe analizar y juzgar la viabilidad de llevar a cabo la captura, el transporte y el secuestro de CO<sub>2</sub> en función de sus posibilidades de almacenamiento y la distancia a estos almacenes.

La generación térmica con captura y secuestro de CO<sub>2</sub> empieza a tener un fuerte predicamento en Europa. Opiniones recientes de agentes clave en el sector de la energía de la Unión Europea revelan que en la actualidad ya existe apoyo a la implantación del secuestro del CO<sub>2</sub>. Para aproximadamente el 75% de los expertos consultados es necesario el uso generalizado de captura y secuestro de CO<sub>2</sub> para alcanzar reducciones significativas y a corto plazo de las emisiones antes de 2050. Por otro lado, el sector energético se muestra entusiasta y está a favor de unos esquemas de incentivos más sólidos para superar el principal reto de la captura y secuestro de CO<sub>2</sub>: sus altos costes.

### LA IMPORTANCIA DE LA REGULACIÓN ↓

La previsible evolución de la generación eléctrica nos lleva hacia un entorno muy diferente al vivido en los últimos años, ya que la generación del futuro reque-

Ahorros previstos anuales de CO<sub>2</sub> en 2025, por tecnología

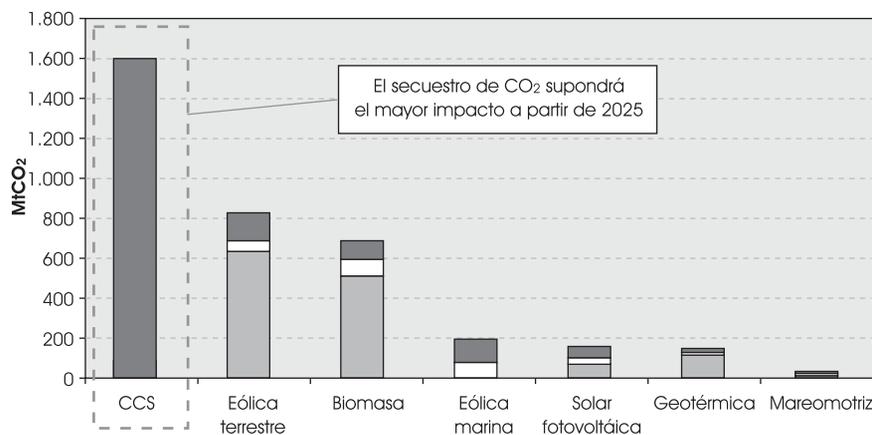


FIGURA 9

### AHORROS GLOBALES ESTIMADOS DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN 2025

Basado en escenarios conservadores del IEA

FUENTE:  
The Boston Consulting Group.

riría niveles de inversión por MW construido muy superiores a los de las últimas dos décadas. Dado que las tecnologías más prometedoras para lograr una generación sostenible con niveles bajos de emisión de gases de efecto invernadero son las renovables — eólica, marina, biomasa, solar y mareomotriz—, la nuclear y la térmica con secuestro de CO<sub>2</sub>, es fácil concluir que estas tecnologías ganadoras requieren un capital empleado muy superior al de las plantas actuales de ciclo combinado. Esto supone decisiones de inversión más arriesgadas para los operadores y, probablemente, una mayor exigencia de rentabilidad ante situaciones de incertidumbre.

Por todo ello, la regulación pasará a jugar un papel fundamental, ya que deberá propiciar la inversión en estas nuevas tecnologías, facilitar la reducción de los plazos de aprobación y puesta en marcha de proyectos tan complejos, e impulsar el desarrollo de aquellas etapas de la cadena de valor como el secuestro de carbono, su transporte y almacenamiento, cuyo modelo de negocio no está claro en el momento presente.

El modelo de doble mercado marginalista actual, de fijación de precios de electricidad y de fijación de precios de CO<sub>2</sub>, implica una gran incertidumbre y un elevado riesgo para las empresas que inviertan en tecnologías con alto volumen de inversión y costes fijos, y que, como consecuencia, deberán exigir a sus inversiones una rentabilidad ajustada al riesgo.

