

VIENTO FUERZA 12

UNA PROPUESTA PARA OBTENER EL 12% DE LA ELECTRICIDAD MUNDIAL CON ENERGÍA EÓLICA EN 2020

CONTENIDO

PREFACIO	2
INTRODUCCIÓN	4
RESUMEN Y CONCLUSIONES	5
1. METODOLOGÍA	8
2. SITUACIÓN GLOBAL DE LA ENERGÍA EÓLICA	10
3. RECURSOS EÓLICOS Y DEMANDA MUNDIAL DE ELECTRICIDAD	23
4. 12% DE LA ELECTRICIDAD MUNDIAL CON ENERGÍA EÓLICA	28
5. 12% DE ENERGÍA EÓLICA EN 2020 - INVERSIONES, COSTES Y EMPLEO	23
6. 12% DE ENERGÍA EÓLICA EN 2020 - BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES	38
7. RECOMENDACIONES POLÍTICAS	41
APÉNDICES	46



EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION

GREENPEACE



ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE
ENERGÍAS RENOVABLES

La energía es fundamental para la vida moderna. No hay duda de que podemos y debemos usarla más eficientemente, pero también de que el mundo en vías de desarrollo necesitará más energía para afrontar sus necesidades más acuciantes. El reto al que nos enfrentamos todos nosotros es el de cómo satisfacer la creciente demanda de energía y, al mismo tiempo, afrontar la amenaza igualmente urgente del cambio climático.

Este informe destaca el papel significativo que la energía eólica puede jugar ante este reto. En paralelo a su avance tecnológico, la energía eólica es competitiva en cada vez más sitios y está, por ello, creciendo rápidamente. No sólo supone una esperanza de futuro, sino que es ya una realidad aquí y ahora, un negocio fiable y creciente que suministra electricidad eólica en todo el mundo.

El informe del grupo de trabajo del G8 (www.renewabletaskforce.org) enfatizó la necesidad de aumentar las energías renovables en los mercados del mundo desarrollado. Es en estos mercados donde tenemos la escala necesaria para desarrollar tecnologías siguiendo la clásica *curva de aprendizaje* que permite reducir costes a medida que se aprende con la experiencia. Esto es exactamente lo que está sucediendo con la eólica. El informe demuestra el apasionante progreso tecnológico que ha vivido en los últimos años una tecnología que la Humanidad utiliza desde hace siglos. Este progreso continuará, incluyendo la tendencia actual hacia grandes parques eólicos marinos. Conforme la energía eólica se va convirtiendo en un "negocio normal" en los países industrializados, será cada vez más una opción igualmente familiar en otras partes del mundo, permitiendo a dichos países subirse al tren de las últimas tecnologías de la misma manera que muchos de ellos han sido capaces de hacerlo en el campo de las comunicaciones telefónicas móviles.

Como muestran las excelentes reseñas nacionales de este informe, este progreso no es algo que ocurra por casualidad. Surge de la combinación de marcos normativos de apoyo -que establecen objetivos claros y vinculantes- dentro de los cuales el mercado es libre de operar, liberando creatividad y competencia para suministrar las soluciones más eficientes y económicas. Para que la eólica y las otras fuentes renovables de energía se extiendan por el mundo, tenemos que asegurar que las instituciones financieras internacionales y las agencias de crédito a la exportación estén tan dispuestas a poner fondos a disposición de los proyectos de energías renovables como lo han hecho en favor de proyectos de energías convencionales. Como el informe también señala, tenemos que asegurarnos que se eliminen las subvenciones que distorsionan el mercado.

El informe aborda correctamente las limitaciones que impone el suministro eólico fluctuante a la red eléctrica. Aunque dichas restricciones no resultan importantes para los niveles de suministro previstos en este informe, a medida que desarrollemos otros sistemas de almacenamiento y transporte de energía, quizás a través de algunos de los apasionantes desarrollos actuales en hidrógeno y pilas de combustible, estas limitaciones serán gradualmente eliminadas.

Greenpeace y la Asociación Europea de Energía Eólica (EWEA) merecen nuestro reconocimiento por un informe que resalta, tanto para los políticos como para los inversores, el potencial real de la energía eólica. Debe alabarse también el esfuerzo que desarrolla Greenpeace para atraer la imaginación popular. Y es que al final es sólo mediante el compromiso de los consumidores y votantes como desarrollaremos los sistemas sostenibles de energía que necesitamos.



Sir Mark Moody-Stuart
co-Presidente del Grupo de Trabajo de Energías Renovables del G8 2001-2

La energía eólica se ha hecho mayor de edad. Es la fuente de energía que está creciendo más rápidamente en el mundo hasta convertirse ya en un faro de esperanza para un futuro basado en una electricidad sostenible y libre de contaminantes.

La energía eólica ya satisface en todo el planeta las necesidades de electricidad de unos 14 millones de hogares y más de 35 millones de personas.

En los últimos años, las nuevas instalaciones eólicas han sobrepasado en potencia a las nuevas centrales nucleares puestas en marcha. Hoy hay ya más de 55.000 aerogeneradores instalados en el mundo. Globalmente, la industria eólica emplea a unas 70.000 personas, factura más de 5 millardos de euros y está creciendo a una tasa de casi un 40% al año.

Este informe da una idea general de la exitosa historia de la energía eólica y de sus éxitos sin explotar del mañana. Viento Fuerza 12 es una propuesta para la acción que demuestra que, incluso en un escenario continuista (*business as usual*) en el que el consumo de electricidad global se duplique en dos décadas, la energía eólica puede llegar a suministrar el 12% de la electricidad mundial.

El presente informe es una actualización del análisis original Viento Fuerza 10, publicado en 1999, que demostraba que la energía eólica podría proporcionar el 10% de la demanda de electricidad de todo el mundo en el transcurso de dos décadas.

Desde entonces, una pequeña reducción de las previsiones de crecimiento eléctrico global por parte de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) ha permitido a la energía eólica aumentar dicha cuota de electricidad hasta el 12%. Además, el sector de la energía eólica ha progresado más rápidamente de lo que habíamos previsto en 1999. Las tasas de crecimiento a lo largo de los últimos tres años han estado muy por encima de las previstas en el informe original. El nuevo escenario se basa, sin embargo, en una tasa de crecimiento de la industria eólica a corto y medio plazo más conservadora. Todos estos factores nos proporcionan el nuevo objetivo de Viento Fuerza 12, y nos dan incluso mayor confianza en que nuestras ambiciones para la energía eólica puedan ser alcanzadas.

Beneficios globales

Los muchos beneficios que la energía eólica ofrece al mundo son convincentes: protección medioambiental, desarrollo económico, diversidad y seguridad del suministro, despliegue rápido, transferencia e innovación tecnológica, y electricidad en red a escala industrial. Y por encima de todo, comparado con otras opciones, el combustible eólico es abundante, gratuito e inagotable.

Para desplegar estos beneficios se requieren, sin embargo, acciones urgentes en el ámbito político. Los gobiernos de todo el mundo necesitan comprender las oportunidades que ofrece la energía eólica tanto para proporcionar un suministro de electricidad seguro como para combatir el cambio climático global.

La acción de los gobiernos resulta ineludible tras la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, celebrada en Johannesburgo en Septiembre del 2002.

Los problemas globales requieren soluciones globales, y la energía eólica puede proporcionar dichas soluciones a la escala requerida, ayudando a satisfacer las necesidades energéticas y de desarrollo del mundo sin destruirlo.

La Humanidad tiene ahora ante sí la oportunidad de aprovechar la energía natural del viento para beneficio de todos. Viento Fuerza 12 muestra lo que se puede conseguir si tomamos hoy esta decisión.

Arthouros Zervos, Presidente
EWEA

Sven Teske
Greenpeace



Metodología

El objetivo de este estudio es evaluar si es factible que la energía eólica consiga una participación del 12% de la demanda global de electricidad en 2020. Para ello, se han examinado las implicaciones técnicas, económicas y de recursos asociadas a la consecución de este objetivo.

Los principales inputs utilizados para este estudio han sido los siguientes:

- Una evaluación de los recursos eólicos mundiales y su distribución geográfica.
- La producción eléctrica eólica requerida y la capacidad de la red eléctrica para recibirla.
- La situación actual del mercado de la energía eólica y su tasa de crecimiento potencial.
- El análisis de la tecnología eólica y de su perfil de costes.
- Una comparación con otras tecnologías emergentes usando la “teoría de la curva de aprendizaje”.

Este estudio es una actualización del publicado en 1999. Como su predecesor, no es un informe de previsión sino de viabilidad cuya puesta en práctica dependerá de las decisiones tomadas por los gobiernos de todo el mundo.

Situación global de la energía eólica

Desde que se publicó el informe original *Viento Fuerza 10*, la energía eólica ha mantenido su estatus como la fuente energética de crecimiento mundial más rápido.

La capacidad instalada ha continuado creciendo a una tasa anual de más del 30%. Sólo durante 2001 se conectaron a la red eléctrica cerca de 6.800 MW eólicos de nueva planta.

A inicios del 2002, las instalaciones de energía eólica habían alcanzado en todo el mundo los 25.000 MW. Esto proporciona suficiente energía para satisfacer las necesidades de unos 14 millones de hogares, más de 35 millones de personas. Aunque en Europa se contabiliza el 70% de esta capacidad, otras regiones están empezando a emerger como mercados importantes. Más de 45 países contribuyen hoy al total mundial, mientras que el número de personas empleadas en el sector se estima en unas 70.000.

El impulso a la expansión de la energía eólica ha venido cada vez más de la urgente necesidad de combatir el cambio climático global. La mayoría de los países aceptan ahora que las emisiones de gases de efecto invernadero deben ser recortadas drásticamente para evitar una catástrofe medioambiental. La energía eólica ofrece una fuente de energía que evita por completo la emisión de dióxido de carbono, el principal gas de efecto invernadero, sin producir ninguno de los otros contaminantes asociados ni con la generación a partir de combustibles fósiles ni con la generación nuclear. La energía eólica suministra además electricidad en red a escala industrial.

A partir del Protocolo de Kyoto de 1997 se han planteado a escala regional y nacional una serie de objetivos de reducción de gases de efecto invernadero. Éstos a su vez, han sido traducidos en objetivos para incrementar la proporción de energías renovables, incluyendo la eólica.

Para lograr estos objetivos los países han adoptado una variedad de mecanismos de apoyo de mercado. Éstos varían desde el pago de primas por unidad de electricidad producida hasta mecanismos más complejos basados en una obligación de los suministradores de electricidad de obtener un porcentaje creciente de la misma a partir de energías renovables.

Según el mercado ha ido creciendo, la energía eólica ha mostrado una drástica reducción de costes. El coste de producción de un kilovatio hora de energía eólica es hoy una quinta parte de lo que era hace 20 años. La energía eólica ya es competitiva con centrales nuevas alimentadas por carbón y en algunos emplazamientos puede incluso competir con el gas. Los aerogeneradores también han incrementado su potencia unitaria, con máquinas comerciales que hoy alcanzan ya los 2,5 MW.

El próspero negocio de la energía eólica ha atraído la seria atención de bancos y mercados de inversión, y nuevos participantes, como las compañías petroleras, han entrado en el mercado.

Como ejemplo del éxito de la energía eólica se pueden citar las experiencias de Alemania, España y Dinamarca en Europa, los Estados Unidos en América, e India entre los países del mundo en vías de desarrollo. Un nuevo sector del mercado está a punto de emerger en emplazamientos mar adentro, con más de 20.000 MW eólicos propuestos en los mares de la Europa del Norte.

Los recursos eólicos mundiales y la demanda de electricidad

Diversas evaluaciones confirman que los recursos eólicos mundiales son extremadamente grandes y están bien distribuidos por casi todas las regiones y países. Se estima que los recursos eólicos disponibles y técnicamente aprovechables alcanzan los 53.000 Teravatios hora (TWh)/año, lo que representa más del doble de la demanda total de electricidad de todo el mundo prevista en 2020. Es, por tanto, difícil que la falta de recurso eólico sea un factor limitador de la utilización de la energía eólica para la generación de electricidad.

Además, cuando se han llevado a cabo evaluaciones más detalladas para un país específico, éstas han tendido a revelar un potencial eólico mucho más alto del que sugieren los estudios generales. En Alemania, por ejemplo, el Ministerio de Asuntos Económicos ha mostrado que el potencial es 5 veces mayor que el indicado en un estudio de 1993 sobre los países de la OCDE. En toda Europa hay un amplio potencial para cubrir al menos el 20% de la demanda de electricidad en 2020, especialmente si se incluye el nuevo mercado eólico marino.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) estima periódicamente la demanda futura de electricidad. El Panorama de la Energía Mundial 2000¹ de la AIE muestra que en 2020, bajo un escenario business as usual, la demanda mundial alcanzará los 25.800 TWh. Para que la energía eólica cubra el 12% de dicho consumo global tendría, por tanto, que generar para entonces una producción en torno a los 3.000 TWh/año.

No hay obstáculos sustanciales para la integración de tal cantidad de energía eólica en la red eléctrica. En Dinamarca, por ejemplo, se han gestionado niveles punta de hasta el 50% en la parte occidental del país durante períodos de mucho viento. La hipótesis prudente adoptada aquí es que un porcentaje de penetración eólica del 20% es fácilmente alcanzable.

El 12% de la electricidad mundial a partir de la energía eólica

Sobre la base de las tendencias recientes, es factible prever que la energía eólica crecerá a una tasa promedio anual para nuevas instalaciones del 25% entre 2002 y 2007. Ésta es la mayor tasa de crecimiento durante el periodo del estudio, llegando a un total de 120.600 MW eólicos conectados para finales de 2007.

De 2008 a 2012, la tasa de crecimiento baja a un 20% anual resultando en 352.241 MW de poten-

cia instalada en 2012. Más tarde la tasa cae a un 15%, y a un 10% en 2016, aunque en dicho momento la expansión de la energía eólica tendrá lugar con un alto volumen de instalación anual.

De 2020 en adelante, la tasa de instalación anual se estabilizará en 150.000 MW por año. Esto significará que para 2030-40, la energía eólica total habrá alcanzado aproximadamente los 3.000 GW, que por entonces representarán aproximadamente un 20% del consumo mundial.

Este escenario del 12% se ha dividido también por regiones. Se espera que los países de la OCDE, especialmente Europa y América del Norte, lideren la implantación eólica aunque otras regiones como China también aportarán una importante contribución.

La elección de los parámetros e hipótesis que subyacen tras este escenario se ha basado en la experiencia histórica tanto de la industria de la energía eólica como de otras tecnologías energéticas. Las hipótesis principales son las siguientes:

TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL: Aunque tasas de crecimiento del 20-25% son altas para la industria de equipos pesados, el sector eólico ha experimentado tasas mucho más altas durante su fase inicial de industrialización. Durante los últimos 5 años, la tasa de crecimiento medio anual de aerogeneradores instalados ha sido cercana al 40%. A partir de 2013, la tasa de crecimiento prevista en este escenario cae a un 15% y después a un 10% en 2016. En Europa, un factor importante será la apertura del mercado eólico marino. En lo que respecta a los países en vías de desarrollo, un mensaje claro del sector es que el establecimiento de un marco político estable es fundamental para la expansión eólica en los mercados emergentes.

PORCENTAJES DE PROGRESO: La teoría de la curva de aprendizaje industrial sugiere que los costes disminuyen en un 20% cada vez que el número de unidades producidas se duplica. Los porcentajes de progreso asumidos en este estudio empiezan en un 0,85 hasta 2010. Después, este porcentaje se reduce al 0,90 y luego a un 1,0 en 2026.

AUMENTO DEL TAMAÑO DEL AEROGENERADOR: El tamaño medio de los nuevos aerogeneradores instalados se prevé que crezca en la próxima década de la cifra actual de 1.000 kW (1 MW) a 1,3 MW en 2007 y a 1,5 MW en 2012. El aumento de la potencia de los aerogeneradores supone reducir el número de unidades requeridas.

COMPARACIONES CON OTRAS

TECNOLOGÍAS: Tanto la energía nuclear como la gran hidráulica son tecnologías energéticas que han conseguido sustanciales niveles de penetración en un plazo de tiempo relativamente corto. La nuclear alcanza en la actualidad un nivel global del 16% y la gran hidráulica del 19%. La energía eólica es en la actualidad una industria capaz de generar electricidad de forma comercial. El horizonte temporal del escenario del 12% es, por tanto, consistente con el desarrollo histórico de esas dos otras tecnologías.

El 12% de energía eólica en 2020 - inversión, costes y empleo

La inversión anual necesaria para lograr la implantación de la energía eólica descrita anteriormente empieza en 5,2 millardos de euros en 2001 y aumenta hasta un máximo de 67 millardos de euros en 2020. La inversión total necesaria para alcanzar un nivel de 1.200 GW en el 2020 se estima de unos 628,6 millardos de euros a lo largo del período completo.

Ésta es una cantidad muy elevada pero se puede comparar con la inversión anual del sector de la energía durante la década de los 90, que fue de 170-200 millardos de euros. La inversión futura requerida globalmente se ha dividido también por regiones.

El coste por unidad de electricidad eólica producida se ha reducido ya drásticamente a medida que han ido cayendo los costes de fabricación, entre otros. Este estudio parte de la base de que un aerogenerador moderno tiene actualmente en las mejores condiciones un coste de inversión de 765 por kW instalado y un precio por kWh producido de 3,61 céntimos de .

Utilizando las suposiciones ya expuestas, y teniendo en cuenta las mejoras tanto en el tamaño medio de los aerogeneradores como en su factor de capacidad, el coste por kilovatio hora de la energía eólica instalada se prevé que haya caído a 2,62 céntimos de euro en 2010, asumiendo un coste por kilovatio instalado de 555 . En 2020, se prevé que se haya reducido a 2,11 céntimos

de /kWh, con un coste de instalación de 447 /kW -una sustancial reducción del 41% comparada con los costes actuales-.

Se prevé que los costes de la energía eólica resulten cada vez más atractivos en comparación con los de otras tecnologías de generación.

El efecto en creación de empleo del escenario de 12% de energía eólica es un factor crucial a sopesar junto con sus otros costes y beneficios. Un total de 1,475 millones de puestos de trabajo se habrán creado en todo el mundo en 2020 gracias a la fabricación, instalación y otras tareas asociadas con el sector eólico. Esta cantidad total también se ha estudiado por regiones en intervalos de cinco años.

El 12% de energía eólica en 2020 - los beneficios medioambientales

El beneficio medioambiental más importante de la generación de electricidad mediante energía eólica es la reducción de los niveles de dióxido de carbono que se emiten a la atmósfera del planeta. El dióxido de carbono es el principal gas responsable del incremento del efecto invernadero, que lleva a las consecuencias desastrosas del cambio climático global.

Asumiendo que el valor medio del dióxido de carbono evitado mediante el cambio a energía eólica es de 600 toneladas por GWh, el ahorro anual según este escenario será de 1.856 millones de toneladas de CO₂ en 2020 y 4.800 millones de toneladas en 2040. Los ahorros acumulados serían de 11.768 millones de toneladas de CO₂ en 2020 y 86.469 millones en 2040.

Si se diera un valor económico a los costes externos, incluyendo el daño medioambiental causado por los diferentes combustibles utilizados para la generación de electricidad, la energía eólica se beneficiaría de una reducción en su precio o aumentaría sustancialmente el coste de otros combustibles.

¹ En inglés, World Energy Outlook 2000





El análisis central de este informe ha sido realizado por BTM Consult, una consultora danesa independiente especializada en energía eólica.

El objetivo de este estudio ha sido evaluar las implicaciones técnicas, económicas y de recursos asociadas a la penetración de la energía eólica en el sistema global de electricidad hasta alcanzar en dos décadas el 12% de la demanda futura total. La intención ha sido la de calcular si es posible obtener ese 12% en dicho plazo de tiempo.

La metodología utilizada en este estudio explora la siguiente secuencia de preguntas:

- ¿Son los recursos eólicos mundiales suficientemente grandes? ¿Están adecuadamente distribuidos desde un punto de vista geográfico para conseguir un nivel de penetración del 12%?
- ¿Qué nivel de producción eléctrica de origen eólico se requerirá? ¿Puede ésta tener acomodo en las redes eléctricas existentes?
- ¿Está la tecnología eólica lo suficientemente desarrollada para afrontar este reto? ¿Cuál es su perfil técnico y de costes?
- Teniendo en cuenta el estado actual de la industria eólica, ¿es factible satisfacer una demanda sustancialmente mayor? ¿Qué tasas de crecimiento se requerirán?

BTM Consult realizó en 1998 un estudio inicial para el Foro Danés para la Energía y el Desarrollo (FED), que fue el modelo para un análisis más detallado llevado a cabo el año siguiente para el FED, Greenpeace y la Asociación Europea de Energía Eólica. La presente publicación es una actualización del informe de 1999 Viento Fuerza 10.

El primer estudio (1998) abordó el potencial de la eólica para alcanzar una participación del 10% sobre la base de dos escenarios diferentes de la demanda total mundial de electricidad. En el informe más detallado (1999) sólo se utilizó un escenario de demanda futura -el previsto en el Panorama de la Energía Mundial de 1998 de la AIE, una proyección conservadora basada en una tendencia business as usual, según la cual el consumo de electricidad se doblaría en 2020-.

En el presente estudio difieren tres factores respecto al estudio anterior. En primer lugar, se han utilizado las proyecciones ajustadas del Panorama de la Energía Mundial de 2000 de la AIE. Como esta previsión actualizada de la demanda global futura de electricidad es ligeramente inferior que la de 1998, se eleva hasta el 12% el porcentaje total de contribución de la energía eólica a la electricidad mundial. En segundo lugar, las tasas de crecimiento

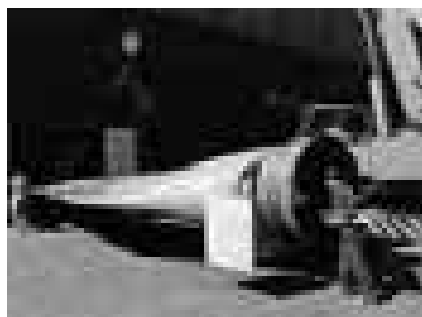
de la industria eólica a lo largo de los tres últimos años han estado muy por encima de las contempladas en el informe original. Por último, en este escenario actualizado se han reducido las tasas de crecimiento eólico anual previstas en el anterior Informe para el periodo del 2004 al 2015, lo que hace a este escenario ser incluso más conservador. Por ejemplo, en los años 2008 a 2010 las tasas de crecimiento son ahora del 20%, y no del 30% como antes, lo que supone una reducción sustancial. Todos estos factores dan lugar al nuevo objetivo de Viento Fuerza 12.

El informe también compara el desarrollo de la tecnología eólica con el de otras tecnologías emergentes usando la llamada "teoría de la curva de aprendizaje". Debido a su naturaleza modular, la energía eólica se puede beneficiar significativamente de los efectos de la curva de aprendizaje. Esto significa que un alto nivel inicial de penetración puede contribuir al progreso tecnológico y económico, justificando a su vez una expectativa de mayor progreso y, por consiguiente, de un elevado nivel final de desarrollo. Por esta razón, la curva de penetración se ha extendido hasta el 2040, para cuando habrá alcanzado un nivel de saturación.

Para que la energía eólica consiga el 12% de penetración en el mercado eléctrico en el año 2020 debe alcanzar una capacidad de fabricación de 150.000 MW/año -más de veinte veces la existente en 2001-. Si este nivel de producción se mantuviera más allá de 2020, abriría la puerta a una penetración potencial incluso más alta para 2040. Para entonces, estarían en operación 3.000 GW eólicos.

Aunque no se han evaluado en detalle las limitaciones de la penetración de la energía eólica más allá de 2020, si la energía eólica puede cumplir los requisitos del escenario hasta el 2020, lo más probable es que el desarrollo continúe más allá, y con un coste adicional marginal de absorción por el sistema eléctrico.

Finalmente, se hace necesario subrayar que el análisis realizado por BTM Consult no es una previsión a largo plazo ni tampoco una predicción, ya que el estudio está enraizado en las experiencias del mundo real y en los éxitos de la industria eólica de hoy. Es un estudio de viabilidad que tiene en cuenta las limitaciones físicas esenciales a las que se enfrenta el desarrollo a gran escala de la energía eólica. Evalúa y compara los patrones reales de crecimiento industrial que se han visto en el sector hasta ahora con los desarrollos en otras tecnologías de la energía. A lo largo del pasado medio siglo, tecnologías de generación tales como la hidráulica a gran escala o la energía nuclear han conseguido una elevada penetración en el mercado en un plazo de tiempo relativamente corto. El grado real de desarrollo de la energía eólica vendrá, sin embargo, determinado por las iniciativas políticas que se tomen a escala global.





2. SITUACIÓN GLOBAL DE LA ENERGÍA EÓLICA

AL FINALIZAR 2001 LA POTENCIA EÓLICA INSTALADA EN EL MUNDO HABÍA ALCANZADO CASI 25.000 MW, SUFICIENTE PARA SATISFACER LAS NECESIDADES DE ELECTRICIDAD DE UNOS 14 MILLONES DE HOGARES.

Desde que el informe original Viento Fuerza 10 se publicara por vez primera en 1999, la energía eólica ha sobrepasado constantemente su tasa prevista de expansión y ha mantenido su estatus como la fuente de energía mundial de mayor crecimiento. Entre los más destacados analistas energéticos, figura ahora como una de las oportunidades de negocio más prometedoras para mitigar el cambio climático. Las compañías eólicas han surgido como inversiones rentables y seguras, desafiando en algunos países el dominio de los suministradores de energías convencionales.

Desde 1996, la potencia eólica global ha continuado creciendo a una tasa anual acumulada cercana al 40%. Durante la pasada década, las instalaciones se han prácticamente doblado cada dos años y medio. Sólo en el 2001, cerca de 6.800 MW eólicos de nueva planta se conectaron a la red eléctrica en todo el mundo.

A finales del 2001, la potencia eólica global instalada había alcanzado casi los 25.000 MW, cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de electricidad de cerca de 14 millones de hogares, es decir, más de 35 millones de personas. Europa suma aproximadamente el 70% de esta capacidad y dos tercios del crecimiento eólico de ese año, aunque otras regiones están empezando a surgir como mercados importantes para la industria eólica. Más de 45 países en todo el mundo contribuyen actualmente al total global y se estima que el número de personas que emplea el sector en todo el mundo es de unas 70.000.

Mercados mundiales

En Europa, Alemania es el líder del mercado. Durante 2001, la potencia eólica alemana aumentó en 2.627 MW, una cifra récord que llevó al país a sumar un total de 8.734 MW. Dicha potencia satisface el 3,3% de la demanda nacional de electricidad, una proporción que se espera alcanzará el 5% en el 2003.

Dinamarca y España² también han continuado su expansión eólica, ésta última con más de 1.000 MW³ de nueva planta instalados durante 2001. Si continúa esta tendencia, la industria eólica española seguirá tras Alemania en pos de la corona eólica europea. Mientras tanto, Dinamarca ha conseguido satisfacer el 18% de su demanda eléctrica con energía eólica, el mayor porcentaje de todos los países del mundo.

Otros siete miembros de la Unión Europea -Italia, Holanda, Suecia, Grecia, Portugal, Irlanda y el Reino Unido- tienen ya cada uno más de 100 MW instalados y han alcanzado de hecho la fase de despegue. Francia también parece a punto para una fortísima expansión tras la

Tabla 2-1: Crecimiento del mercado eólico mundial 1996-2001

Año	Instalado (MW)	Aumento %	Acumulado (MW)
1996	1.292	%	6.070
1997	1.568	21%	7.636
1998	2.597	66%	10.153
1999	3.922	51%	13.932
2000	4.495	15%	18.449
2001	6.824	52%	24.927
Crecimiento medio en 5 años		39,5%	

Tabla 2-2: Principales mercados de energía eólica en 2001

País	Nueva Instalación (MW)	Total instalado final 2001 (MW)
Alemania	2.627	8.734
E.E.U.U	1.635	4.245
España ⁴	1.050	3.550
Italia	276	700
India	236	1.456
Japón	217	357
Dinamarca	115	2.456
Reino Unido	107	525
Grecia	84	358
China	75	406
Otros	402	2.140
Total mundial	6.824	24.927

introducción en 2001 por parte de su Gobierno de un sistema tarifario de precio fijo y el establecimiento del objetivo de alcanzar los 10.000 MW para el 2010.

En América, el mercado de los Estados Unidos ha sufrido un importante resurgimiento, pulverizando registros anteriores con 1.635 MW instalados durante el 2001, más de la mitad de los cuales lo fueron en el "Estado Petrolero" de Texas. La potencia total en Estados Unidos ha alcanzado los 4.245 MW. Canadá está lista para la expansión desde su nivel actual de 198 MW instalados tras la introducción de un crédito fiscal a la producción similar al que opera en Estados Unidos. En Sudamérica, la necesidad urgente de nueva potencia eléctrica impulsó al gobierno brasileño a lanzar el programa

Tabla 2-3: Tasas de crecimiento en los diez principales mercados de energía eólica

País	MW a finales de 1998	MW a finales de 1999	MW a finales de 2000	MW a finales de 2001	Crecimiento, índice 2001-2002 %	Crecimiento medio en 3 años %
Alemania	2.874	4.442	6.107	8.734	43%	45%
España	880	1.812	2.836	3.550	25%	59%
E.E.U.U.	2.141	2.445	2.610	4.245	63%	26%
Dinamarca	1.420	1.738	2.341	2.456	5%	20%
India	992	1.035	1.220	1.456	19%	14%
Holanda	379	433	473	523	11%	11%
Reino Unido	338	362	425	525	24%	16%
Italia	197	277	424	700	65%	53%
R.P. China	200	262	352	406	15%	27%
Grecia	55	158	274	358	31%	87%
Total 10 mayores	9.476	12.964	17.062	22.953	35%	34%

"Proeólica", con el cual más de 3.600 MW en nuevos proyectos fueron rápidamente aprobados. El vasto potencial de Argentina está esperando una estimulación similar. Compañías españolas encabezan la oferta para su desarrollo.

También se están abriendo nuevos mercados en otros continentes. Australia ha visto un incremento de actividad. En Asia, el mercado indio ha revivido tras un periodo de calma a finales de los años 90, China está mirando de incrementar su capacidad hasta 1.200 MW en el 2005, mientras que Japón continúa expandiéndose regularmente. En África, tanto Egipto como Marruecos han mostrado lo que es posible conseguir a partir de una planificación nacional y el respaldo de promotores europeos. Marruecos ya obtiene el 2% de su electricidad de un parque eólico de 50 MW y tiene planes para 460 MW adicionales.

El imperativo del cambio climático

El impulso a la expansión de la energía eólica ha venido cada vez más de la necesidad urgente de combatir el cambio climático global. El Panel Intergubernamental del Cambio Climático patrocinado por Naciones Unidas prevé que las temperaturas medias del planeta aumentarán hasta 5,8°C durante este siglo. Muchos países aceptan actualmente que las emisiones de gases de efecto invernadero deben recortarse de manera drástica para limitar la catástrofe medioambiental que se produciría.

La eólica y otras tecnologías energéticas renovables generan electricidad sin producir los contaminantes asociados a los combustibles fósiles y a la energía nuclear, entre ellos, el dióxido de carbono, el gas de efecto invernadero más significativo.

A partir del Protocolo de Kyoto de 1997, que requiere una reducción global de las emisiones de gases de invernadero del 5,2% para el periodo 2008-2012 respecto de los niveles de 1990, se han introducido en cascada una serie de objetivos de reducción a escala regional y nacional. Éstos se han traducido, a su vez, en objetivos de introducción de una proporción creciente de energías renovables en el mix de suministro. Los 15 Estados miembros de la Unión Europea, por ejemplo, se han marcado como objetivo conjunto que el 22% de su electricidad provenga de fuentes renovables en el 2010, tomando como punto de partida la cuota del 14% existente en 1997.

Para alcanzar estos objetivos, los países europeos y no europeos han adoptado una serie de mecanismos de apoyo al mercado. Éstos van desde simples primas por unidad eléctrica producida por las plantas de energía renovable a mecanismos más complejos que obligan a los generadores eléctricos a obtener un porcentaje creciente de su suministro a partir de energías renovables.

El razonamiento que sostiene estos mecanismos es doble. En primer lugar, hay una necesidad de estimular el mercado renovable hasta el punto en el que se pueda establecer una industria sustancial. En segundo lugar, existe una distorsión histórica del mercado energético en favor de los combustibles fósiles y del nuclear. Se estima que las fuentes de energía convencionales reciben anualmente en todo el mundo subvenciones de unos 250-300 millones de euros.

La energía nuclear continúa llevándose una parte significativa de los fondos de investigación en energía tanto en EEUU como en Europa. Al mismo tiempo, en los costes de generación de los combustibles

"convencionales" no se tienen en cuenta sus costes externos medioambientales, sociales y sanitarios. Sumadas a la liberalización competitiva de los mercados energéticos en todo el mundo, estas distorsiones hacen difícil la consolidación de las nuevas tecnologías energéticas renovables.

Por el contrario, en los países en vías de desarrollo, la energía eólica resulta atractiva como una manera de proporcionar un suministro de electricidad flexible y barato a comunidades con frecuencia aisladas, independientemente de si es apoyada por una prima medioambiental. Durante las próximas décadas, la mayor parte de la nueva demanda de electricidad vendrá del mundo en vías de desarrollo. En este contexto, la energía eólica ofrece la oportunidad de proporcionar electricidad en red a escala industrial, ayudando a un desarrollo limpio que evita recurrir a tecnologías sucias.

Disminución de costes

Conforme el mercado ha ido creciendo, la energía eólica ha experimentado una enorme disminución de sus costes. Los costes de producción de un kilovatio hora eólico son hoy una quinta parte de lo que eran hace 20 años. Sólo durante los últimos cinco años, los costes se han reducido aproximadamente un 20%. La eólica ya es competitiva con nuevas centrales térmicas de carbón y en algunos emplazamientos puede incluso competir con el gas, actualmente la opción más económica. En el Reino Unido, por ejemplo, los promotores han firmado contratos para la construcción de parques eólicos por un precio inferior a 3 céntimos de /kWh, un coste comparable al del gas.

El coste de la generación eólica disminuye a medida que aumenta la velocidad media del viento, y como muestra un análisis reciente de la revista del sector Windpower Monthly, en un emplazamiento con una velocidad media del viento de 7,5 metros por segundo y un coste por kilovatio instalado de 700 €, el viento puede ser competitivo en costes con el gas.

Al ir aumentando su atractivo económico, la energía eólica se ha convertido en un buen negocio. Los principales fabricantes de aerogeneradores están actualmente poniendo en servicio en todo el mundo nuevas fábricas valoradas en muchos millones de euros con el fin de satisfacer la demanda. Cinco de las principales compañías han salido a cotizar en el mercado bursátil europeo, generando un considerable interés por sus acciones. La principal compañía fabricante de aerogeneradores, Vestas, tuvo una facturación en el 2001 de aproximadamente 1,2 millones de euros.

Más importante, si cabe, es que el negocio de la energía eólica está atrayendo el interés de inversores inicialmente ajenos al negocio renovable. A principios del 2002, por ejemplo, un consorcio de entidades bancarias y aseguradoras anunció sus planes para invertir hasta 1,3 millones de euros en parques eólicos a lo largo de la costa británica. El productor de aerogeneradores Enron Wind ha sido comprado por General Electric, una de las compañías más grandes del mundo. Igual de significativa es la decisión de un número de compañías petrolíferas de entrar en el mercado de la energía eólica. La división de Renovables de Shell ya ha alcanzado más de 140 MW de potencia eólica instalada en Estados Unidos. Estas operaciones son la prueba de que la energía eólica se está estableciendo dentro de la corriente dominante del mercado de la energía.

²Las cifras de potencia eólica instalada en España que aparecen en este Informe son algo superiores a las cifras oficiales de la Asociación de Productores de Energías Renovables-APPA. Las diferencias son debidas al hecho de que mientras la consultora BTM, autora del estudio, basa sus datos en las ventas de los fabricantes de aerogeneradores, APPA sólo contabiliza parques eólicos puestos en marcha y conectados a la red, según los criterios

³835 MW instalados en 2001, según los datos oficiales de APPA, lo que lleva el total instalado a final del 2001 a 3.337 MW.

⁴Ver notas 2 y 3.

TECNOLOGÍA EÓLICA

La energía eólica es una tecnología engañosamente simple. Tras las altas y estilizadas torres y el suave movimiento de sus palas subyace una compleja combinación de materiales ligeros, diseños aerodinámicos y control electrónico informatizado. Los datos de la industria alemana muestran que las turbinas eólicas representan por sí solas aproximadamente un 65% del coste en capital de un proyecto en tierra firme, mientras que el resto corresponde a componentes del sistema, coste del terreno, cimentación y construcción de accesos.

Aunque continúan explorándose diversas variantes, la turbina horizontal de tres palas con el rotor situado de cara al viento -a barlovento de la torre- se ha convertido en la configuración técnica más común. Dentro de estas máquinas se introducen continuas mejoras para capturar mayor energía del viento mediante, por ejemplo, torres más altas, rotores más potentes, aspas más grandes, mejoras en la electrónica y mejor uso de los materiales compuestos. Algunas turbinas operan a velocidad variable o evitan

la necesidad de una caja de cambios mediante el uso de la transmisión directa.

La mejora más impresionante de la tecnología eólica ha sido el aumento en tamaño y rendimiento de los aerogeneradores. De las máquinas de sólo 25 kW de hace veinte años se ha pasado a turbinas cuya potencia típica oscila hoy entre los 750 y los 3.000 kW. En el año 2000 las turbinas nuevas instaladas en Alemania rebasaron por primera vez los 1.000 kW de potencia media. Las máquinas más grandes disponibles comercialmente tienen 2.500 kW de potencia, con rotores de 80 metros de diámetro situados en torres de 70-80 metros de altura. Cada turbina de 2.000 kW produce más energía que 200 de la vieja generación de 1980. Una consecuencia de ello es que se necesitan muchas menos turbinas para conseguir la misma producción eléctrica.

En el futuro se fabricarán turbinas incluso más grandes destinadas al nuevo mercado eólico marino. Actualmente están ya en desarrollo aerogeneradores de entre 3.000 y

5.000 kW de potencia. La compañía alemana Enercon acaba de instalar en 2002 el primer prototipo de turbina de 4.500 kW con un diámetro de rotor de 112 metros.

Las turbinas eólicas tienen una vida útil de diseño de 20-25 años, con unos costes típicos anuales de operación y mantenimiento de aproximadamente un 3% del coste de la turbina.

La variabilidad del viento ha producido muchos menos problemas en la gestión de la red eléctrica de los que los escépticos habían previsto. Por ejemplo, en noches ventosas de invierno, la energía eólica ha supuesto hasta el 50% de la generación eléctrica en la parte occidental de Dinamarca, y los operadores de la red eléctrica la han gestionado con éxito. Sin embargo, aumentaría la eficacia y fiabilidad de la aportación de la energía eólica europea si se instalara una nueva súper-red eléctrica para conectar los grandes parques eólicos marinos que se espera que empiecen a producir electricidad en la próxima década.



Las ventajas de la energía eólica

- **Bajo coste: puede ser competitiva con la nuclear, el carbón y el gas.**
- **No se necesita combustible y no produce emisiones de dióxido de carbono.**
- **Evita la dependencia de combustibles importados y las crisis ligadas a las subidas de sus precios.**
- **Modular y de rápida instalación**
- **Proporciona un gran suministro de electricidad en red con carácter industrial.**
- **Compatible con otros usos de la tierra -la agricultura o la industria se pueden mantener a su lado-**
- **Más puestos de trabajo por MW instalado y euro invertido que la energía nuclear y los combustibles fósiles.**

Alemania - líder mundial

Alemania es el líder mundial indiscutible en energía eólica. Desde principios de los años 90, alentada por políticas nacionales y regionales de apoyo, una industria en rápida expansión ha mostrado a otras naciones europeas el camino a seguir.

La cifra de potencia eólica instalada en Alemania a finales de 2001 se situaba en 8.734 MW. Sus 11.000 aerogeneradores producen suficiente electricidad para cubrir el 3,3% de la demanda en un país de 82 millones de habitantes. Y lo que es más importante, si continúa la tendencia actual dicha proporción podría fácilmente alcanzar el 5% en 2003.

Sólo durante 2001 se conectaron a la red eléctrica más de 2.000 nuevas turbinas eólicas, lo que representó una potencia total de 2.659 MW. Esto supuso un aumento del 60% respecto al nivel de nueva potencia instalada durante 2000, y un resultado incluso mejor del que habían previsto la mayoría de los expertos. Alemania ha visto durante los pasados siete años tasas espectacularmente altas de crecimiento de su potencia eólica. El aumento anual medio desde 1998 ha sido del 43%.

Ningún otro desarrollo en la historia de la industria de la electricidad del país se puede comparar con éste. La Asociación Alemana de Energía eólica compara la producción eléctrica de la energía nuclear tras sus primeros diez años de expansión comercial -6,5 TWh en 1970- con la producción eléctrica de la energía eólica tras diez años de apoyo gubernamental -más de 11 TWh en 2000-.

En el proceso se ha establecido una gran nueva industria en un país ya conocido por sus capacidades de ingeniería. La mayoría de las turbinas eólicas que operan en Alemania se producen hoy dentro del país, y compañías como Enercon, Nordex y Enron Wind han construido grandes centros de

fabricación. Se estima que 35.000 personas están actualmente empleadas tanto directa como indirectamente por la industria. Las ventas en el sector alcanzaron los 3 millardos de euros durante 2001.

Legislación clave

Tras los programas eólicos gubernamentales de 100 MW y 250 MW de los años 80, el gran avance llegó en 1991, cuando la Stromeinspeisungsgesetz -Ley de Inyección Eléctrica- fue aprobada por el parlamento alemán. Esta ley fundamental garantizaba a todos los productores de energías renovables hasta el 90% del precio de venta de la electricidad en el sector doméstico por cada kilovatio hora que generasen. Basada en el razonamiento de que las fuentes de energía limpia necesitan un estímulo tanto para establecer un mercado como para competir con combustibles históricamente subvencionados como el carbón y el nuclear, la ley ha demostrado ser tan sencilla desde un punto de vista administrativo como efectiva en la práctica.

En 2000, el principio de la citada ley se reforzó aún más mediante una nueva Ley de Energías Renovables. Ésta reconoció la creciente competitividad de la eólica mediante la introducción de un pago decreciente por producción tras los cinco primeros años de operación de la turbina, pero esto no ha restado atractivo para los inversores.