Desde la perspectiva de la demanda ocurre exactamente lo mismo, ya que las empresas eléctricas pueden fomentar las medidas de eficiencia energética, si bien su efectividad dependerá en gran parte de las medidas regulatorias que se adopten para evitar el despilfarro energético por parte de los consumidores menos sensibles al gasto energético, que son los clientes residenciales y las empresas de servicios.

### Hacia una mayor eficiencia energética ↓

Contener la demanda energética parece ser una tarea de titanes, por muchos esfuerzos que se hagan, sobre todo en los países donde haya crecimiento económico y de la población. De hecho, los programas de gestión de la demanda no están teniendo una gran efectividad, lo cual se refleja en el hecho de que la demanda de electricidad se ha duplicado en España en el período comprendido entre 1900 y 2005. En dicho período la tasa de crecimiento anual fue de 4,5%, hasta alcanzar 251 TWh en 2005.

En Europa la demanda ha sido relativamente estable en términos generales, y crecerá algo más en Europa Oriental. Los expertos opinan que las medidas que promueven el uso racional de la energía tendrán muy probablemente un impacto limitado y que la demanda crecerá a una tasa equivalente a la mitad del PIB.

Fuera de Europa y Norteamérica, el crecimiento de la población y la mejora del nivel de vida nos llevará a un mayor consumo per capita como consecuencia de la popularización de la utilización de aparatos eléctricos, de climatización y de iluminación.

Sin embargo, los esfuerzos por incrementar la eficiencia energética serán cada vez más importantes en el sector eléctrico, y resultarán esenciales para cumplir los compromisos medioambientales asumidos por los países, entre los que cabe destacar el Protocolo de Kioto. Se trata de minimizar el derroche por consumo eléctrico excesivo, para lo cual las compañías eléctricas, que operan en un mercado liberalizado, tienen la opción de captar ellas mismas las oportunidades y de fomentar el crecimiento de un

## PERSPECTIVAS PARA LA CAPTURA, TRANSPORTE Y SECUESTRO DE CO<sub>2</sub>

En la actualidad, se ha avanzado significativamente en la investigación sobre la captura, el transporte y el secuestro del CO<sub>2</sub>, y ya están disponibles y en desarrollo muchos de los elementos necesarios para su evolución.

Para la captura de CO<sub>2</sub>, se están llevando a cabo hoy en día unos 45 proyectos de IGCC (ciclo combinado de gasificación integrada) en el mundo. Además, ya se están utilizando tecnologías para la captura de CO<sub>2</sub> en la poscombustión en la industria química y la investigación actual se centra en la conversión molecular del CO<sub>2</sub> para conseguir mejores opciones de almacenamiento y crear flujos de CO<sub>2</sub> para una mayor eficiencia en la captura.

En lo relativo al transporte, se estima que la mayoría de las grandes fuentes de emisiones se encuentran a una distancia media de 300 kilómetros de los almacenes de CO<sub>2</sub>, por lo que las empresas que poseen gasoductos están estudiando la posibilidad de transportar dicho gas desde las

fuentes productoras de CO<sub>2</sub> hasta los almacenamientos.

Por último, existen pozos de petróleo, acuíferos y minas de carbón agotados con capacidad probada para almacenar entre 690 millones y 1,1 billones de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo cual representa las emisiones producidas por el sector eléctrico al ritmo actual durante entre 69 y 110 años.

Sin embargo, todavía será necesario desarrollar nuevas turbinas, mejorar las tecnologías existentes en el sector eléctrico y perfeccionar los procesos químicos para la captura de CO<sub>2</sub>. Será preciso, además, adaptar la infraestructura para poder transportarlo, así como ampliar la experiencia y conocimiento de la geología subterránea para desarrollar almacenamientos seguros de CO<sub>2</sub>, gestionar el riesgo de fugas y ser capaces de operar en entornos severos.