A las políticas nacionales han seguido ambiciosos planes de desarrollo regional. En el estado septentrional de Schleswig-Holstein, por ejemplo, ya se ha alcanzado el objetivo previsto para el 2010 de suministrar el 25% de electricidad a partir del viento. Un factor clave han sido los préstamos a bajo interés disponibles para los promotores eólicos a través del Investitionsbank, un banco sin fines lucrativos. En el estado vecino y más poblado de Baja Sajonia, que también tiene políticas de apoyo igualmente fuertes, las turbinas eólicas satisfacen ya el 10% del suministro. Para que los proyectos



SE ESTIMA QUE 35.000 PERSONAS TRABAJAN
ACTUALMENTE DIRECTA O INDIRECTAMENTE EN LA
INDUSTRIA EÓLICA ALEMANA

progresen más rápidamente, muchos estados han designado ciertas áreas como enclaves prioritarios para nuevos programas eólicos.

Amplia propiedad

Los poderosos incentivos financieros proporcionados en Alemania tanto en el ámbito nacional como regional han tenido otros dos importantes efectos. En primer lugar, han permitido a la energía eólica expandirse fuera de los sitios más ventosos de la costa del Mar del Norte. El resultado es que incluso estados situados bien tierra adentro como Renania del Norte-Westfalia (1.010 MW instalados a final de 2001), Sajonia-Anhalt (796 MW) y Brandenburgo (769 MW), en los que las velocidades del viento son mucho menores, se han beneficiado del auge. La industria ha respondido con la producción de turbinas especialmente adaptadas para trabajar con un buen rendimiento en emplazamientos con velocidades del viento más bajas.

El segundo efecto ha sido abrir la propiedad y la inversión

potencial en energía eólica a un amplio abanico de personas. Otros parques eólicos de mayor tamaño se han desarrollado mediante fondos de inversión en los que el número más significativo de acciones lo han adquirido pequeños empresarios y compañías que, a su vez, se benefician de una desgravación fiscal por la inversión. Se estima que más de 100.000 alemanes son actualmente accionistas de proyectos de energía eólica.

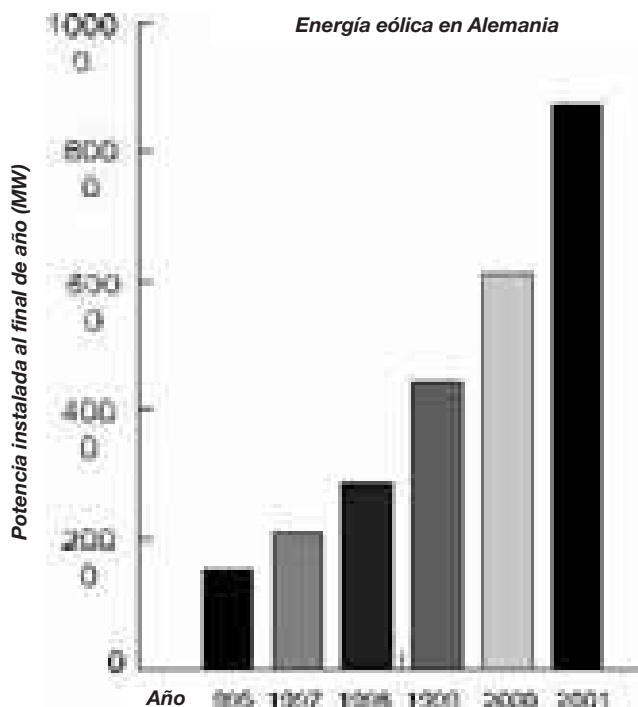
En países con una densidad de turbinas eólicas muy elevada - como Alemania y Dinamarca- las poblaciones locales apoyan el desarrollo de la energía eólica. En muchas regiones, la energía eólica se ha convertido en una importante fuente de ingresos para los agricultores y granjeros.

Políticas verdes

El impulso a la energía eólica ha encontrado un fuerte apoyo en la influencia política ejercida por los ecologistas, incluidos los Verdes, que actualmente comparten gobierno con los socialdemócratas. Las coaliciones Verde-Socialdemócratas también controlan un buen número de estados.

La decisión política más reciente ha sido la anunciada intención de cerrar dentro de 30 años, al final de su vida técnica útil, las 19 centrales nucleares del país, que proporcionan en la actualidad el 30% de la electricidad.

Al mismo tiempo, el gobierno alemán ha aceptado las propuestas de Greenpeace y ha establecido como nuevo objetivo a largo plazo para la energía eólica producir al menos un 25% de la electricidad del país en el 2025. Mucha de esta electricidad será suministrada por parques eólicos marinos en los Mares del Norte y Báltico. En la actualidad, 3.000 MW de potencia eólica marina están confirmados por proyectos en el Mar del Norte para el 2010. La industria espera alcanzar los 16.000 MW en tierra en el 2005, año a partir del cual el mercado pasará a centrarse en la sustitución de los aerogeneradores existentes más antiguos y el desarrollo de parques marinos. Para el 2010, la energía eólica podría estar proporcionando un 10% de la demanda alemana de electricidad a partir de una potencia eólica de aproximadamente 20.000 MW.



(Fuente BTM Consult)



Estados Unidos - el gigante se despierta

El mercado de la energía eólica en Estados Unidos está en ascenso, tras la baja tasa de instalación de los años 90. Durante 2001, el sector eólico pulverizó sus registros previos: los casi 1.700 MW de nueva potencia instalada a lo largo y ancho de 17 Estados fueron más del doble que lo alcanzado en 1999, hasta ahora el año récord. Esta nueva potencia, valorada en 1,7 millardos de euros, elevó la capacidad total instalada hasta los 4.245 MW.

Los parques eólicos en EE.UU. generan ya unos 10 millardos de kilovatios hora al año, lo suficiente como para suministrar electricidad a un millón de hogares. El sector está creciendo a un ritmo tan rápido (un promedio del 23% en los últimos cinco años) que la Asociación Americana de Energía Eólica considera que la energía eólica podrá cubrir el 6% de la demanda eléctrica en 2020 -una cifra que podría rebasarse fácilmente con una política de apoyo fuerte y consistente.

Políticas federales y estatales

Parte de este desarrollo ha sido estimulado por un incentivo clave otorgado por el gobierno federal, el crédito fiscal a la producción (PTC, en sus siglas inglesas)⁵. El PTC, que estuvo en vigor por primera vez en 1994, es un crédito fiscal ajustado a la inflación de 1,5 centavos de \$ por kWh de electricidad eólica producida durante los primeros diez años de operación de un proyecto. Aunque el gobierno permitió que el PTC acabara primero en junio de 1999 y luego a finales de 2001 finalmente fue extendido a principios del 2002 por dos años más. El PTC ha originado un ciclo de tremendo auge para el sector eólico norteamericano.

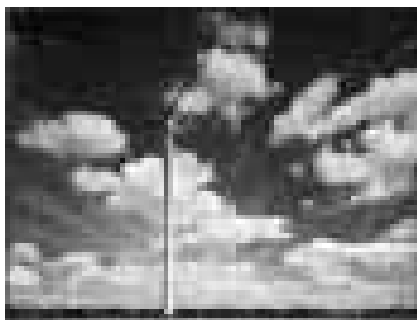
Las políticas individuales de algunos Estados también han

jugado un papel crucial en la promoción de la energía eólica. En Texas, la introducción en 1999 de un contenido mínimo obligatorio y creciente en el tiempo de energía renovable (RPS)⁶ ha disparado el desarrollo inicial de la energía eólica, la renovable de menor coste en ese Estado. Texas instaló en 2001 más nueva potencia (más de 900 MW) de la que se había instalado anteriormente en todo EE.UU. en un sólo año. Texas está ya en el camino para alcanzar, con varios años de adelanto sobre el programa previsto, su objetivo de 2.000 MW de nuevas renovables en 2009. Otros once estados también tienen un sistema de RPS o similar, sirviendo de ejemplo de lo que se podría conseguir a escala nacional con una legislación similar, especialmente si se combinara con el PTC.

Otros incentivos estatales importantes han incluido desgravaciones y créditos fiscales a la inversión (particularmente para la pequeña eólica), y contadores bidireccionales (que permiten a los generadores eólicos que inyectan su producción en la red eléctrica recibir como pago la tarifa eléctrica minorista por todos los kWh que excedan de su propio consumo).

Atractivo económico

En este impresionante resurgimiento del sector eólico, grandes compañías energéticas estadounidenses que en su mayor parte rechazaron la energía eólica en el pasado están teniendo de nuevo en consideración esta tecnología. Por ejemplo, FPL Energy, filial de Florida Power and Light -que posee y opera grandes centrales nucleares y de gas- fue la responsable de la construcción y financiación de aproximadamente la mitad de los nuevos parques eólicos instalados en 2001. American Electric Power, una gran compañía eléctrica convencional, ha construido un parque eólico de 150 MW y ha adquirido otro, ambos en Texas. La compañía TXU, basada en Dallas, cuya cartera energética



LOS PARQUES EÓLICOS EN ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA
GENERAN ACTUALMENTE UNOS 10 MILLARDOS DE KILOVATIOS
HORA AL AÑO, LO SUFICIENTE COMO PARA DAR ELECTRICIDAD
A UN MILLÓN DE HOGARES

abarca instalaciones de gas, carbón y energía nuclear, es ahora una de las mayores compradoras de electricidad de origen eólico. A principios de 2002, el conglomerado gigante General Electric compró Enron Wind Corp., la rentable filial de la ahora en bancarota Enron. Tales compañías invierten en grandes proyectos que se benefician de economías de escala. El coste de la electricidad producida en grandes parques eólicos situados en buenos emplazamientos de Texas y otros estados está ya por debajo de los 5 centavos de \$/kWh, un rango que ya es competitivo con las fuentes de energía convencionales. De hecho, se han firmado recientemente contratos a largo plazo por menos de 4 centavos de \$/kWh.

La energía eólica no sólo genera beneficios para las compañías del sector sino también para la economía en general. Muchas comunidades rurales reciben los parques

eólicos con los brazos abiertos ya que les permiten obtener ingresos adicionales (2.000 o más por turbina al año) a la vez que continúan cultivando sus cosechas o criando su ganado a los pies de las torres.

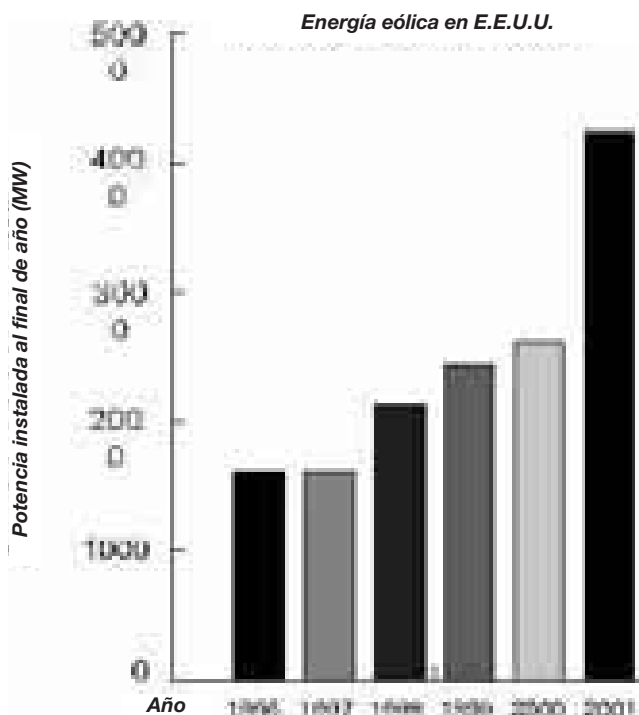
Extendiéndose a lo largo de los Estados Unidos

La mayor parte del nuevo desarrollo eólico de Estados Unidos está produciéndose fuera de California, el Estado que lideró la eclosión de la energía eólica de los años 80. A finales de 2001, 26 de los 52 estados contaban con turbinas eólicas en operación. Tanto California como Texas presumían de sus más de 1.000 MW instalados, Iowa y Minnesota tenían en pie unos 320 MW, mientras que la potencia eólica en Washington, Oregón, Wyoming y Kansas superaba los 100 MW.

Al mismo tiempo, y de acuerdo con las estimaciones del Gobierno de los EE.UU., el potencial eólico del país es lo suficientemente amplio como para satisfacer más del doble del consumo total actual de electricidad. El desarrollo de tan sólo una fracción de ese potencial permitiría al país elevar significativamente su suministro de electricidad sin emitir dióxido de carbono adicional, sacrificar los estándares de calidad atmosférica, provocar mayores riesgos para la salud humana o acelerar el agotamiento de los recursos naturales.

A pesar del reciente auge eólico en los Estados Unidos, su desarrollo sigue por detrás de Europa. A pesar de tener un potencial significativamente mayor, Estados Unidos tiene actualmente menos de la mitad de la potencia eólica instalada en Alemania cuando se estima que sólo el Estado de Dakota del Norte tiene 50 veces más recursos eólicos que Alemania.

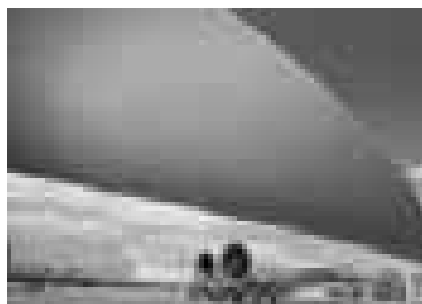
Lo que suceda en Estados Unidos en los próximos años será, en una parte muy significativa, el resultado de las políticas gubernamentales en el ámbito federal y estatal.



(Fuente BTM Consult)

⁵ Production Tax Credit (PTC).

⁶ Renewables Portfolio Standard, en inglés, (Cartera de Energías Renovables).



India - pionera del mundo en vías de desarrollo

Entre los países en vías de desarrollo, la India ha sido la pionera en el uso de la energía eólica como una alternativa vital ante la creciente dependencia de los combustibles fósiles. Tras un período de calma, el líder eólico de Asia está ya preparado para dar otro salto adelante con una nueva generación de parques eólicos de mayor potencia.

Con una capacidad instalada de más de 1.500 MW, la India ya es el quinto mayor productor de energía eólica del mundo. Durante 2001, tuvo uno de sus mejores años de todos los tiempos, con 240 MW instalados y un aumento del 28% sobre el año anterior. Sin embargo, dado el vasto potencial del país - especialmente en las ventosas regiones costeras- el desarrollo podría ser mucho más rápido de lo que ha sido.

El impulso original para desarrollar la energía eólica en la India vino del Ministerio de Fuentes no Convencionales de Energía (MNES)⁷. Su propósito fue estimular la diversificación de las fuentes de combustible respecto a la creciente demanda de carbón, petróleo y gas requerida por el rápido desarrollo económico del país. Se estima que el potencial total de la energía eólica en un país con más de mil millones de habitantes podría alcanzar los 45.000 MW.

Estaciones de medición

Con el fin de conocer con exactitud los mejores recursos eólicos, el MNES estableció por todo el país una red de estaciones de medida de la velocidad del viento. También se proporcionaron a los inversores una serie de incentivos financieros, incluyendo la depreciación de los costes de capital y exenciones en los impuestos sobre el consumo y las ventas. En 2002, se está introduciendo una desgravación fiscal del 100% sobre los ingresos por generación de electricidad durante los diez primeros años de operación. Los estados tienen sus propios planes de incentivos, incluyendo

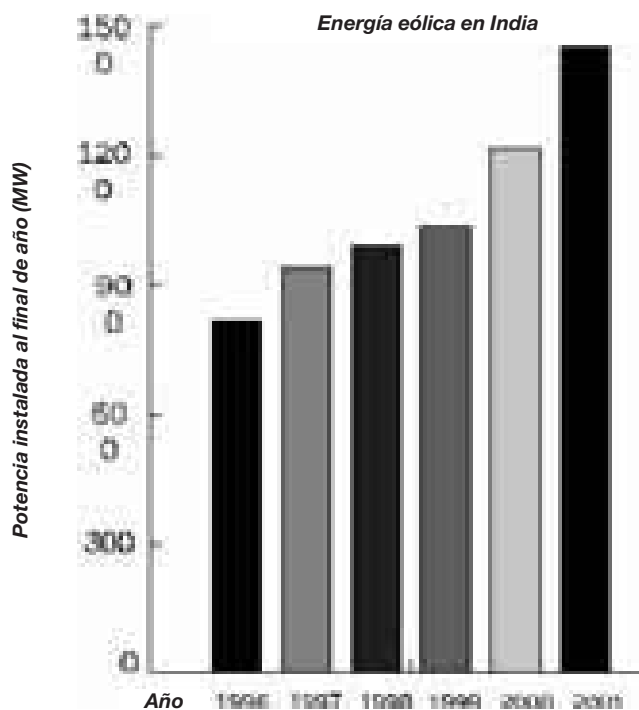
subvenciones al capital en algunos casos.

El resultado de estos incentivos ha sido estimular a las compañías industriales y a las empresas en general a invertir en energía eólica. Un atractivo importante de la inversión es que poseer una turbina eólica les asegura el suministro de electricidad a sus fábricas o negocios en un país en el que los cortes de suministro eléctrico son comunes. Los parques eólicos en la India, por tanto, con frecuencia consisten en grupos de aerogeneradores de propiedad individual. La parte negativa de todo ello ha sido que los incentivos también han atraído a un cierto número de suministradores poco fiables, lo que ha dejado algunos proyectos eólicos en un estado defectuoso de funcionamiento y a sus inversores, desilusionados.

Durante los últimos años, tanto el gobierno como la industria han proporcionado mayor estabilidad al mercado eólico indio. Esto ha sido posible mediante una combinación de estímulos a las mayores empresas públicas y privadas para invertir en el sector y el fomento en paralelo de una base de fabricación autóctona. Algunas compañías producen ya hasta el 70% de los componentes de sus turbinas eólicas en India, en lugar de importarlos de los principales fabricantes europeos. Esto ha tenido como resultado tanto una producción más ajustada en costes como la creación de puestos de trabajo adicionales en el ámbito local.

Más de una docena de fabricantes de turbinas eólicas están ya ofreciendo sus productos en el mercado indio. Uno de ellos, Vestas, ha estado operando allí desde mediados de los 80. Un recién entrado con éxito en el mercado indio ha sido Suzlon (basado en la tecnología alemana de Sudwind Energie System), que ya emplea a 800 personas en dos fábricas. Esta compañía india se ha encaramado a la novena posición en la lista de los principales suministradores mundiales de aerogeneradores durante el 2000, siendo además la primera en comercializar en India un modelo de 1 MW.

La distribución geográfica del desarrollo eólico en la India ha estado concentrada hasta hoy en unas pocas regiones, especialmente en el estado sureño de Tamil Nadu, que contabiliza un tercio del total de instalaciones. Esto está empezando a cambiar, y otros estados como Maharashtra, Karnataka y Rajasthan se están poniendo al día. Las previsiones de BTM Consult sobre la potencia instalada en la India a finales de 2001 han sido rebasadas con facilidad; para 2006, BTM espera que se instalen 2.800 MW, bastante más que las propias previsiones del gobierno indio.



⁷ Ministry of Non-Conventional Energy Sources, en inglés.

Dinamarca - éxito comercial

La industria de la energía eólica de Dinamarca es un buen ejemplo de éxito comercial. Desde su inicio en los años 80 hasta alcanzar en 2001 una facturación de 2,6 millardos de euros, su tasa de crecimiento es comparable a la de los sectores de Internet y teléfonos móviles. Las turbinas eólicas danesas dominan el mercado mundial. Dinamarca se ha puesto así a la cabeza de la fuente de energía de más rápido crecimiento en el mundo.

En los últimos 15 años, la industria danesa de turbinas eólicas se ha convertido en uno de los pesos pesados de la fabricación de maquinaria. Junto a los principales fabricantes de aerogeneradores -Vestas, NEG Micon, Nordex y Bonus- existen una veintena de grandes compañías de componentes y docenas de suministradores más pequeños. A partir de unos cientos de trabajadores en 1981, la industria eólica danesa proporciona hoy empleo a 20.000 personas en Dinamarca y otras 8.000 en el suministro de componentes y trabajos de instalación en todo el mundo.

Durante los últimos ocho años en particular, se ha registrado un espectacular incremento en la capacidad de producción de los fabricantes daneses de turbinas. La producción anual, mayoritariamente destinada a la exportación, se ha multiplicado casi por diez, desde los 368 MW en 1994 a los 3.000 MW en 2001. A pesar del surgimiento de países competidores en la fabricación, casi la mitad de la potencia eólica que se instala hoy en el mundo es de origen danés.

Compromisos del gobierno

Una de las razones del éxito de la industria eólica danesa ha sido el compromiso de los sucesivos gobiernos con una serie de planes energéticos nacionales dirigidos a reducir la dependencia de los combustibles importados, mejorar el medio ambiente y avanzar hacia una mayor sostenibilidad. Al tiempo que la energía nuclear ha sido rechazada como opción energética, el gobierno ha decidido retirar progresivamente

pero por completo el carbón como combustible de las centrales térmicas y no instalar nueva capacidad alimentada por este combustible fósil. Estas políticas nacionales han ayudado a engendrar una próspera industria de exportación eólica.

En 1981, el primer plan energético del gobierno danés preveía que el 10% del consumo de electricidad debería obtenerse de la energía eólica en el año 2000. El gobierno de entonces esperaba que este objetivo se podría alcanzar mediante la instalación de 60.000 turbinas eólicas con una potencia media de 15 kW. El objetivo del 10% se alcanzó tres años antes con menos de 5.000 turbinas de un tamaño medio de 230 kW. La principal meta del último plan, llamado Energy 21 (publicado en 1996), es conseguir una importante reducción en las emisiones de dióxido de carbono, concretamente del 20% en 2005 respecto a los niveles de 1988, y del 50% en 2030. Para conseguirlo, más de un tercio de toda la energía tendrá que provenir de fuentes de energía renovables y, dentro de ellas, la mayoría será eólica.

En el año 2030, se espera que la energía eólica esté suministrando hasta la mitad de la electricidad del país y un tercio de la energía total. Para alcanzar este nivel se necesitarán instalar más de 5.500 MW adicionales, una buena parte de los cuales estarán mar adentro.

Proporción récord

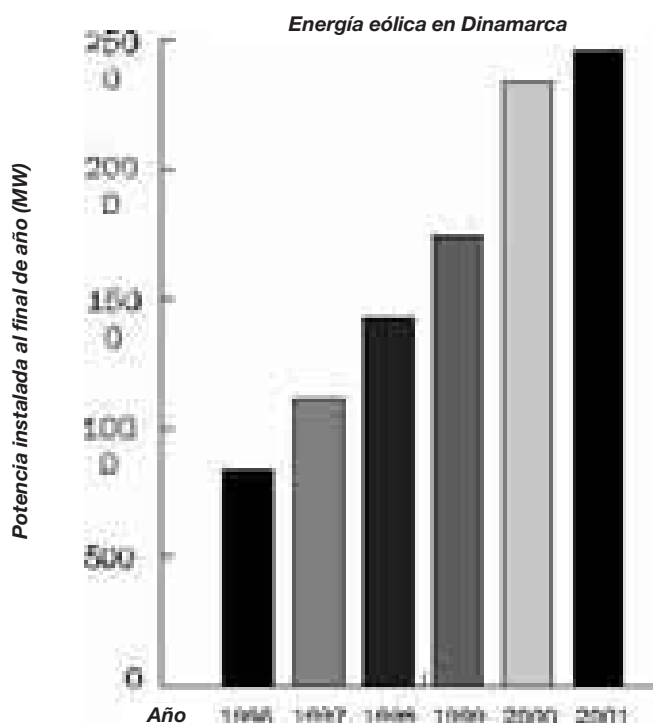
Dinamarca va ya camino de alcanzar esos objetivos. A finales de 2001, la potencia eólica instalada había ascendido hasta los 2.417 MW. En un año medio de vientos estas turbinas producirán el 18% de la electricidad del país. La Asociación Danesa de la Industria Eólica prevé que Dinamarca será capaz de satisfacer más del 20% de su demanda de electricidad a partir de generación eólica en 2003. Esta es una proporción mayor que la de ninguna otra nación en el mundo.

Mediante el uso de la energía eólica, Dinamarca ya ha conseguido un tercio de las reducciones requeridas por el Protocolo de Kyoto, lo que equivale aproximadamente a un 7% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero del país.

Innovación en ingeniería

Un elemento importante en el éxito danés ha sido la innovación tecnológica. En un momento en los años 80 en el que el diseño de turbinas eólicas estaba anclado en el enfoque "cuanto más grande, mejor", los fabricantes daneses volvieron la vista hacia lo más básico, usando las habilidades procedentes en parte de la ingeniería agrícola para construir aerogeneradores más pequeños y flexibles. Las turbinas eólicas de tres palas con el rotor y las aspas colocadas a barlovento son hoy en día el diseño clásico de referencia.

Más recientemente, Dinamarca ha liderado el desarrollo de propuestas para construir grandes parques eólicos en sus aguas costeras. Trabajando con las dos principales compañías eléctricas del país, la Agencia Danesa de la



Energía ha elaborado planes para construir antes de 2008 cinco parques eólicos mar adentro con una capacidad total de unos 750 MW. Hasta ahora el gobierno ha aprobado los dos primeros parques. El objetivo final es de hasta 4.000 MW en instalaciones mar adentro para el 2030.

Otro rasgo distintivo del desarrollo eólico danés es que el 80%

de las turbinas erigidas son de propiedad individual o de cooperativas eólicas especialmente establecidas con este fin. Hoy, más de 150.000 familias danesas poseen o tienen participaciones en una instalación eólica. Incluso el gran parque eólico marino de 40 MW frente a las costas de Copenhague es parcialmente propiedad de una cooperativa con 8.500 miembros.

España - líder eólico del Sur de Europa

La industria eólica ha avanzado en los últimos años en España con más éxito que en ningún otro país del sur de Europa. La aplicación de una acertada política gubernamental en un país con zonas rurales escasamente pobladas ha hecho de España un centro de la fabricación y el desarrollo eólico⁸.

En 1993, sólo operaban en el paisaje español 52 MW eólicos, gran parte de ellos concentrados en el ventoso municipio de Tarifa, situado frente a África y junto al estrecho de Gibraltar. A finales del 2000, la potencia eólica total había alcanzado ya los 2.836 MW⁹, con más de un tercio de esta cantidad instalada tan sólo en ese año. Durante 2001, la energía eólica remontó de nuevo hasta llegar a 3.550 MW¹⁰, consolidando a España como segunda potencia eólica europea. Alrededor del 80% de toda la potencia eólica instalada hasta ahora ha sido suministrada por los tres principales fabricantes españoles de aerogeneradores: Gamesa, Made y Ecotècnia.

Tan importante como lo anterior es que este desarrollo eólico está actualmente teniendo lugar en muchas regiones: desde la recortada costa atlántica del noroeste peninsular hasta las montañas de Navarra -a la sombra de los Pirineos- pasando por las llanuras de Castilla- La Mancha.

Apoyo nacional

El origen del éxito eólico español radica en una combinación de factores: un buen régimen de viento distribuido ampliamente sobre una superficie diez veces mayor que la de Dinamarca, un plan nacional de apoyo consistente y sencillo, y unas firmes políticas regionales de desarrollo impulsadas por

las Comunidades Autónomas.

La primera normativa legal que proporcionó un respaldo importante al desarrollo de las energías renovables fue introducida en 1994. Obligaba a todas las compañías distribuidoras de electricidad a pagar un precio bonificado por la electricidad que los generadores renovables vertían en la red, un sistema similar al existente en Alemania. El compromiso de los poderes públicos en favor de las renovables fue reafirmado en 1997 en la nueva Ley del Sector Eléctrico, dirigida a armonizar el sistema eléctrico en su conjunto con la progresiva apertura de los mercados europeos a la plena competencia.

Esta legislación de 1997 consagró por primera vez el objetivo de que al menos un 12% de la energía del país fuera generada por fuentes de energía renovables en el año 2010, en línea con los objetivos de la Unión Europea. La normativa de 1997, todavía en vigor, reconoce a los productores de electricidad con fuentes renovables, incluidos los eólicos, el derecho a recibir el precio del mercado eléctrico general más una prima o incentivo. Esta remuneración total por unidad producida debe situarse, según la ley, entre el 80% y el 90% del precio medio de venta de la electricidad en el conjunto del sistema. Durante el año 2001, el precio medio cobrado por los generadores eólicos fue de 6,6 céntimos de /kWh, manteniéndose por tanto la eólica como una inversión atractiva.

Planes regionales

Si bien la legislación nacional ha sido importante, el desarrollo de la eólica en España ha tenido un impulso crucial desde los gobiernos autonómicos o regionales, deseosos de ver la puesta en marcha de fábricas y puestos de trabajo locales ligados a la eólica. Las Comunidades Autónomas (CC.AA.)

⁸ Las cifras y gráficos de potencia instalada reseñados en este apartado son algo superiores a las cifras oficiales de la Asociación de Productores de Energías Renovables-APPA. Las diferencias son debidas al hecho de que mientras la consultora BTM, autora del estudio, basa sus datos en las ventas de los fabricantes de aerogeneradores, APPA sólo contabiliza aquellos parques eólicos puestos en marcha y conectados a la red, según los criterios oficiales de las Comunidades Autónomas.

⁹ 2.502 MW, según las cifras oficiales de APPA

¹⁰ 3.337 MW, según las cifras oficiales de APPA

PARTIENDO DE UNOS POCOS CIENTOS DE TRABAJADORES EN 1981, LA INDUSTRIA EÓLICA DANESA DA EMPLEO ACTUALMENTE A 20.000 PERSONAS EN DINAMARCA Y A OTRAS 8.000 EN EL SUMINISTRO DE COMPONENTES Y TRABAJOS DE INSTALACIÓN ALREDEDOR DEL MUNDO.

más activas hasta ahora han sido Galicia, Navarra y Aragón, con Castilla y León, y Castilla-La Mancha a corta distancia. El mecanismo frecuentemente utilizado es simple: las compañías que quieren aprovechar los recursos eólicos de la región tienen que asegurar que la inversión que realizan deje dinero en la economía local, obteniendo tanto equipamiento como sea posible de fabricantes locales.

Una de las CC.AA. pioneras de este enfoque ha sido Galicia. El nuevo Plan Eólico del gobierno gallego se plantea alcanzar en 2010 una potencia instalada de 4.000 MW, lo que representará para entonces alrededor del 55% de la demanda de electricidad prevista. Para conseguir este objetivo, el gobierno regional ha otorgado a diversas empresas promotoras -compañías eléctricas, fabricantes de aerogeneradores y operadores independientes- concesiones para desarrollar cuotas establecidas de potencia en 140 "áreas de investigación". El valor de la inversión total podría superar los 3,3 millardos de euros.

El objetivo de Galicia es que al menos el 70% de esta inversión se haga en su territorio, creando más de 2.000 puestos de trabajo directos y 3.000 indirectos. Como resultado de esta política, las fábricas de palas, componentes y aerogeneradores completos han proliferado por toda la comunidad. A finales de 2001, la región ya había alcanzado 973 MW, casi un 30% del total nacional.

La montañosa Comunidad de Navarra es igualmente ambiciosa. Durante 2001, alcanzó los 596 MW, lo que la ha puesto bien encaminada hacia su objetivo de alcanzar los 900 MW en 2010. Junto con otras fuentes limpias de energía, el cumplimiento de sus metas la harán completamente

autosuficiente con energías renovables. La mayoría de los parques eólicos de la Comunidad Foral de Navarra han sido construidos por EHN, una empresa navarra que se ha convertido en uno de los promotores eólicos más grandes del mundo, tanto directamente como a través de su participada EEE, que sola prevé alcanzar en pocos años una potencia instalada de 1.000 MW. En 2001, EEE firmó un contrato récord por valor de 800 millones de euros para construir 31 parques eólicos en Castilla-La Mancha.

Otras Comunidades Autónomas también tienen planes de desarrollo eólico similares, con un total previsto en toda España de al menos 13.000 MW hasta el 2011. Uno de los últimos planes aprobados es el de la Comunidad Valenciana, que ha adjudicado concesiones para 15 emplazamientos que totalizan 2.142 MW.

Las cuestiones medioambientales han recibido diferente énfasis en las distintas comunidades. Mientras Navarra incluyó el análisis de los impactos medioambientales como uno de los aspectos claves en la selección de los emplazamientos desde el principio, evitando así los conflictos locales, otras Comunidades no han abordado completamente esta cuestión, dando lugar a conflictos con organizaciones y residentes locales. Si tales conflictos se hubieran prevenido adecuadamente, la energía eólica se habría desarrollado con mayor fuerza y aceptación pública.

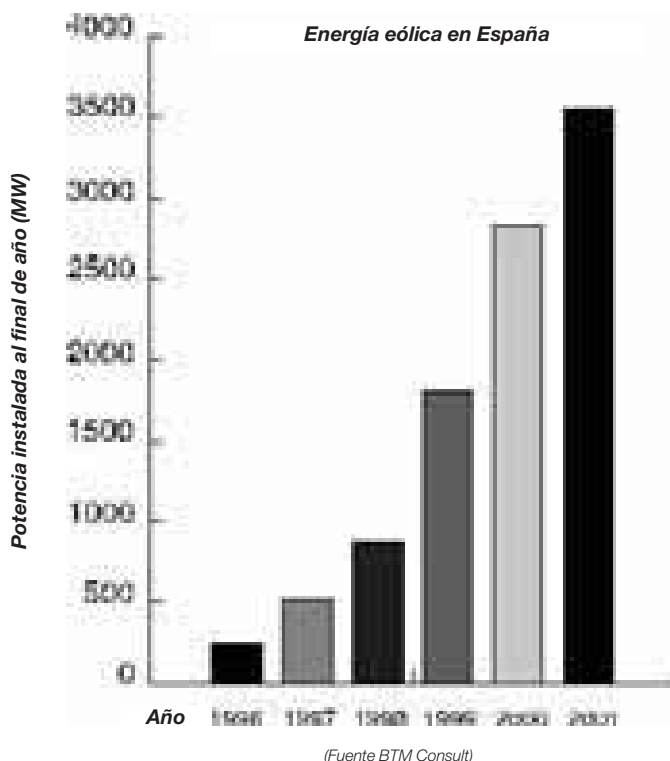
Confianza financiera

El modelo español de desarrollo eólico ha sido distinto al de otros países europeos. La mayoría de los parques eólicos construidos han sido de dimensión grande, con la inversión realizada por consorcios en los que participan promotores independientes, compañías eléctricas, fabricantes de turbinas, bancos y gobiernos autónomos.

Una de las características importantes del sector eólico español es el apoyo mostrado por las instituciones financieras. Aunque la legislación nacional no especifica explícitamente la duración del actual sistema de apoyo a los precios, los mayores bancos y cajas de ahorro españolas

facilitan préstamos para proyectos eólicos con la confianza que supone el amplio consenso político en favor de las renovables y la consagración legal del objetivo del 12%, a cuya consecución queda ligada además la cuantía de las primas. La competencia entre bancos y cajas implica que los tipos de interés sean atractivamente bajos.

El mayor problema técnico para la expansión de la eólica ha sido la pobre infraestructura de la red eléctrica en algunas partes del país, lo que ha obligado a construir muchos kilómetros de nuevas líneas para poder conectar los parques eólicos. Este problema se está resolviendo ahora parcialmente mediante acuerdos para compartir el coste del refuerzo de la red entre grupos de promotores eólicos que se beneficiarían de la mejora.



DURANTE 2001, LA ENERGÍA EÓLICA SIGUIÓ CRECIENDO,
MANTENIENDO LA POSICIÓN DE ESPAÑA COMO N° 2 DE EUROPA.

Sin embargo, muchos promotores todavía encuentran fuertes dificultades para alcanzar acuerdos con el operador de la red de distribución. Las eléctricas abusan en muchos casos de su posición dominante para tratar de evitar o retrasar el acceso a sus redes de los proyectos eólicos, especialmente si son de promotores independientes. La Comunidad Autónoma de Aragón ha introducido un sistema obligatorio para superar las dificultades de acceso a la red eléctrica.

Parques marinos - la nueva frontera

Los parques eólicos marinos son la nueva frontera para la industria eólica internacional. Tan sólo en la Europa del Norte se proyectan más de 20.000 MW de capacidad en las costas de una docena de países. Con el tiempo, este nuevo negocio eólico podría desafiar a los productores de gas y petróleo en su propio territorio.

La principal motivación para instalar parques eólicos marinos es que la velocidad del viento es considerablemente más fuerte y predecible que en tierra firme. Con unas velocidades medias que superan los 8 m/s a 60 metros de altura, los emplazamientos marinos considerados en las aguas del norte de Europa se espera que suministren un 40% más de energía que los buenos emplazamientos terrestres.

Una segunda ventaja de los parques marinos es la de que reducen el impacto paisajístico, ya que muchos de los parques proyectados son casi invisibles desde la costa.

La cruz de la moneda es que construirlos en el mar es actualmente más caro. Los parques marinos requieren fuertes cimientos firmemente anclados en lecho marino, así como el tendido de muchos kilómetros de cable para llevar la electricidad a la costa. Además, tanto los trabajos de construcción como los de mantenimiento se deben llevar a cabo en condiciones meteorológicas razonables, usando equipos y barcos especializados. En cualquier caso, conforme la demanda aumente la industria eólica será capaz de utilizar instalaciones y componentes más baratos y normalizados, reduciendo los costes tal y como ha pasado en los parques en tierra.

Proyectos más grandes

Parte de la solución ofrecida por la industria eólica ha sido la de ir a proyectos cada vez más grandes para así beneficiarse de las economías de escala y reducir el coste de producción unitario. Algunos de los proyectos que se planifican actualmente en la costa alemana, por ejemplo, prevén potencias totales de más de 1.000 MW. Al mismo tiempo, para

cubrir esta demanda se empiezan a fabricar aerogeneradores con potencias de entre 2 y 5 MW y especiales características para soportar el más severo clima marino. Un gran número de compañías especializadas se ha introducido en los mercados de construcción, instalación y mantenimiento de parques marinos.

En cabeza de la carrera eólica marina se encuentra Dinamarca, que ya posee la mitad de los casi 100 MW instalados. El parque marino más grande del mundo se construye ya en Horns Rev, a entre 14 y 20 kilómetros de la costa danesa del mar del Norte. Sus 80 turbinas de 2 MW cada una le darán una potencia total de 160 MW. Un proyecto de tamaño similar se espera se empiece a construir en Rødsand, en el mar Báltico.

Sin embargo, es muy probable que los planes daneses sean rápidamente sobrepasados por los alemanes. Más de una docena de empresas y consorcios han propuesto más de 12.000 MW de potencia eólica marina a lo largo de la costa alemana. Para evitar las zonas naturales costeras protegidas muchos de estos proyectos se emplazarán a distancias de hasta 60 Km de la costa y en aguas de hasta 35 m de profundidad.

El primer permiso de construcción fue concedido por las autoridades marítimas nacionales en 2001 a los 60 MW de la fase piloto del proyecto de la isla de Borkum, en el Mar del Norte, que totalizará 1.000 MW.

Tarifa garantizada

La meta del gobierno alemán es la instalación de hasta 25.000 MW de parques eólicos en el mar en 2025. Esto cubriría aproximadamente el 15% de la demanda eléctrica nacional. Bajo la Ley alemana de Energías Renovables, los proyectos eólicos marinos iniciados antes del 2006 tendrán derecho a recibir un precio garantizado por su producción durante 9 años, en lugar de los 5 habituales.

Otros países europeos con planes avanzados de desarrollo marino son Holanda, Bélgica, Irlanda, Suecia y el Reino Unido. Suecia ha aprobado su mayor proyecto hasta ahora, 86 MW en la entrada al mar Báltico. Bélgica está trabajando con una propuesta de 100 MW, mientras que Irlanda acaba de aprobar un proyecto gigante de hasta 520 MW. En el Reino Unido, 18 consorcios han obtenido derechos para investigar emplazamientos mar adentro con un potencial total de al menos 1.500 MW.

Debido a los largos plazos de desarrollo de los proyectos marinos, que incluye la monitorización detallada de la fauna y la flora, se espera que estos proyectos despeguen seriamente a partir de 2003. En última instancia, se estima que una superficie marina de 150.000 km² con una profundidad inferior a los 35 m podría estar disponible para estos proyectos eólicos. Esto suministraría suficiente electricidad para cubrir la totalidad de la demanda europea actual.

LA META DEL GOBIERNO ALEMÁN ES VER HASTA 25.000 MW DE PARQUES EÓLICOS EN EL MAR EN 2025. ESTO SATISFARÍA APROXIMADAMENTE EL 15% DE LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL PAÍS.



3. RECURSOS EÓLICOS MUNDIALES Y DEMANDA DE ELECTRICIDAD

¿Hay suficiente viento?

Si la energía eólica se va a expandir sustancialmente en todo el mundo más allá de su nivel actual, resulta esencial determinar claramente si los recursos naturales están disponibles para lograr estos ambiciosos objetivos.

Las investigaciones hechas hasta la fecha muestran que los recursos eólicos mundiales son enormes y están distribuidos por casi todas las regiones y países del planeta. Se han llevado a cabo diversas valoraciones sobre su magnitud.

La metodología utilizada en tales estudios ha sido la de evaluar los km² de tierra disponible con un viento medio superior a los 5 ó 5,5 m/s a una altura de 10 metros sobre el nivel del terreno, al considerarse que dicha velocidad media permite una explotación rentable con los costes de generación actuales. Los recursos totales disponibles se reducen entonces en un 90 % o más con el fin de tener en cuenta las limitaciones en el uso de la tierra. Éstas pueden incluir otras actividades humanas, infraestructuras o una alta densidad de población. Al final de este proceso los recursos eólicos se convierten en Teravatios hora (TWh) de electricidad producida anualmente, basados en las prestaciones de las máquinas más modernas disponibles en el mercado.

La experiencia de países en los que el desarrollo de la energía eólica ya está establecido muestra también que cuando se lleva a cabo una evaluación más detallada se encuentran más emplazamientos potenciales disponibles de lo que se habían previsto inicialmente. Un buen ejemplo de ello ha sido la explotación en Alemania de emplazamientos con los que inicialmente no se contaba. En otros casos, la topografía local crea condiciones extraordinariamente buenas, como son, por ejemplo, los collados de California. Es por tanto probable que los recursos eólicos totales sean incluso mayores que los indicados por las evaluaciones basadas en observaciones climáticas regionales. Finalmente, es cierto que mejoras adicionales en la tecnología permitirán extender el potencial a sitios con velocidades medias inferiores a los 5 m/s.

Lo que está claro es que es improbable que la falta de recursos eólicos sea nunca un factor limitante en la utilización de la energía eólica para la producción de electricidad. Los recursos

eólicos mundiales se estiman en unos 53.000 TWh/año, mientras que el consumo mundial de electricidad está previsto que suba hasta los 25.818 TWh/año en 2020. El recurso eólico mundial total disponible y técnicamente recuperable más que dobla, por tanto, la proyección de la demanda eléctrica mundial.