Todo ello requerirá realizar una cuantiosa inversión y adaptar el marco regulatorio para limitar las responsabilidades de las empresas que quieran aprovechar esta oportunidad.

## EL NEGOCIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Las compañías que ofrecen servicios de eficiencia energética a industrias y hogares, además de verificar el cumplimiento de las normas y emitir certificados obligados por la normativa, realizan mediciones para detectar fugas térmicas y de energía, ofrecen auditorías sobre las características de las instalaciones para identificar posibles mejoras en su rendimiento y potenciales vías para optimizar el consumo y los costes, asesoran sobre usos alternativos de la energía y proporcionan servicios de mantenimiento y seguimiento de los sistemas e iniciativas implantados.

Algunas de estas compañías ofrecen productos de eficiencia energética muy elaborados, como una empresa californiana que ha instalado tecnologías de gestión de la iluminación y equipamiento de los edificios por Internet en un 20% de los edificios de California. La empresa instala un servidor mediante una red local y gestiona diferentes interfaces de la red eléctrica que recogen información a través de sensores de iluminación, de ocupación, de temperatura, de CO<sub>2</sub> y acústico, y modula las necesidades energéticas a través de ventanas electrónicas, persianas motorizadas, estabilizadores de voltaje y contadores de potencia luminosa. Además, se puede intervenir sobre las decisiones del sistema utilizando los interruptores.

Esta empresa estima que, en la actualidad, el proyecto supone un ahorro del consumo energético del 40%, es decir,

de 2,4 TWh y 250 millones de dólares, que puede llegar en 2015 al 59% en nueva construcción y al 43% en edificaciones antiguas.

En otros mercados desarrollados se están comercializando productos que permiten un ahorro energético y en las emisiones de CO<sub>2</sub> en distintos ámbitos como la iluminación, el acondicionamiento técnico, el aislamiento, la climatización, etc. A su vez, las Administraciones han favorecido el desarrollo de mercados de eficiencia energética en edificios en países como Estados Unidos, donde la legislación ha impulsado el negocio de eficiencia y certificación promoviendo diversos programas de certificación y promulgando la legislación «Energy Star», que ha propiciado la certificación de 110.000 edificios en 10 años.

La Directiva 2002/91, relativa a la certificación energética, realizada por el Parlamento Europeo en 2006 podría fomentar el crecimiento de este producto en Europa, gracias a unas líneas maestras que impulsan la sustitución de calderas, la sustitución de los sistemas de iluminación existentes y la renovación de la epidermis de los edificios. Además de la normativa europea, en España la eficiencia energética también tiene un contexto prometedor a día de hoy, ya que la mayoría de los pisos son en propiedad y los edificios tiene una antigüedad media de 45 años, mayor que la media europea.

tejido industrial asociado al negocio de la eficiencia energética. De hecho, tanto en Europa como en Estados Unidos, las empresas eléctricas están emprendiendo iniciativas que promueven el uso responsable de la energía, el asesoramiento a sus clientes para conseguir un mayor ahorro, y la firma de acuerdos con las Administraciones.

Además de las iniciativas de gestión de la demanda y del optimista desarrollo de proyectos de eficiencia energética, se están poniendo en marcha planes de generación distribuida que solventen la necesidad de cubrir picos de demanda sin tener que construir un mayor número de plantas de generación térmica convencional.

Se trata de construir pequeñas plantas de gas que permitan cubrir los picos que se producen, esencialmente en las ciudades, a media mañana y al anochecer, y que ofrezcan la posibilidad de modular la generación de electricidad a lo largo del día. Este tipo de plantas serán útiles para cubrir las necesidades energéticas y sostenibles desde el punto de vista medioambiental.

En resumen, la regulación tendrá una influencia directa en la gestión de la demanda, en el mix energético futuro como consecuencia de las políticas de incentivos y primas adoptadas, y en el desarrollo e impulso de nuevas tecnologías de generación con un impacto real en el balance de emisiones de CO<sub>2</sub> como son la nuclear y la térmica con secuestro de CO<sub>2</sub>.