Recursos eólicos en tierra en Europa

Un estudio de la Universidad de Utrecht de 1993 examinó el potencial eólico de los países de la OCDE. Es un escenario muy conservador que restringe considerablemente el "recurso explotable" comparado con el estudio de Grubb y Meyer usado en la figura 3.1. La razón de ello es la alta densidad de población en Europa y el gran número de infraestructuras (carreteras, aeropuertos, ferrocarriles, etc.).

La tabla 3.1 muestra el potencial técnico eólico de todos los países de la Unión Europea más Noruega, especificando la parte que supera el teórico límite máximo del 20 % de penetración en la red eléctrica nacional (ver más adelante "Limitaciones de la red eléctrica". Una razón para hacer estos cálculos en Europa es que todas las redes eléctricas nacionales están interconectadas, lo que permite la exportación de electricidad de un país a otro.

El estudio de la Universidad de Utrecht fue realizado en 1993, cuando la potencia media de una turbina eólica era de 250-300 kW. Resulta obvio que del aumento desde entonces de esta media, hasta alcanzar los 1.000 kW, y del incremento de la altura de los rotores hasta los 100 metros en lugar de los 30 de antes, resulta una producción anual considerablemente más alta. El estudio resulta, por tanto, conservador en el contexto de la tecnología actual.

Otra importante observación es la de que cuando se llevan a cabo evaluaciones eólicas más detalladas para una región específica, tienden a revelar potenciales mucho más altos. Estudios detallados del Ministerio de Economía alemán, por ejemplo, han mostrado que el potencial eólico de instalaciones en tierra en dicho país es de 124 TWh (lo que supone una capacidad instalada de 64.000 MW), cinco veces mayor que los 24 TWh señalados en la tabla 3.1.

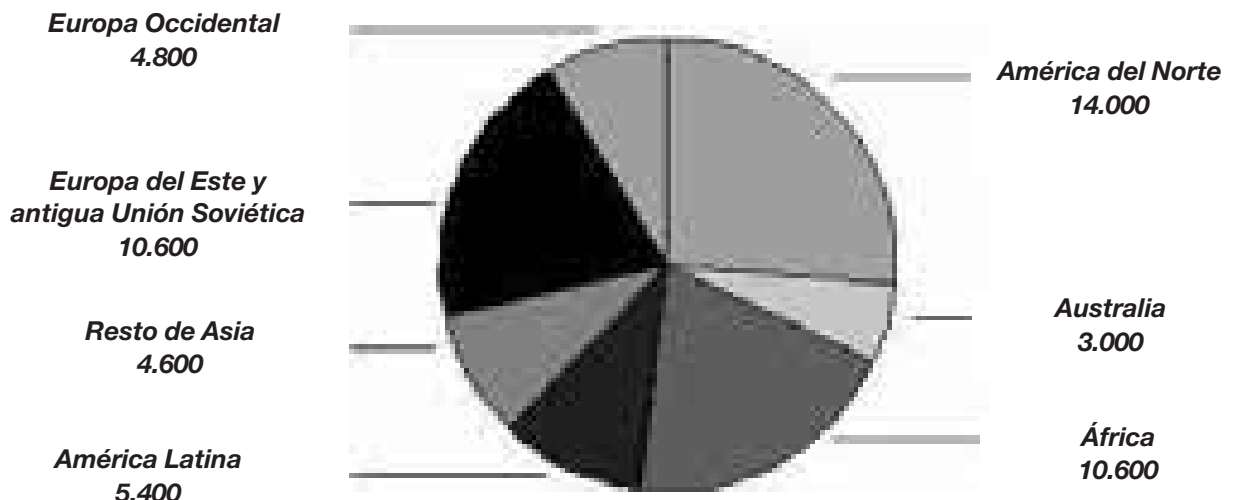


Figura 3-1 Los recursos eólicos mundiales Total mundial = 53.000 TWh

Fuente: Wind resources from Michael Grubb and Niels Meyer, 1994

Nota: El potencial total (tierra con una velocidad media de viento superior a 5,1 m/s a 10 m de altura) ha sido reducido en un 90 % para tener en cuenta otros usos, densidad de población, etc.

Tabla 3-1: Potencial técnico de energía eólica terrestre en la UE-15 más Noruega

País	Consumo eléctrico total (TWh/año ¹)	Potencial eólico técnico en TWh/año, (potencia en GW)	Producción eólica hasta 20% del consumo total (TWh/año)	Producción eólica excedente del 20% (TWh/año)
Alemania	534	24 (12)	24	–
Austria	60	3 (1,5)	3	–
Bélgica	82	5 (2,5)	5	–
Dinamarca	31	10 (4,5)	6,2	3,8
España	178	86 (43)	35,6	50,4
Finlandia	66	7 (3,5)	7	–
Francia	491	85 (42,5)	85	–
Gran Bretaña	379	114 (57)	75,8	38,2
Grecia	41	44 (22)	8,2	(?) ²
Holanda	89	7 (3,5)	7	–
Irlanda	17	44 (22)	3,4	40,6
Italia	207	69 (34,5)	41,4	27,6
Luxemburgo	1	0	–	–
Portugal	32	15 (7,5)	6,4	8,6
Suecia	176	41 (20,5)	35,2	22,8
Noruega	116	76 (38)	23,2	–
Total	2.500	630 (315)	366,4	244,8

Fuente: BTM Consult; potencial eólico técnico según estudio de la Universidad de Utrecht. Wijk and Coelingh, 1993

¹ El consumo eléctrico se basa en las cifras de la OCDE/AIE para 1989 aumentadas un 3% anual hasta 1995. El estudio "Panorama Energético Mundial" (1998) de la AIE registra un consumo total en los países europeos de la OCDE de 2.678 TWh en 1995.

² Grecia tiene un exceso de potencial pero como su recurso se reparte entre muchas islas es improbable que se pueda exportar por el momento.

En resumen, las cifras en la tabla 3.1 indican que en Europa hay un potencial explotable para la energía eólica en tierra de más de 600 TWh/año. Algunos países pueden también producir mucha más electricidad del viento de la que podrían consumir internamente. Esto representa un desafío para el desarrollo de un mercado de electricidad transfronterizo en Europa.

Recursos eólicos marinos en Europa

Hay un enorme recurso eólico adicional en los mares a lo largo de las costas europeas. Varios países europeos, liderados por Dinamarca, ya han construido en sus aguas territoriales los primeros parques eólicos marinos de gran tamaño. La industria europea fabricante de turbinas eólicas está actualmente centrando sus esfuerzos de I+D en la producción de nuevos diseños especialmente adaptados para el nuevo mercado marino. Se espera que éste despegue seriamente en Europa del Norte a partir de 2003.

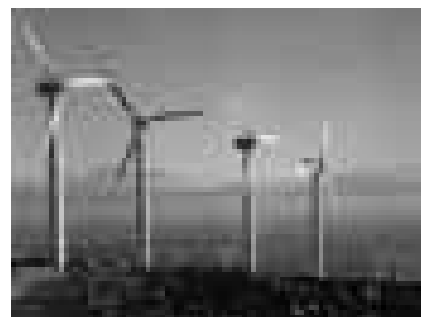
Un estudio liderado por los consultores Garrad Hassan y Germanischer Lloyd bajo el programa Joule 1993-5 de la

Unión Europea, estimó que el potencial eólico marino de la UE era de 3.028 TWh. Aunque no se incluyó en el estudio a Noruega ni a Suecia, esta cifra sobrepasa ampliamente el consumo eléctrico total de los 15 países miembros en 1997.

Utilizando una base de datos geográficos desarrollada por Garrad Hassan, este estudio asume que el recurso eólico puede ser explotado en profundidades de hasta 40 metros y hasta a 30 Km de la costa. Se utilizó una turbina de referencia de 6 MW de potencia y 100 m de diámetro de rotor, separadas entre ellas en 1 Km.

Para el presente informe, BTM Consult ha tomado un enfoque muy conservador respecto a dicho potencial -mostrado en la tabla 3.2- con el fin de obtener un "recurso explotable" probable y disponible para su desarrollo en las próximas dos o tres décadas, dados los avances tecnológicos que se anticipan.

Las reducciones a las cifras del estudio de recursos eólicos marinos se han hecho siguiendo los criterios siguientes:



- A causa de la inversión requerida, en particular en los trabajos de cimentación, se han excluido las zonas con profundidades mayores de 20 m. Los emplazamientos a menos de 10 Km de la costa se han reducido en un 90% para reducir el impacto visual.
- El recurso entre 10 y 20 Km de la costa se ha reducido a la mitad al tener en cuenta el adecuado espaciamiento entre parques y las potenciales restricciones visuales, mientras

que los recursos eólicos entre 20 y 30 Km de la costa también han sido reducidos en un 50% al asumir que la inversión en las más largas conexiones a la red disuadirá a los pequeños promotores.

Incluso teniendo en cuenta todas estas reducciones, la cifra final del potencial eólico marino europeo es de 313,6 TWh, alrededor del 10 % del potencial bruto identificado en el estudio previo y equivalente a la mitad del potencial en tierra

Tabla 3-2 : Recursos eólicos marinos en Europa (producción de electricidad en TWh/año)

Profundidad	Hasta 10 Km. de la costa	Hasta 20 Km. de la costa	Hasta 30 Km. de la costa
10 m	551	587	596
20 m	1.121	1.402	1.523
30 m	1.597	2.192	2.463
40 m	1.852	2.615	3.028

Fuente: "Study of Offshore Wind Energy in the EC", Garrad Hassan & Germanischer Lloyd, 1995

Tabla 3-3 : Proyecciones de demanda eléctrica futura por regiones

Región	1997 (TWh por año)	2010 (TWh por año)	2020 (TWh por año)	Crecimiento medio 1997-2020 (por año)
OCDE Europa	2.925	3.863	4.515	1,9%
OCDE N. América	4.246	5.159	5.729	1,3%
OCDE Pacífico	1.249	1.533	1.745	1,5%
América Latina	863	1.468	2.041	3,8%
Este Asiático	757	1.361	2.081	4,5%
Sur Asiático	541	1.081	1.695	5,1%
China	1.163	2.408	3.691	5,1%
Oriente Medio	366	614	907	4,0%
Economías en transición	1.440	1.883	2.615	2,6%
África	399	619	864	3,4%
Mundo	13.949	19.989	25.883	2,7%

Fuente : IEA, World Energy Outlook 2000

Tabla 3-4 : Recursos eólicos disponibles y demanda futura de electricidad

Región del mundo	Demanda eléctrica para 2020 (TWh/año)	20 % de la demanda de 2020 (TWh/año)	Recurso eólico (TWh/año)	Factor del recurso que excede el 20% de penetración para 2020
OCDE Europa	4.515	903	Tierra: 630 Mar:313	1,04
OCDE N. América	5.729	1.146	14.000	12,2
OCDE Pacífico	1.745	349	3.600	10,3
América Latina	2.041	408	5.400	13,2
Este Asiático	2.081	416		
Sur Asiático	1.695	339	4.600	3,1
China	3.691	738		
Oriente Medio	907	181	n.d	-
Economías en transición	2.615	523	10.600	20,3
África	864	173	10.600	61,3
Mundo	25.883	5.177	49.743	9,6

Fuente: Previsión de consumo : IEA, World Energy Outlook 2000. Recurso eólico mundial: Según Tabla 3-1 y Figura 3-1

en Europa.

La cifra final combinada de potencia eólica marina y terrestre en la UE, tomando en consideración los emplazamientos mar adentro más factibles, alcanza así unos 940 TWh, suficiente para cubrir el 21 % de la demanda eléctrica esperada en 2020. En la medida en que sólo el 10% del potencial bruto marino se ha tenido en cuenta, las mejoras tecnológicas y las técnicas de cimentación más baratas muy probablemente facilitarán significativamente el aumento de la contribución eólica marina final.

Demanda futura de electricidad

La demanda futura de electricidad es estimada cada cierto tiempo por organizaciones internacionales como el Consejo Mundial de la Energía y la Agencia Internacional de la Energía (AIE). El informe Viento Fuerza 10 se basó en el escenario de la AIE "Panorama Energético Mundial 1998". En este último estudio se presenta sólo un escenario de proyección de la demanda eléctrica futura, que se denomina como Business as usual. La elección de este tipo de escenario claramente refleja lo cauta que es la AIE con relación al resultado de los esfuerzos futuros de la comunidad internacional para reducir el consumo de electricidad. En cualquier caso, esta proyección se tomó como punto de partida en nuestro estudio de 1999 Viento Fuerza 10.

La AIE actualizó su proyección de demanda futura de electricidad en 2000, una previsión que refleja la tabla 3.3. La nueva proyección de la AIE todavía muestra que el consumo eléctrico mundial se doblará en 2020.

El escenario del informe Viento Fuerza 10 se actualizó pues con las nuevas cifras de la AIE. De esta forma, con una ligera disminución en la proyección de consumo futuro y la misma cantidad de electricidad eólica, la proporción relativa de la energía eólica se incrementaría, dando lugar a los nuevos resultados del informe Viento Fuerza 12. Además, es importante apuntar que los índices de crecimiento de la industria eólica entre los años 2004-2015 se han reducido para hacer el escenario todavía más conservador.

Los 3.093 TWh (el 12%) representan casi el 20% del consumo eléctrico mundial en 2001, lo que pone de manifiesto los significativos beneficios adicionales de la energía eólica en el caso de que el consumo eléctrico no aumentara

Limitaciones de la red eléctrica

La cantidad de energía eólica que se puede integrar en la red eléctrica de un país o región depende principalmente de la capacidad del sistema para responder a las fluctuaciones en el su-ministro. Cualquier evaluación debe, por lo tanto, incluir datos sobre la producción del resto de plantas generadoras de electricidad, su capacidad de regular su suministro, los patrones de consumo en el sistema y, particularmente, las variaciones diarias y anuales de la carga.

Numerosos estudios realizados sobre las modernas redes eléctricas europeas han demostrado que no habrá problema técnico alguno en la red actual con una penetración de la energía eólica de hasta el 20% del mercado.

En Dinamarca, penetraciones de hasta el 50% de producción

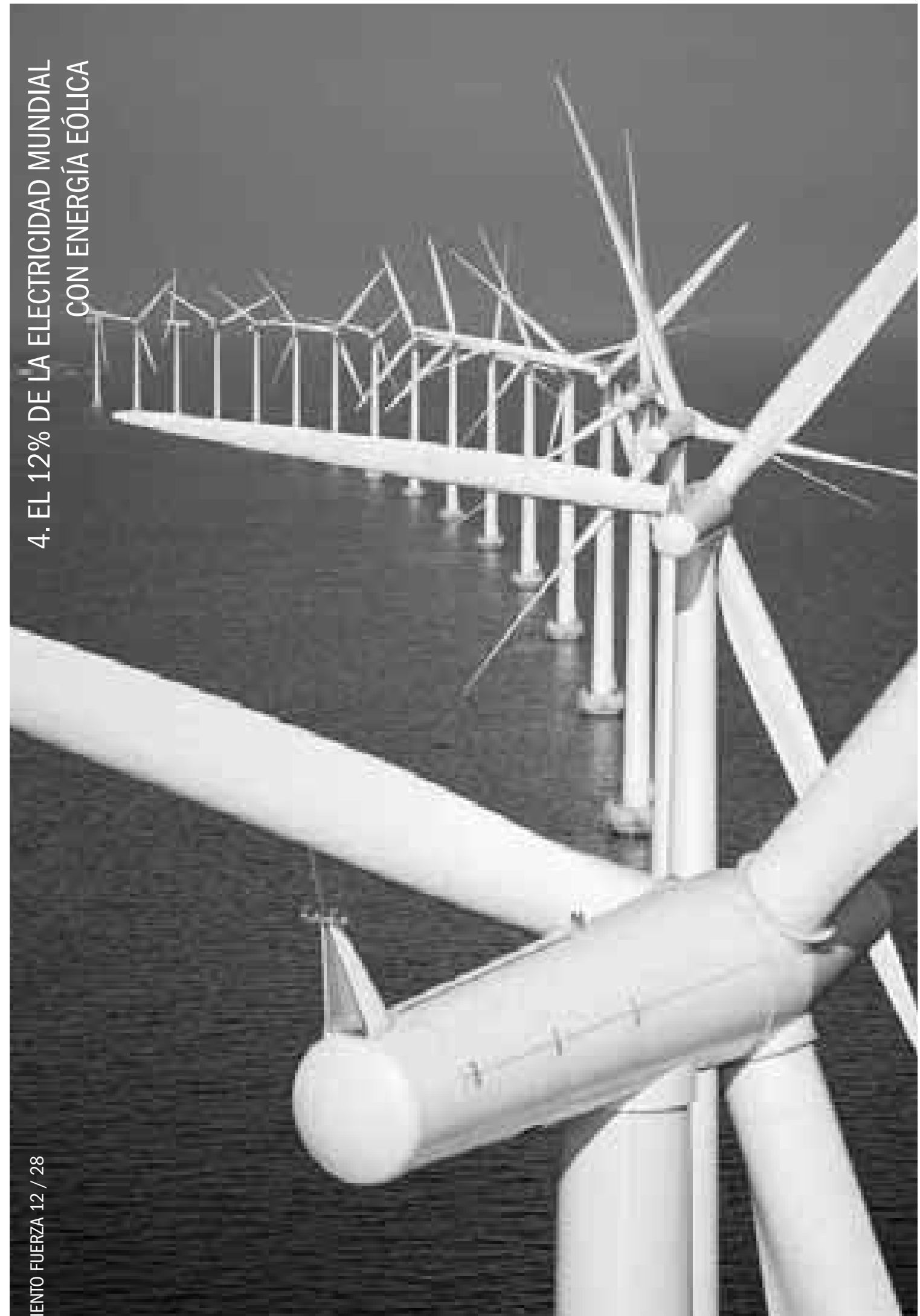
Tabla 3-5: Consumo de electricidad previsto - IEA 2000

Tasa de crecimiento del consumo	Mundial TWh	Año	Eólica TWh	Penetración
	15.578	2001	54,5	0,35%
	16.014	2002	73,1	0,46%
	16.463	2003	96,4	0,59%
	16.924	2004	125,5	0,74%
	17.397	2005	161,9	0,93%
2,80%	17.885	2006	207,3	1,16%
	18.385	2007	264,1	1,44%
	18.900	2008	332,3	1,76%
	19.429	2009	414,1	2,13%
	19.973	2010	512,3	2,56%
	20.493	2011	705,7	3,44%
	21.025	2012	864,0	4,11%
	21.572	2013	1.046,0	4,85%
	22.133	2014	1.255,4	5,67%
	22.708	2015	1.496,2	6,59%
2,60%	23.299	2016	1.761,1	7,56%
	23.905	2017	2.052,4	8,59%
	24.526	2018	2.372,9	9,68%
	25.164	2019	2.725,4	10,83%
	25.818	2020	3.093,4	11,98%
	26.334	2021	3.461,3	13,14%
	26.861	2022	3.829,2	14,26%
	27.398	2023	4.197,1	15,32%
	27.946	2024	4.532,5	16,22%
2,00%	28.505	2025	4.859,7	17,05%
	29.075	2026	5.176,7	17,80%
	29.657	2027	5.481,0	18,48%
	30.250	2028	5.772,6	19,08%
	30.855	2029	6.048,9	19,60%
	31.318	2030	6.306,8	20,14%
	31.788	2031	6.542,8	20,58%
	32.264	2032	6.752,4	20,93%
	32.748	2033	6.938,3	21,19%
	33.240	2034	7.096,8	21,35%
1,50%	33.738	2035	7.739,9	22,94%
	34.244	2036	7.850,4	22,92%
	34.758	2037	7.932,4	22,82%
	35.279	2038	7.983,2	22,63%
	35.808	2039	7.999,7	22,34%
	36.346	2040	7.999,7	22,01%

eólica han sido incorporadas satisfactoriamente por los gestores de la red durante periodos muy ventosos en la parte occidental del país. El Plan Energético danés incluye como meta cubrir con energía eólica el 50% del consumo eléctrico nacional en 2030 por medio del equilibrio entre importaciones y exportaciones. Ello incluye el uso de interconexiones con los países vecinos, especialmente con Noruega y Suecia, que tienen una gran potencia hidroeléctrica capaz de complementar el perfil de carga eólica.

La prudente suposición que se adopta aquí es que un límite del 20% es una cifra aceptable para la penetración potencial de la energía eólica en las redes eléctricas mundiales. La tabla 3.4 muestra cómo los recursos eólicos mundiales pueden fácilmente satisfacer los aspectos técnicos para la consecución de un nivel de penetración del 20% en el 2020.

4. EL 12% DE LA ELECTRICIDAD MUNDIAL CON ENERGÍA EÓLICA



Resumen del escenario del 12%

Las secciones iniciales de este informe han descrito la situación actual de desarrollo de la energía eólica en el mundo, el empuje medioambiental de su expansión, los recursos eólicos mundiales por regiones y el aumento estimado de la demanda eléctrica que se tendrá que cubrir. Estos datos se han unido para demostrar que es factible que la energía eólica satisfaga el 12% de la demanda mundial de electricidad. El resumen de los resultados de este ejercicio se incluyen en la tabla 4.1. Los apéndices incluyen cifras más detalladas.

Este estudio de viabilidad parte de la energía eólica acumulada a finales de 2001. La potencia total instalada en todo el mundo era entonces de 24.900 MW, de los cuales 6.800 fueron instalados en 2001. El índice de crecimiento de nuevas instalaciones en el periodo 2002-2007 se estima que será del 25% anual, con lo que se alcanzarían 120.600 MW operativos a finales de este último año. Ésta es la mayor tasa de crecimiento durante dicho periodo. A partir del 2008 en adelante, dicha tasa se reducirá regularmente aunque el continuo crecimiento de la potencia eólica proporcionará nuevos récords de capacidad instalada cada año.

En el año 2020 se habrá alcanzado una potencia instalada de 1.260 GW (1,26 millones de MW), con una producción anual capaz de cubrir el 12% de la demanda eléctrica estimada por la AIE.

Más allá del 2020, el desarrollo continuará a un ritmo de unos 150.000 MW anuales. Su penetración en el mercado seguirá la típica curva en S, alcanzando el punto de saturación en un plazo de entre 30 y 40 años, cuando se mantendrá un volumen mundial de unos 3.000 GW de potencia eólica. Con el tiempo, una proporción mayor de la nueva potencia se destinará a reemplazar las turbinas antiguas. Se asume así que los aerogeneradores tendrán una vida útil media de 20 años, lo que supondrá sustituir cada año el 5% de la potencia instalada.

Los índices de crecimiento de la energía eólica se basan en una mezcla de cifras históricas e información obtenida de las empresas líderes del mercado de aerogeneradores. El potencial eólico explotable en el mundo y el consumo de electricidad en las diferentes áreas del planeta ha sido también evaluado. Las futuras reducciones del coste de la tecnología eólica se basan en las expectativas de las "tasas de aprendizaje" y parten del nivel actual, que es aproximadamente de 765 por kW instalado, lo que resulta en un precio de 3,61 céntimos por kWh en las instalaciones más avanzadas y en condiciones óptimas.

El índice de crecimiento más allá del 2003 será apoyado por la nueva potencia del emergente mercado eólico marino, principalmente en el norte de Europa, del que se espera una contribución importante. Otras regiones se podrían unir a este mercado durante el periodo evaluado en este estudio, incluyendo EE.UU. y Japón, dónde el potencial marino ha sido evaluado en un 180% de la demanda eléctrica nacional.

Hipótesis y parámetros

La elección de los parámetros usados en este estudio se ha basado en la experiencia histórica de la industria eólica y de otros desarrollos tecnológicos en el campo energético. Las hipótesis principales se presentan a continuación:

■ Tasas de crecimiento anual

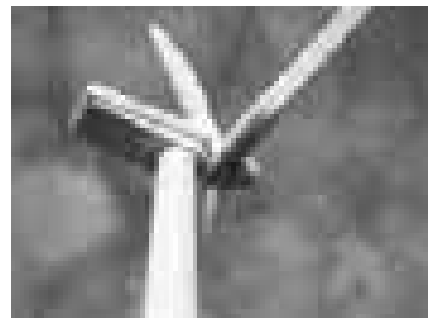
Índices de crecimiento anual del 20 al 25% son altos para una industria fabricante de equipos pesados. Sin embargo, la industria eólica ha experimentado tasas de crecimiento mucho más altas en la fase inicial de su industrialización. Entre 1993 y 1998, cuando se hizo el primer estudio Viento Fuerza10, el crecimiento anual de potencia instalada fue del 40 %, mientras que desde 1999 a 2001 ha continuado a una media impresionante del 35%.

Sobre la base de la tasa actual de expansión de la industria eólica, ésta es bastante capaz de mantener un 25 % de crecimiento anual, al menos durante los próximos 5 años. A finales de 2007, se estima que la fabricación de aerogeneradores alcance los 25.940 MW/año. Del 2008 en adelante, el índice anual de crecimiento se ralentiza en este escenario hasta el 20 %, bajando hasta el 15 % en 2013 y al 10 % en 2016. El crecimiento de la capacidad de fabricación se estabiliza en 2020 en unas cifras de 150.000 MW/año.

Un factor importante en Europa es la probable apertura de desarrollos marinos a partir de 2003, un segmento del mercado que añadirá más volumen al generalmente alto nivel de expansión en tierra. En cualquier caso, un mensaje claro de la industria es que le gustaría ver un marco político estable para el desarrollo de la energía eólica en los mercados emergentes mundiales antes de iniciar la fabricación local a través de empresas conjuntas.

■ Ratios de progreso

La conclusión general de la teoría de la curva de aprendizaje industrial es que los costes se reducen un 20% cada vez que el número de unidades producidas se dobla. Una reducción del 20% es equivalente a un índice de progreso de 0,80. Algunos estudios sobre el desarrollo pasado de la industria eólica muestran que el progreso a través de los esfuerzos en I+D y mediante el aprendizaje permitió una reducción del



precio del 15 al 20%, equivalente a un índice de progreso de 0,85 a 0,80. En el cálculo de la reducción de costes de este informe, la experiencia se ha relacionado con el número de unidades, es decir, aerogeneradores y no potencia en MW. El incremento en el tamaño medio por unidad se ha tenido, por lo tanto, también en cuenta.

El índice de progreso asumido en este estudio es de 0,85 hasta 2010. A partir de entonces se reduce a 0,90. Más allá del 2025, cuando el desarrollo se acerca a su nivel de saturación, se reduce al 1,0.

La razón de esta hipótesis gradual, particularmente en sus primeros años, es que la industria de fabricación eólica no ha obtenido todavía todo el beneficio de la producción en serie, especialmente debido al rápido aumento del tamaño de los aerogeneradores. Tampoco se ha alcanzado todo el potencial de futuras optimizaciones del diseño de los productos. Incluso así, el coste de las turbinas eólicas ha disminuido significativamente y se reconoce que la industria ha entrado en la "fase de comercialización", tal y como describen las teorías de la curva de aprendizaje.

■ Futuro crecimiento del tamaño de la turbina eólica

La tabla 4.2 muestra el rápido crecimiento del tamaño de las turbinas eólicas en el mercado comercial en los últimos siete años. Se puede observar que en los mercados líderes - Alemania, Dinamarca, España y los EE.UU. el tamaño medio de los aerogeneradores instalados ha crecido por un factor de entre dos y tres.

En el escenario del 12%, el tamaño medio de las nuevas turbinas instaladas aumentará en la próxima década de los 915 kW de hoy a 1,5 MW. A mitad de la primera década del escenario, este desarrollo aumentará todavía más debido al emergente mercado eólico marino. Las turbinas para este último mercado se prevé que se sitúen en la franja de tamaño de los 5 MW. Más importante, si cabe, es que el desarrollo de mayores tamaños reduce el número de turbinas necesarias para alcanzar una potencia dada, reduciéndose así el índice de progreso.

■ Aumentos del factor de capacidad

Los factores de capacidad de las turbinas eólicas ya han aumentado hoy del 20 al 25 % como resultado tanto de un mejor diseño inicial como de su mejor localización. Más recientemente, la mayor contribución a una mejora en los factores de capacidad ha venido del aumento de la altura del buje en las mayores turbinas. La producción de turbinas con rotores relativamente grandes para emplazamientos terrestres también ha contribuido a ello.

Desde el punto de vista de la red eléctrica, un factor de

capacidad alto es bienvenido ya que significa mayor producción eléctrica inyectada en la red en un momento y punto dado. También vale la pena destacar que la mejora del factor de capacidad de las turbinas eólicas no presenta barrera técnica alguna, sino que es simplemente cuestión de una mejor integración en la red eléctrica, modelización y coste. Este escenario prevé que los factores medios de capacidad aumentarán hasta el 28% en 2011 y al 30% en 2035.

■ Comparaciones con otras tecnologías

Si la energía eólica va a alcanzar el grado de penetración en el mercado que anticipa este estudio de viabilidad, resulta interesante preguntarse por lo que ha ocurrido con las otras fuentes de energía.

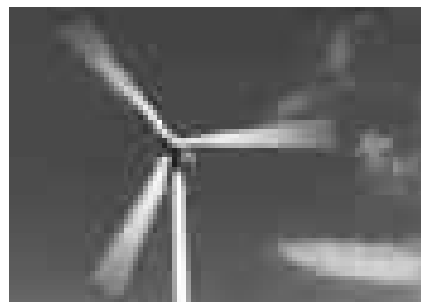
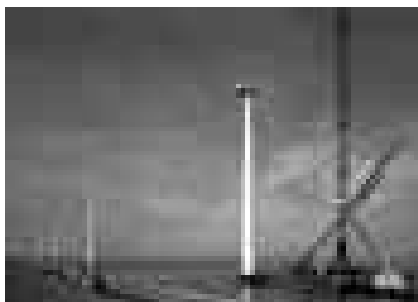
Las centrales eléctricas más comúnmente usadas en el mundo se basan en tecnologías de "gran escala" como las centrales térmicas alimentadas con carbón, gas o fuel, los reactores nucleares y las grandes centrales hidroeléctricas. Tanto las plantas nucleares como las grandes centrales hidroeléctricas son tecnologías que han sido desarrolladas principalmente desde mediados del siglo XX hasta alcanzar actualmente una penetración en la producción eléctrica mundial del 16% y el 19%, respectivamente.

■ A partir de los 1.000 MW existentes en 1960, las centrales nucleares sumaban 343.000 MW instalados a finales de 1997.

■ A partir de los 45.000 MW existentes en 1950, las centrales hidráulicas alcanzaron los 714.602 MW a finales de 1996.

La historia de estas dos tecnologías subraya que es posible obtener tales niveles de penetración con una nueva tecnología durante un período de 40-50 años. La energía eólica es hoy una industria comercial capaz de convertirse en una fuente de producción de electricidad de primer orden. Un análisis de la Asociación Alemana de Energía Eólica muestra que se produjo más electricidad a partir del viento durante su primera década de explotación comercial en Alemania que la que produjo la industria nuclear en sus primeros diez años (ver "Casos exitosos de energía eólica"). El horizonte temporal del objetivo del 12% y su continuación posterior es, por tanto, consistente con el desarrollo histórico de la energía nuclear y de las grandes centrales hidráulicas.

Sin embargo, es difícil comparar directamente estas tecnologías con el probable patrón de penetración de la energía eólica. La diferencia principal entre la eólica y las centrales térmicas es que la primera es una tecnología de pequeña escala con un tamaño máximo comercial hoy en día de 2,5 MW. Claro que la modularidad de la energía eólica la hace ideal para instalaciones de cualquier tamaño, desde una unidad aislada a grandes parques eólicos. En el lado de la



oferta, esta característica da un mayor potencial de reducción de costes con la producción en serie de unidades. Además, hace a la energía eólica apropiada para muchos tipos diferentes de infraestructura eléctrica, desde cargas aisladas alimentadas por generadores diesel a enormes redes nacionales o internacionales.

Visto desde estos puntos de vista, es bastante factible que la

energía eólica pueda conseguir el 12% del mercado. La cantidad de potencia instalada sería entonces, de hecho, equivalente a la de las centrales hidráulicas actuales, aunque sobre el papel aparenta ser un 50% mayor. Esto es así debido al menor factor de capacidad de la energía eólica, que en este estudio se ha considerado en un rango de entre el 25 y el 30%. El factor de capacidad para la energía hidráulica es normalmente del 60%.

Tabla 4-1 : 12% de electricidad eólica en el mundo para 2020

Año	Tasa media de crecimiento anual	Nueva potencia anual	Potencia acumulada a fin de año	Producción de electricidad eólica anual	Demanda eléctrica mundial	Penetración eólica de la electricidad mundial
		MW	MW	TWh	TWh	%
2001		6.800	24.900	54,5	15.578	0,35
2002	25%	8.500	33.400	73,1	16.014	0,46
2003		10.625	44.025	96,4	16.463	0,59
2004		13.281	57.306	125,5	16.924	0,74
2005		16.602	73.908	161,9	17.397	0,93
2006		20.752	94.660	207,3	17.885	1,16
2007		25.940	120.600	264,1	18.385	1,44
2008	20%	31.128	151.728	332,3	18.900	1,76
2009		37.354	189.081	414,1	19.429	2,13
2010		44.824	233.905	512,3	19.973	2,56
2011		53.789	287.694	705,7	20.493	3,44
2012		64.547	352.241	864,0	21.025	4,11
2013	15%	74.229	426.470	1.046,0	21.572	4,85
2014		85.363	511.833	1.255,4	22.133	5,67
2015		98.168	610.001	1.496,2	22.708	6,59
2016	10%	107.985	717.986	1.761,1	23.299	7,56
2017		118.783	836.769	2.052,4	23.905	8,59
2018		130.661	967.430	2.372,9	24.526	9,68
2019		143.727	1.111.157	2.725,4	25.164	10,83
2020		150.000	1.261.157	3.093,4	25.818	11,98
2030	0%	150.000	2.571.277	6.306,8	31.318	20,14
2040		150.000	3.044.025	7.999,7	36.346	22,01

Tabla 4-2: Tamaño medio de los aerogeneradores instalados cada año (kW)

Año	China	Denamarca	Alemania	India	España	Suecia	Reino Unido	E.E.U.U
1995	326	493	473	208	297	448	534	327
1996	400	531	530	301	420	459	562	511
1997	472	560	623	279	422	550	514	707
1998	636	687	783	283	504	590	615	723
1999	610	750	919	283	589	775	617	720
2000	600	931	1.101	401	648	802	795	686
2001	681	850	1.281	441	721	1.000	941	908

El aerogenerador medio en todo el mundo en 2001 fue: 915 kW



Otros dos factores son importantes para el desarrollo de una nueva tecnología. Uno es el “empuje” dado al mercado a partir de fondos públicos de I+D y otro, el “tirón” del mercado obtenido por una amplia gama de incentivos dirigidos a los inversores en tecnologías de generación o al usuario final de electricidad. Esta última vía de estimulación está, a menudo, dirigida políticamente.

El progreso relativo de nuevas tecnologías energéticas ha sido evaluado en el estudio “Perspectivas Energéticas Globales” presentado en 1998 por el instituto austriaco IIASA y el Consejo Mundial de la Energía. El informe pone los siguientes ejemplos, todos de los EE.UU.:

- Energía fotovoltaica: de 1981 a 1992 alcanzó un índice de progreso del 20% (0,80);
- Turbinas eólicas: de 1982 a 1987 alcanzaron una tasa de progreso de un 20% (0,80);
- Turbinas de gas: índice de progreso del 20% para los primeros 1.000 MW instalados y a partir de entonces del 10% entre 1963 y 1980 -año en el se alcanzaron los 90.000 MW-;

La tabla 4.1 muestra niveles de penetración basados en las hipótesis anteriores.

Desglose del escenario del 12% por regiones

La pauta general que se ha seguido en el escenario del 12% ha sido la de distribuir los 1.260 GW a instalar en 2020 en

proporción al consumo de electricidad en las diferentes regiones del mundo. Sin embargo, se espera que los países de la OCDE tomen el liderato de su implementación, lo que les permitiría crecer más rápido y terminar con un excedente en relación con su participación global en el consumo. Por ello, se ha hecho un ajuste para Europa y América del Norte, y en particular para los EE.UU.

Otra consideración ha sido la de la calidad de los recursos eólicos en términos de cuota regional de regimenes de viento medio/alto. Aquellas áreas con velocidades anuales de viento extremadamente altas estarán más interesadas en desarrollar la energía eólica que las grandes áreas geográficas con velocidades moderadas, incluso si el recurso absoluto es gigante en este último caso.

Un tercer tema que no ha sido evaluado en detalle para este informe, es el de la localización de las áreas ventosas del mundo respecto a los lugares donde tiene lugar el consumo. Si las áreas de generación eólica más importantes en un país determinado están concentradas lejos de las áreas pobladas y los centros industriales, ello podría causar restricciones en la utilización de la energía eólica o requerir una gran inversión en líneas de transporte.

La tabla 4.3 muestra la distribución geográfica de los 1.260 GW de energía eólica esperada a finales de 2020.

Tabla 4-3 : 12% de energía eólica en 2020 - desglose regional

Región (definición AIE)	Participación en los 1.200 GW de energía eólica en 2020 (MW)	Participación en los 1.200 GW de energía eólica en 2020 (%)	Demanda eléctrica total en 2020 (TWh)
OCDE - Europa	230.000	18,3%	4.514
OCDE - Norteamérica	310.100	24,6%	5.729
EE.UU.	(250.000)	(19,8%)	
Canadá	(60.000)	(4,8 %)	
OCDE Pacífico	90.000	7,1%	1.745
América Latina	100.000	7,9%	2.041
Este Asiático	80.000	6,3%	2.081
Sur Asiático	60.000	4,8%	1.695
China	190.000	15,1%	3.691
Oriente Medio	25.000	2,0%	907
Economías en transición	150.000	11,9%	2.615
África	25.000	2,0%	864
Mundo	1.260.000	100%	25.882





Valor de la inversión

Este estudio de viabilidad muestra que la inversión anual parte de los 5 millardos de € en 2001 hasta llegar a un máximo de 67 millardos en 2020. La inversión total (a precios de 2002) requerida para alcanzar los 1.260 GW de energía eólica en 2020 se estima en 628,6 millardos. Esta cifra es muy grande, aunque se debe tener en cuenta que es acumulativa en un periodo de 20 años. Además, se debe situar en el contexto energético mundial en el que la inversión anual en el sector eléctrico fue de unos 170-200 millardos de € en los años 90.

Aunque estas cifras de inversión en energía eólica parecen altas, en realidad son sólo una fracción de la inversión total en el sector eléctrico. En 2020, podría representar una participación más importante, pero debe recordarse que para entonces la energía eólica caminará hacia una participación del 20% de la demanda eléctrica -similar a la hidráulica actualmente-.

La tabla 5.1 muestra la inversión global acumulada que será necesaria para lograr una penetración del 12% en el año 2020. Los costes de inversión se basan en las hipótesis de progreso utilizadas en los apéndices, partiendo de un precio medio en 2001 de 765 €/kW instalado. El índice de progreso empieza en 0,85 y se reduce posteriormente a 0,90 en 2011. En el 2020 los costes de inversión habrán caído a 447 €/kW, lo que supondrá una reducción del 41% respecto a los precios de hoy.

Analizar la distribución de esta inversión a lo largo de las distintas regiones del planeta no es sólo cuestión de dividir la potencia total prevista por la distribución regional de la tabla 4.3. Y es que el desarrollo no empezará al mismo tiempo en todas las regiones. La experiencia de las naciones líderes en energía eólica muestra que incluso cuando la tecnología está disponible comercialmente se tarda todavía algún tiempo para que despegue el desarrollo a gran escala.

Debe existir un marco institucional que favorezca el desarrollo, y es deseable que haya al menos una cierta capacidad de fabricación local antes de realizar fuertes inversiones.

Para hacer este análisis, la tabla 5.2 muestra la inversión media en diferentes periodos de tiempo de las primeras dos décadas del siglo XXI. Esto nos permite a su vez asignar las inversiones regionales teniendo en cuenta cuándo es probable que el desarrollo despegue en cada una de las regiones (tabla 5.3).

Reducción de costes

El coste unitario por kWh de la electricidad eólica ya se ha reducido drásticamente a medida que los costes de fabricación y otros han disminuido. Entre 1981 y 1995, por ejemplo, el coste unitario por kWh cayó desde 16,9 a 6,15 céntimos de euro, una reducción de dos tercios, según una evaluación de las turbinas eólicas instaladas en Dinamarca publicada por el Laboratorio Nacional de Investigación de Dinamarca RISØ. Entre las razones de ello se incluyen las mejoras en el diseño de las turbinas y los mejores emplazamientos.

Desde que se hicieron estos cálculos, los aero-generadores de 500 kW que entonces se acababan de introducir comercialmente han sido superados por nuevas generaciones de máquinas optimizadas y de potencia creciente hasta los 2.500 kW (2,5 MW). Se estima que los costes han caído un 20% en los últimos 5 años.

Sobre la base de la experiencia del mercado y de la industria eólica, este estudio ha tomado las siguientes cifras como referencia de los aerogeneradores más avanzados funcionando bajo condiciones óptimas:

- Costes de inversión: 765 €/kW instalado;
- Precio unitario: 3,61 céntimos de €/kWh.

Los siguientes parámetros se han usado para el cálculo de costes futuros:

Tabla 5.1 Inversión, instalación y empleo del 12% de la electricidad mundial para 2020

Año	Instalación anual (MW/año)	Coste (US\$/kW)	Inversión (miles de millones de US\$/año)	Inversión acumulada	Empleo (Puestos-año)
2001	6.800	765	5.202	5.202	114.453
2002	8.500	740	6.291	11.493	138.403
2003	10.625	714	7.588	19.081	166.926
2004	13.281	691	9.184	28.265	202.040
2005	16.602	668	11.086	39.350	243.886
2006	20.752	643	13.349	52.699	293.667
2007	25.940	620	16.082	68.781	353.809
2008	31.128	597	18.585	87.366	408.860
2009	37.354	576	21.515	108.880	473.324
2010	44.824	555	24.882	133.763	547.413
2011	53.789	542	29.135	162.897	640.962
2012	64.547	529	34.150	197.047	751.294
2013	74.229	517	38.372	235.419	844.186
2014	85.363	505	43.128	278.547	948.813
2015	98.168	494	48.484	327.031	1.066.645
2016	107.985	483	52.193	379.224	1.148.243
2017	118.783	473	56.237	435.461	1.237.212
2018	130.661	464	60.641	496.101	1.334.097
2019	143.727	455	65.432	561.533	1.439.502
2020	150.000	447	67.082	628.616	1.475.808
2021	150.000	440	66.021	694.637	1.452.464
2022	150.000	434	65.075	759.712	1.431.649
2023	150.000	428	64.130	824.787	1.410.834
2024	150.000	422	63.184	889.861	1.390.019
2025	150.000	416	62.238	954.936	1.369.204
2026	150.000	410	61.292	1.020.010	1.348.389
2027	150.000	404	60.346	1.085.085	1.327.574
2028	150.000	398	59.400	1.150.159	1.306.759
2029	150.000	392	58.454	1.215.234	1.285.944
2030	150.000	386	57.508	1.280.308	1.265.129

Tabla 5-2 : Inversión media por kW de energía eólica, 2001 a 2020

Período	Inversión media (US\$/kW)		
2001 a 2006	688		
2007 a 2011	571		
2012 a 2017	496	Promedio: 478	Promedio: 493
2018 a 2020	455		Promedio: 506

Fuente: BTM Consult

Tabla 5-3 : Distribución de la inversión por regiones hasta 2020

Región	Año de despegue para desarrollo a gran escala	Instalación total para 2020 (MW)	Coste medio de instalación USD/KW	Inversión acumulada para 2020 (millones de USD)
OCDE Europa	en marcha	230.000	506	116.400
OCDE N. América	en marcha	310.000	506	156.900
OCDE Pacífico	2002	90.000	506	45.500
América Latina	2004	100.000	506	50.600
Este Asiático	2006	80.000	493	39.400
Sur Asiático	2002	60.000	506	30.400
China	2004	190.000	506	96.100
Oriente Medio	2006	25.000	493	12.300
Economías en transición	2006	150.000	493	74.000
África	2003	25.000	506	12.700
Mundo		1.260.000		634.300

Nota: Las cifras de inversión acumulada están redondeadas.

1. El tamaño medio de las turbinas comerciales crecerá de los 1.000 kW (1 MW) de hoy en día a 1,2 MW en 2005, 1,4 MW en 2009 y, más tarde, a 1,5 MW, dependiendo de la cuota creciente de los desarrollos marinos.

2. Los índices de progreso bajarán de 0,85 a 0,90 a partir de 2011. Esto tiene en cuenta los incrementos en la eficiencia y las mejoras en el diseño a partir del I+D, así como los beneficios de una mejor logística y economías de escala;

3. Mejoras en el factor de capacidad medio desde el 25% actual hasta alcanzar el 28% a partir de 2010.

Este estudio de viabilidad muestra, por lo tanto, una reducción del coste de la electricidad eólica de los 3,61 céntimos /kWh de hoy a un nivel de 2,62 céntimos de /kWh en 2010 (lo que supone asumir un coste por kW instalado de 555 \$). Este es el mismo coste actual que el de generación a partir de gas natural en ciclo combinado. En 2020, el coste eólico habrá disminuido hasta los 2,11 céntimos /kWh (447 \$/kW). La escala de reducciones anuales puede verse en el apéndice.

Comparación con otras tecnologías de generación

¿Cómo resulta la comparación de los costes de la energía eólica con los de otras tecnologías de generación de electricidad ampliamente utilizadas en la actualidad? Los datos más recientes de la ilustración 5.1 proceden del informe anual de comparación de precios publicado en enero de 2002 por la revista Wind Power Monthly. A los precios actuales de la electricidad, los parques eólicos más baratos -aquéllos con accesos fáciles y economías de escala- son plenamente competitivos con el gas natural en emplazamientos con una velocidad media del viento de 7,5 m/s. El precio de la electricidad de una nueva central térmica se basa en datos europeos y de EE.UU., y ha variado muy poco desde 2001, teniendo el gas una tendencia a subir su precio. El coste de la electricidad nuclear no tiene en cuenta la responsabilidad asumida por el sector público, ni el asunto de los residuos y del desmantelamiento de los reactores.

En estas comparaciones se debe tener en cuenta otro dato: el menor factor de capacidad de la energía eólica implica que para producir una cantidad determinada de electricidad hace falta instalar de 2 a 2,5 veces más potencia de generación que con



centrales de combustibles fósiles. Esto tiende a hacer más cara la energía eólica en la fase inicial de su ciclo de vida. Por otra parte, no hay coste alguno de combustible durante la vida útil de un parque eólico.

Los costes de la energía eólica se espera que caigan significativamente durante las dos próximas décadas a medida que aumenta la experiencia del sector. Por contra, es improbable que las tres tecnologías térmicas de generación mencionadas más arriba disminuyan significativamente sus precios respecto a los actuales. Además, la comparación directa de precios no refleja toda la realidad ya que no incluye las externalidades, como resume el siguiente capítulo.

Potencial de empleo

El efecto sobre el empleo del escenario del 12% es un factor crucial que valorar junto a sus otros costes y beneficios. Los altos niveles de paro continúan siendo una sangría importante para las economías de casi todos los países del mundo. Cualquier tecnología que demande un nivel substancial de mano de obra (especializada o no) tiene, por tanto, una considerable importancia económica y es probable que sea un elemento clave a la hora de tomar decisiones políticas sobre las diversas opciones energéticas.

A dos décadas vista, puede que ya no sea razonable asumir que el empleo continuará siendo un parámetro determinante. Sin embargo, si lo contrario ocurriera -una escasez de mano de obra- sería igualmente importante saber cuánto empleo requieren las diferentes actividades. Hay, por lo tanto, buenas razones para conocer las cifras de empleo implicadas en un desarrollo tecnológico a largo plazo como éste.

Varias evaluaciones del efecto de la energía eólica sobre el empleo se han llevado a cabo en Alemania, Dinamarca y Holanda. El estudio más concienzudo hasta ahora fue realizado en 1996 por la Asociación Danesa de Fabricantes de Turbinas (DWTMA, en sus siglas inglesas).

La metodología usada en él fue la de dividir las actividades de

fabricación de la industria eólica en diferentes sectores - metalúrgica, electrónica, etc.- y sumar luego las contribuciones sectoriales. Los resultados cubren tres áreas -empleo directo e indirecto en la fabricación de aerogeneradores, en su instalación, y los efectos globales sobre el empleo de la actividad exportadora de la industria eólica danesa-.

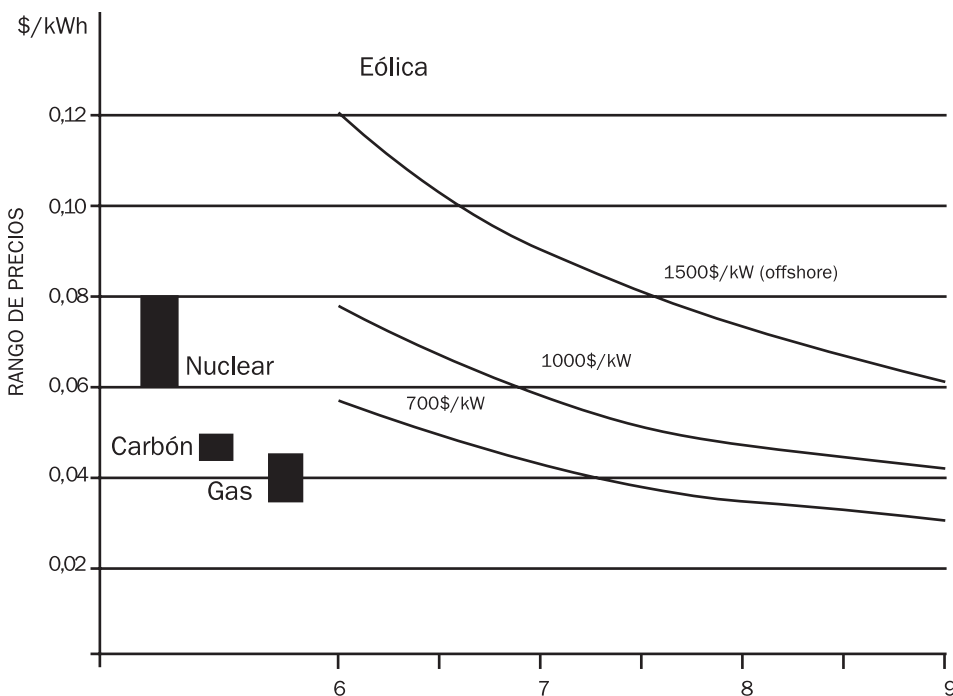
Una buena razón para usar las cifras danesas es que su industria eólica ha sido la más exitosa en el lado de la oferta, con una cuota del mercado mundial cercana al 50 %. Es razonable asumir que su metodología será válida para las otras principales naciones fabricantes de aerogeneradores -Alemania, España y Estados Unidos-.

Para los propósitos de este estudio se utilizan las últimas cifras danesas disponibles de empleo (1998). Éstas muestran que cada MW eólico crea un empleo equivalente a 17 puestos de trabajo-año en su fabricación y 5 en su instalación. Con un precio medio por kW eólico instalado de 1.000 en 1998, estas cifras de empleo se pueden traducir en valor económico: cada millón de euros en ventas crea 22 puestos de trabajo-año.

Con el fin de incluir en estas estimaciones la creciente eficiencia en el diseño, la fabricación y la instalación eólica, que daría como resultado una reducción en el empleo, se ha asociado la creación de empleo con el valor de las instalaciones de energía eólica, un valor que disminuye con el paso del tiempo. El apéndice muestra estas reducciones indicativas en el nivel de empleo a lo largo del período estudiado.

Los resultados de la evaluación del empleo para la implementación completa del escenario del 12% se muestran en las tablas 5-6 a y b. Éstas se basan directamente en las hipótesis antes indicadas y en las nuevas instalaciones esperadas en los años 2005, 2010, 2015 y 2020. En los periodos intermedios, de 2005 a 2020, se asume que algunas regiones comenzarán su desarrollo a gran escala de energía eólica más tarde que los países de la OCDE que ya estarán realizando una gran implantación eólica.

Figura 5-1: Prices for different generating technologies.



También es importante enfatizar que un prerrequisito para alcanzar las cifras de empleo asignadas a cada región en la tabla 5.6 b es el de que todo el proceso de fabricación, incluida la producción y el suministro de la tecnología, se efectúe dentro de la región misma. Dado que es improbable que esto ocurra completamente, dada la situación actual del comercio mundial, el previsible valor añadido local y su empleo derivado obtenido del escenario del 12% se evalúa separadamente en las tablas que incluyen las cifras clave por regiones.

En la tabla 5-6 a la cuota de instalación total de energía eólica se ha dividido por regiones en períodos de 5 años. Sin embargo, las cifras sólo representan para cada una de las regiones una estimación aproximada ya que no ha sido posible realizar dentro de los límites de este estudio una evaluación detallada de los patrones regionales de penetración eólica. En cualquier caso, la suma de las cifras quinquenales coincide con la cifra anual total prevista en el escenario del 12% (véase la tabla 4.1).

Las cifras anuales de instalación en MW se convierten en cifras de empleo en la tabla 5-6 b. Estas cifras centrales tendrán que ser

corregidas región por región tomando en consideración aspectos como el precio real de la mano de obra, la eficiencia en la fabricación y el porcentaje de importación de materiales o componentes destinados a fabricar la cuota regional correspondiente.

Es necesario explicar la 'diferencia' entre los 114.000 puestos de trabajo año y los estimados 70.000 puestos de trabajo actuales de la industria eólica mundial. Ésta última cifra es una estimación basada en datos nacionales específicos e individuales de empleo directo e indirecto, esto es por ejemplo, la industria primaria y sus subcontratas más importantes. Sin embargo, esta estimación no refleja todos y cada uno de los puestos de trabajo o partes del mismo creados por la energía eólica.

Los 114.000 puestos de trabajo-año se basan en un modelo estadístico que compara puestos de trabajo, dinero y megavatios, y que cubriría todo el empleo relacionado con el sector eólico.

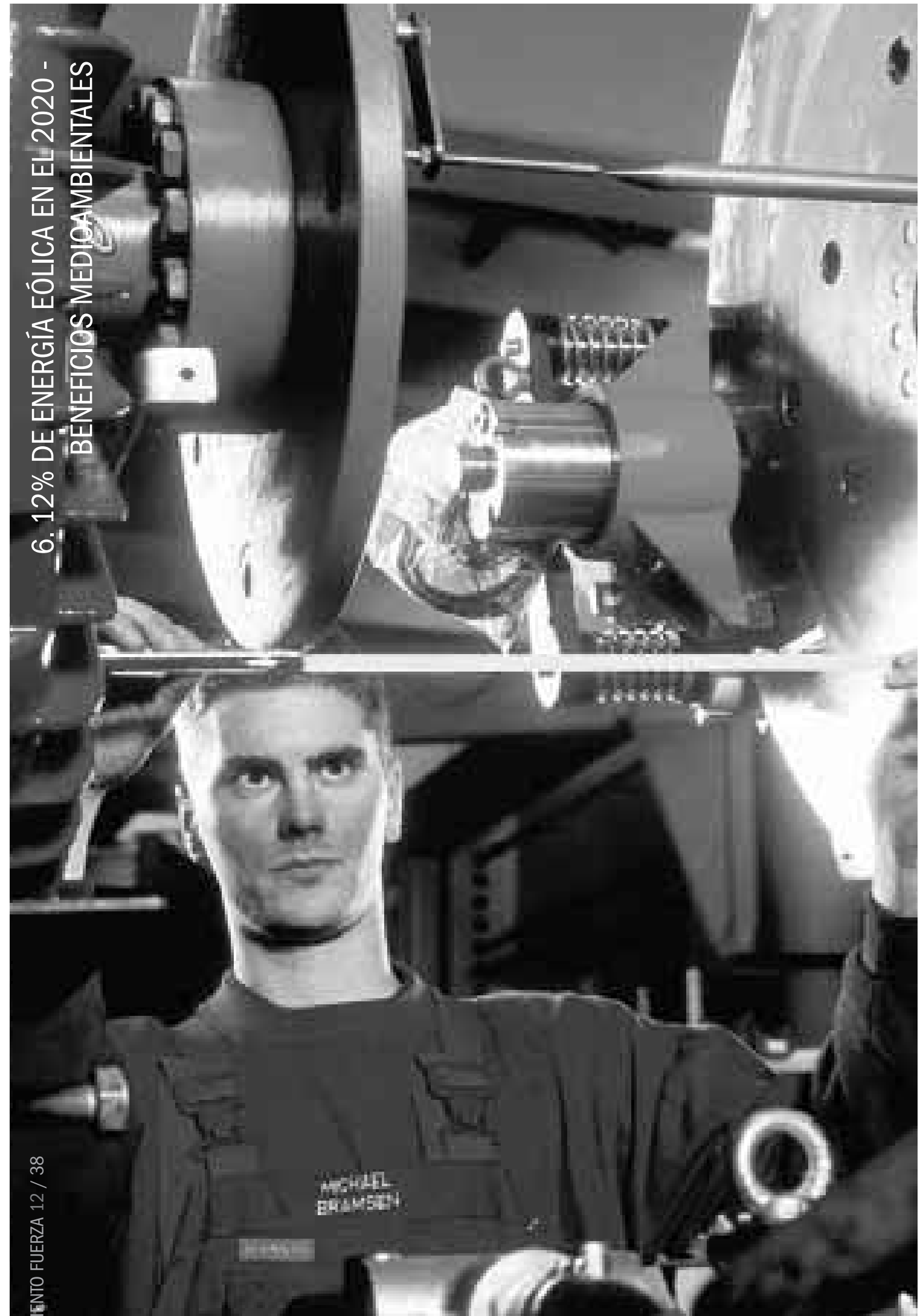
Tabla 5-6 a : Distribución de la potencia instalada anual por regiones a intervalos de 5 años

Año Región	2005 MW/año	2010 MW/año	2015 MW/año	2020 MW/año
OCDE Europa	8.600	10.000	14.000	15.000
OCDE N. América	4.000	12.000	25.000	30.000
OCDE Pacífico	600	3.000	8.000	10.000
América Latina	500	4.500	8.000	16.000
Este Asiático	200	2.000	6.000	10.000
Sur Asiático	800	3.000	6.000	15.000
China	800	5.500	13.000	25.000
Oriente Medio	300	800	2.000	4.500
Economías en transición	500	3.500	14.000	21.000
África	300	500	2.000	3.500
Total MW por año:	16.600	44.800	98.000	150.000
Instalación anual según Tabla 4-1)	16.602	44.824	98.168	150.000
Empleos-año/MW	14,7	12,2	10,9	9,8

Tabla 5-6b :Distribución del empleo por regiones a intervalos de cinco años

Año Región:	2005	2010	Empleos-años 2015	2020
OCDE Europa	126.400	122.000	152.600	147.000
OCDE N. América	58.800	146.400	272.500	294.000
OCDE Pacífico	8.800	36.600	87.200	98.000
América Latina	7.400	54.900	87.200	156.800
Este Asiático	2.900	24.400	65.400	98.000
Sur Asiático	11.800	36.600	65.400	147.000
China	11.800	67.100	141.700	245.000
Oriente Medio	4.400	9.800	21.800	44.100
Economías en transición	7.400	42.700	152.600	205.800
África	4.400	6.100	21.800	34.300
Total Empleo puestos-año:	244.100	546.600	1.068.200	1.470.000
Instalación anual MW/año	16.602 MW	44.824 MW	98.168 MW	150.000 MW
Empleos-año/MW	14,7	12,2	10,9	9,8

6. 12% DE ENERGÍA EÓLICA EN EL 2020 - BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES



Reducciones globales de dióxido de carbono

La reducción de los niveles de dióxido de carbono (CO₂) emitido a la atmósfera es el beneficio medioambiental más importante derivado de la generación eólica. El dióxido de carbono es el principal gas responsable del incremento del efecto invernadero, lo que lleva a las desastrosas consecuencias del cambio climático mundial.

Al mismo tiempo, la moderna tecnología eólica tiene un balance energético extremadamente bueno. Las emisiones de CO₂ consecuencia de la fabricación, instalación y mantenimiento de un aerogenerador durante todo su ciclo de vida se recuperan tras los tres a seis primeros meses de operación, cuando las turbinas tienen una vida media superior a 20 años.

El beneficio que se puede obtener de la reducción de dióxido de carbono depende de qué tecnología de generación sustituya la eólica. Los cálculos del Consejo Mundial de la Energía muestran una variedad de niveles de emisiones de CO₂ según los diferentes combustibles fósiles utilizados (tabla 6-1). Asumiendo que el carbón y el gas todavía constituirán dentro de 20 años la principal fuente de generación eléctrica - con una tendencia continuada a que el gas vaya sustituyendo al carbón- tiene sentido usar la cifra de 600 toneladas por GWh como valor medio de reducción de CO₂ obtenido por la generación eólica.

Esta asunción se justifica además por el hecho de que casi el 50% de la potencia eólica acumulada en las próximas dos décadas, de acuerdo con nuestro escenario, será instalada en regiones de la OCDE (América del Norte, Europa y los países del Pacífico). La tendencia en estos países es hacia un cambio significativo de carbón a gas. El desarrollo eólico empezará más tarde en otras regiones, pero en algunas de ellas la reducción específica de CO₂ será mucho más alta debido al uso generalizado de centrales de carbón altamente ineficientes.

Si se toman en consideración estas hipótesis, la cobertura eólica del 12% de la demanda eléctrica global reducirá las emisiones de dióxido de carbono en las siguientes cantidades:

- Las reducciones anuales aumentarán desde los 32,7 millones de toneladas (MTm) de CO₂ en 2001 hasta los 1.856 MTm en 2020.
- En 2010, la reducción acumulada alcanzará 1.345 MTm;

- En 2020, la reducción acumulada será de 11.768 MTm de CO₂;
- En 2040, la energía eólica contribuirá a una reducción anual de 4.800 MTm de CO₂ y la cifra acumulada alcanzará 86.469 MTm.

El efecto de la mejora de la eficiencia

Tal y como ya se ha explicado, se espera que la mejora en la eficiencia de la tecnología eólica siga un patrón que lleve el factor medio de capacidad desde el actual 25% hasta un 28% en 2011 y un 30% en 2035. Expresado en términos del beneficio para las compañías eléctricas, esta mejora de la eficiencia supone que las horas anuales a plena carga pasarán de 2.000 a 2.500/2.600.

Los futuros parques mar adentro se prevé que tengan prestaciones incluso superiores, con un rango de entre 3.000 y 4.000 horas equivalentes/año. Debe subrayarse también que las turbinas eólicas instaladas en emplazamientos terrestres particularmente ventosos de Dinamarca, EE.UU. y el Reino Unido han demostrado ya factores de capacidad superiores al 30%.

Estas mejoras en la tecnología y las tasas de crecimiento vistas en el escenario del 12% supondrán una contribución importante al porcentaje de electricidad libre de CO₂. El apéndice muestra las reducciones de CO₂ asociadas al presente estudio de viabilidad calculadas de año en año hasta el 2020.

Valor de las reducciones de dióxido de carbono

Se han llevado a cabo muchos estudios para determinar los costes de los diversos métodos de reducción de CO₂. La conclusión general es que el ahorro energético es a menudo la opción más barata. De entre las plantas de generación de electricidad, la opción más barata dependerá de la estructura del sistema eléctrico local y del combustible reemplazado. Estudios realizados en Dinamarca han mostrado que uno de los costes de reducción de CO₂ más bajos de entre todas las opciones disponibles se obtiene reemplazando electricidad generada con carbón por energía eólica.

Una confusión habitual en este asunto es la de comparar la nueva generación eólica con las centrales de combustibles fósiles construidas hace 30 años, cuyos costes de capital ya han sido amortizados. En un sector eléctrico bajo la presión competitiva de un mercado desregulado dicho tipo de central podría vender energía a precios sólo ligeramente por encima

Tabla 6-1: emisiones de CO₂ procedentes de la generación de electricidad con combustibles fósiles

Carbón (varias tecnologías)	751-962 toneladas por GWh
Petróleo	726 toneladas por GWh
Gas	428 toneladas por GWh
Promedio	600 toneladas por GWh

Fuente: Estadísticas del WEC citadas en "Wind Energy - The Facts", Volume 4, 1998, EWEA/European Commission

de sus costes variables. Pero esta situación no duraría mucho: tan pronto como el crecimiento de la demanda requiera nueva capacidad instalada, la energía eólica se situaría en una posición competitiva mucho mejor.

Si se tienen en cuenta las futuras mejoras de costes calculadas en este estudio, el coste de reemplazar electricidad generada a partir de combustibles fósiles por eólica probablemente se acercaría casi a cero.

Costes externos

La comparación directa de costes entre la energía eólica y los combustibles fósiles o la energía nuclear es engañosa ya que no tiene en cuenta los costes externos ni los beneficios intrínsecos de la generación distribuida.

Los costes externos para la sociedad y el medio ambiente derivados de la quema de combustibles fósiles o de la generación nuclear no están incluidos en los precios de la electricidad. Estos costes tienen un componente local y otro global, este último relacionado sobre todo con las consecuencias finales del cambio climático. Existe, sin embargo, una gran incertidumbre sobre la magnitud económica de tales

costes, ya que son difíciles de identificar y cuantificar. Un reciente estudio europeo, conocido como Proyecto ExternE, llevado a cabo durante los últimos 10 años en los 15 estados miembros de la UE, ha evaluado estos costes para distintos combustibles. Sus últimos resultados, publicados en julio de 2001, señalan los siguientes costes externos (en céntimos de euro/kWh):

energía nuclear	de 0,2 a 0,6
gas natural	de 1 a 4
carbón	de 2 a 15
eólica	de 0,05 a 0,25

El estudio concluye que si los costes externos sobre el medio ambiente y la salud fueran tenidos en cuenta, el coste de la electricidad generada con carbón o petróleo se llegaría a doblar y el de la obtenida con gas aumentaría un 30%. Por otro lado, la energía nuclear se enfrenta a mayores costes externos por aspectos tan importantes como son la responsabilidad civil asumida por los Estados, los residuos y el desmantelamiento.



INTRODUCCIÓN

Los gobiernos se enfrentan a muchos desafíos a la hora de formular las futuras políticas energéticas de los próximos años. Tienen que responder a la necesidad de abordar la seguridad del suministro energético, el crecimiento económico, el desarrollo sostenible, el cambio climático, el empleo y el desarrollo tecnológico. Sólo las tecnologías energéticas renovables tienen un efecto positivo sobre todos estos ámbitos. Este estudio demuestra sin ambages que la energía eólica está en la vanguardia de las nuevas industrias energéticas renovables y, lo que es más, muestra que no existen límites tecnológicos, comerciales o de recursos que impidan al mundo cubrir con energía eólica en menos de 2 décadas el 12% de su futura demanda global de electricidad.

En un momento en el que los gobiernos nacionales de todo el mundo están en proceso de liberalizar sus mercados eléctricos, la creciente competitividad de la energía eólica debería conducir a una mayor demanda de turbinas eólicas. Sin embargo, sin apoyo político la energía eólica mantiene una desventaja competitiva a causa de las distorsiones de los mercados eléctricos mundiales creadas por décadas de masivo apoyo político, financiero y estructural a las tecnologías contaminantes tradicionales. Los nuevos parques eólicos deben competir con viejas centrales nucleares y de combustibles fósiles que producen electricidad a costes marginales después de que los intereses y la depreciación de la inversión haya sido ya pagada por los consumidores y los contribuyentes. Para aprovechar completamente los beneficios económicos y medioambientales de la energía eólica se necesita, pues, una acción política que permita superar tales distorsiones y crear un marco de juego no discriminatorio.

En varios países, las políticas de apoyo a las energías renovables están consiguiendo resultados espectaculares, tal y como se ha explicado en los capítulos anteriores de este informe. Alemania, por ejemplo, ha creado más de 35.000 puestos de trabajo con la energía eólica, mientras que Dinamarca ha generado una industria que exporta cada año por valor de más de 2.500 millones de euros.

A continuación se presenta una panorámica general de los desafíos políticos que afronta el sector eólico y las políticas que deben adoptarse para apoyar a la energía eólica.

POLÍTICAS NACIONALES

1. EL ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS LEGALES VINCULANTES PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES

En los últimos años, un número creciente de países ha establecido objetivos para las energías renovables como parte de sus políticas de reducción de gases de efecto invernadero. Tales objetivos se expresan como cantidades específicas de potencia instalada o como un porcentaje del consumo energético.

El objetivo más ambicioso ha sido el fijado por la Unión Europea. En 2001, el Consejo y el Parlamento Europeo adoptaron una Directiva de Energías Renovables que estableció objetivos nacionales para cada país miembro, aunque sus objetivos no son legalmente obligatorios. El objetivo de la Directiva es doblar en 2010 la participación de las renovables en el mix energético desde el actual 6% hasta el 12%, lo que supondría para las renovables satisfacer el 22% del consumo eléctrico europeo. El siguiente paso tras la Directiva sería la presentación por parte de la Comisión Europea de propuestas al Parlamento y al Consejo definiendo unos objetivos obligatorios para las energías renovables.

La tabla 7.1 muestra los objetivos nacionales para el suministro de electricidad de fuentes renovables en los estados miembros, que se fijan en la nueva Directiva como porcentajes de los consumos eléctricos brutos nacionales. Dado que la mayoría del potencial de grandes centrales hidroeléctricas ya ha sido explotado en Europa, la mayor parte del aumento en energía renovable vendrá principalmente de la biomasa y de la eólica.

Los objetivos de energías renovables son más eficaces si se basan en un porcentaje del consumo total de electricidad del país. Una de sus ventajas es que se crea un incentivo para optimizar los aerogeneradores. Si estos objetivos se fijan tanto a corto como a largo plazo actúan como guía para identificar qué cambios inmediatos de política se requieren para lograr los objetivos a 5 y 10 años vista.

Sin embargo, la mera fijación de objetivos vale de poco si no son acompañados por políticas que persigan nivelar las oportunidades en los mercados eléctricos, eliminando barreras y creando un entorno que atraiga el capital inversor.

1.1 Mecanismos políticos específicos

Para que un promotor entre en el sector se debe haber definido primero un mercado claro para la electricidad de origen eólico. Al igual que en cualquier otra inversión, cuanto

Tabla 7.1 Objetivos indicativos de la Unión Europea para la electricidad producida con fuentes renovables (RES-E 2010)

País	RES-E en 1997	Objetivo RES-E 2010	País	RES-E en 1997	Objetivo RES-E 2010
Bélgica	1,1%	6,0%	Luxemburgo	2,1%	5,7%
Dinamarca	8,7%	29,0%	Holanda	3,5%	9,0%
Alemania	4,5%	12,5%	Austria	70,0%	78,1%
Grecia	8,6%	20,1%	Portugal	38,5%	39,0%
España	19,9%	29,4%	Finlandia	24,7%	31,5%
Francia	15,0%	21,0%	Suecia	49,1%	60,0%
Irlanda	3,6%	13,2%	Reino Unido	1,7%	10,0%
Italia	16,0%	25,0%	Comunidad	13,9%	22,1%

menor sea el riesgo para los inversores, menores serán los costes de suministrar el producto. Las medidas más importantes para establecer nuevos mercados de energía eólica son aquellas mediante las cuales el mercado de producción eléctrica queda claramente definido y consagrado en la legislación nacional, es estable, a largo plazo y asegura un bajo nivel de riesgo para el inversor, así como suficiente retorno de la inversión.

Hoy se estima que el empleo directo e indirecto del sector eólico en todo el mundo alcanza los 70.000 puestos de trabajo. Para atraer a las compañías del sector a que establezcan instalaciones de fabricación se necesita que los mercados sean fuertes, estables y fiables, y con un compromiso claro en la expansión a largo plazo de la energía eólica.

1.2.1. SISTEMAS DE TARIFA FIJA

Los sistemas de tarifa basados en un precio fijo pagado por kWh generado han sido enormemente exitosos en catalizar los mercados eólicos y están consagrados por ley en Alemania, España y Dinamarca. En Alemania, la legislación fija el precio de la electricidad de energías renovables en relación con los costes de generación de estas tecnologías. En el sistema español, el precio de la electricidad generada a partir de fuentes renovables sigue el precio del mercado de la electricidad al que se añade una prima "medioambiental" por kWh. Una característica clave del sistema de precio fijo es que el gobierno fija el precio del valor social de incluir una cantidad significativa de energía renovable en el sistema eléctrico.

Conforme los costes de producción bajan a causa, por ejemplo, de las mejoras tecnológicas y las economías de escala, emplazamientos con menores velocidades del viento se hacen rentables, lo que aumenta todavía más la potencia eólica. Una ventaja principal de los sistemas de tarifa fija es que ponen presión sobre los fabricantes para que produzcan turbinas cada vez con mejor relación coste/eficiencia, reduciendo así el coste para la sociedad de la expansión de la energía eólica.

Pero la ventaja más importante de los sistemas de precio fijo es que facilitan a los inversores la planificación de nuevas plantas de energías renovables. El desafío en un sistema de precio fijo es la fijación de un precio "correcto". La desventaja es la incertidumbre política que puede surgir acerca de cuánto tiempo continuará el sistema, lo que significa que los inversores deben calcular una prima de riesgo por si el precio baja durante la vida del proyecto. Alemania ha evitado este problema en la revisión de 1999 de su Ley de Energías Renovables al garantizar los pagos durante un período de 14 a 20 años.

1.2.2. CARTERAS DE ENERGÍA RENOVABLE (RPS)

Bajo un sistema RPS (Renewable Portfolio Standards, en inglés), como los que operan en Texas o en el Reino Unido, las compañías eléctricas o sus clientes están obligados a comprar un número de certificados verdes en proporción a su consumo

eléctrico total. Los certificados se compran a los generadores de energías renovables los propietarios de los parques eólicos, por ejemplo que reciben certificados en proporción a su producción eléctrica: por ejemplo, un certificado por kWh entregado a la red. El sistema implica que parte del pago a los propietarios de los parques eólicos se hace en una moneda especial, los certificados verdes. El precio de estos certificados se fija en un mercado en el que el precio lo determina el juego entre la demanda de los compradores y la oferta de los vendedores.

Un sistema RPS puede ser tecnológicamente neutro o bien dividirse en bandas específicas para cada tecnología renovable: eólica, solar, etc. Un mercado de RPS sólo funciona, sin embargo, si las multas por no comprar certificados verdes son lo suficientemente altas para disuadir de su incumplimiento. Para asegurar la inversión sostenible, el RPS necesita incluir objetivos de expansión del mercado a largo plazo.

Un inconveniente de un sistema de cantidades fijas de renovables de este tipo es que la velocidad a la que se introducen las renovables en el suministro de electricidad es en gran medida independiente del progreso tecnológico y de la creciente eficiencia del uso de las fuentes renovables, por lo que puede convertirse en un límite a su desarrollo.

1.2.3. PUJAS COMPETITIVAS, LICITACIONES O SUBASTAS

Los gobiernos definen una cantidad fija de fondos y la licitación por los proyectos, que puede ser tecnológicamente neutra o separada por tecnologías. Al final, aceptan los proyectos ofertados hasta el nivel de los fondos disponibles. Bajo los sistemas de subasta o licitación, los acuerdos de compra de electricidad tienen una duración específica, típicamente de 15 años. En este sistema, la cantidad de renovables se decide políticamente, normalmente una cuota creciente de electricidad de fuentes renovables, que las compañías eléctricas o los consumidores deben comprar. Esto se consigue haciendo que los generadores de electricidad renovable compitan por los contratos de compra de energía.

El sistema elimina en gran medida muchos de los riesgos políticos para los inversores si el precio se acuerda para un período definido de unos 15 años y tales contratos de compra de energía quedan protegidos por la ley.

Los sistemas de licitación con cláusulas altas de penalización parecen ser económicamente eficientes, pero sólo son viables para los grandes inversores, no para los pequeños operadores como cooperativas o propietarios individuales, a menos que éstos sean parte de una estructura mayor de asunción de riesgos a través de una organización conjunta de sus proyectos.

La experiencia ha mostrado que la agresiva competencia en pos de ofertar los precios más bajos deja márgenes mínimos que disuaden a los inversores y fuerza a los promotores a uti-

lizar sólo un limitado número de emplazamientos con los mayores recursos eólicos.

1.2.4. TOPES DE EMISIONES

Mientras que los impuestos proporcionan un coste predefinido, de forma muy similar al sistema de tarifa, la fijación de un tope de emisiones puede marcar un estándar para el sector pero dejando al mercado la decisión sobre la mejor forma de cumplir con él. Esto permite, además, la introducción de medidas de ahorro energético que a menudo son más baratas que la puesta en marcha de nueva potencia generadora de bajas emisiones. El Protocolo de Kioto es un sistema basado en topes de emisiones aunque permite el uso de mecanismos de flexibilidad que efectivamente aumentan el tope de emisiones.

1.2.5. SUBVENCIONES A LA INVERSIÓN

Normalmente la subvención se concede en función de la potencia nominal (en kW) del generador. Estos sistemas se usan típicamente en una etapa inicial del desarrollo eólico cuando no hay o hay muy pocos incentivos adicionales. Lo problemático de estos sistemas es que las subvenciones se conceden sea o no sea eficiente la generación. En algunos países (por ejemplo, India y California en los años 80) este tipo de subvención a la inversión causó un mal emplazamiento de las turbinas eólicas. Además, los fabricantes siguieron la demanda de sus clientes en favor de aerogeneradores muy grandes que mejoraron la rentabilidad del proyecto pero redujeron la generación. La tendencia global es la de evitar las subvenciones a la inversión como opción política única y adoptar bien tarifas fijas o bien un sistema RPS, con los que esencialmente fija el precio o la cantidad, respectivamente.

Es más, como estas subvenciones se basan a menudo en la disponibilidad de fondos gubernamentales y en la voluntad política de cada momento, los cortos plazos de los gobiernos tienden a no proporcionar la seguridad y estabilidad a largo plazo que la industria y las entidades financieras necesitan.

2. BENEFICIOS DEFINIDOS Y ESTABLES PARA LOS INVERSORES

Las medidas políticas adoptadas por los gobiernos necesitan para ser efectivas que sean aceptables por la comunidad financiera.

En este punto hay dos temas clave:

- El precio de la electricidad renovable debe permitir perfiles riesgo-retorno que sean competitivos con otras opciones de inversión;
- La duración de un proyecto debe permitir que los inversores recuperen su inversión.

3. REFORMA DEL MERCADO ELÉCTRICO

Se necesitan reformas esenciales en el sector eléctrico para conseguir una penetración a gran escala de las nuevas tec-

nologías energéticas renovables. Estas reformas incluyen:

3.1 Eliminación de las barreras del sector eléctrico para las energías renovables

La actual legislación energética sobre planificación, certificación y acceso a la red se ha elaborado alrededor de la existencia de grandes centrales eléctricas centralizadas, incluyendo largos y detallados procedimientos de obtención de licencias y especificaciones de acceso a la red. Esto favorece a la generación existente a gran escala y representa significativas barreras de mercado para las renovables. Además, no reconoce el valor de no tener que transportar la producción eléctrica descentralizada a largas distancias. La legislación necesita reflejar los siguientes cambios recientes:

EN TECNOLOGÍA: las renovables y el gas han emergido como las tecnologías de generación eléctrica de más rápido crecimiento.

EN COMBUSTIBLES: el carbón y la energía nuclear están haciéndose cada vez menos competitivos.

EN TAMAÑO: las pequeñas centrales modulares de gas y renovables están ya generando electricidad a precios competitivos.

EN EMPLAZAMIENTO: las nuevas tecnologías modulares se pueden distribuir por toda una red.

EN IMPACTO SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL: está ampliamente reconocido que la energía nuclear y los combustibles fósiles causan impactos locales y regionales en la sociedad y el medioambiente; los combustibles fósiles también tienen impactos globales sobre el clima.

Las reformas necesarias para abordar las barreras de mercado para las renovables incluyen:

- Procedimientos racionalizados y uniformes de planificación y de autorización, así como una planificación de la red de mínimo coste;
- Acceso no discriminatorio a la red eléctrica a precios justos y eliminación de las tarifas de acceso y transporte discriminatorias;
- Precio justo y transparente para la electricidad en toda la red, con reconocimiento y remuneración por los beneficios de la generación distribuida;
- Desmembración de las compañías eléctricas en compañías separadas de generación y de distribución;
- Los costes del desarrollo y refuerzo de las infraestructuras de la red eléctrica deben ser asumido por la autoridad gestora de la red y no por los proyectos renovables específicos;
- Desglose del mix de generación a los usuarios finales para permitir a los consumidores una elección informada de su fuente de electricidad.

3.2 ELIMINACIÓN DE LAS DISTORSIONES DE MERCADO

Además de las barreras, en el mercado también hay distorsiones que bloquean la expansión de las energías renovables. Estas distorsiones toman la forma de subvenciones directas e indirectas, y del coste social de las externalidades actualmente excluidas de los costes de la electricidad convencional y contaminante procedente de centrales nucleares y combustibles fósiles. Los precios de la electricidad hoy en día no reflejan el coste total de su generación, o los beneficios medioambientales completos de la energía eólica y de otras renovables.

3.2.1. ACABAR CON LAS SUBVENCIONES A LA ENERGÍA NUCLEAR Y A LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

Se estima que las fuentes de energía convencionales reciben cada año en subvenciones en todo el mundo del orden de 250-300 millardos de \$, distorsionando gravemente con ello los mercados. El Worldwatch Institute estima que las subvenciones totales al carbón en el mundo son de 63 millardos de \$, de los cuales, 21 corresponden a Alemania, incluyendo una subvención directa de más de 70.000 millones por minero. Estas subvenciones reducen artificialmente el precio de la electricidad, mantiene a las renovables alejadas del mercado, y sostienen tecnologías y combustibles cada vez menos competitivos.

La eliminación de todas las subvenciones directas e indirectas a los combustibles fósiles y a la energía nuclear crearía condiciones más equitativas en el sector energético. Por ejemplo, el estudio de la OCDE de 1998 titulado "Mejorar el medioambiente a través de la reducción de subvenciones" apuntó que "el apoyo [a los combustibles fósiles y a la energía nuclear] raramente está justificado, impide generalmente el comercio internacional y a menudo se concede a sectores enfermos. (...) el apoyo podría estar justificado si redujera los costes marginales para el conjunto de la sociedad a largo plazo. Este podría ser el caso del apoyo a las industrias emergentes, como las generadoras de energías renovables".

El informe de 2001 del Grupo de Trabajo de Energía Renovable del G8 va más allá al afirmar que "redirigir las subvenciones, incluso mínimamente, hacia las renovables proporciona una oportunidad para añadir consistencia a las nuevas metas públicas e incluir los costes sociales y medioambientales en los precios". El Grupo de Trabajo recomienda que "los países del G8 den pasos hacia la eliminación de incentivos y otros apoyos a las tecnologías energéticas medioambientalmente dañinas, y desarrollen y ejecuten mecanismos de mercado que aborden las externalidades, permitiendo a las tecnologías renovables competir en el mercado sobre bases más justas y equitativas."

3.2.2. INTERNALIZACIÓN DE LOS COSTES SOCIALES Y MEDIOAMBIENTALES DE LAS ENERGÍAS CONTAMINANTES.

El coste real de la producción energética convencional incluye gastos que son asumidos por la sociedad como son los impactos en la salud, la degradación medioambiental local y regional desde la contaminación por mercurio a la lluvia ácida, que causan daños al medio ambiente, las infraestructuras y la salud humana, así como los impactos globales del cambio climático. Por ejemplo, más de 30.000 estadounidenses mueren prematuramente cada año a causa de las emisiones de las centrales eléctricas. Entre los costes asumidos por la sociedad también debe incluirse la asunción por parte de los Estados de buena parte de las indemnizaciones previstas en caso de accidentes nucleares: la ley Price-Anderson, por ejemplo, que limita la responsabilidad de las centrales nucleares en EE.UU. en caso de accidente, equivale a una subvención anual de hasta 3,4 millardos de \$.

Al igual que con el resto de las subvenciones, estos costes externos deberían incluirse en el precio de la energía para que el mercado fuera verdaderamente competitivo. Esto requiere que los gobiernos apliquen el principio de que "quien contamina, paga" y hagan pagar al contaminante, o alternativamente otorguen una compensación adecuada a los que no contaminan. La adopción de un sistema impositivo para las fuentes eléctricas contaminantes, o de una compensación equivalente a las energías renovables, y la exención de éstas de las ecotasas energéticas, son elementos importantes para conseguir una competencia más justa en los mercados eléctricos mundiales.

POLÍTICAS INTERNACIONALES

1. RATIFICACIÓN DEL PROTOCOLO DE KIOTO.

La ratificación del Protocolo de Kyoto dentro del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático es un primer paso vital para proteger el clima de los peligrosos cambios provocados por el ser humano el objetivo global del Convenio del Clima. El Protocolo, un instrumento internacional de obligado cumplimiento, proclama el principio de las economías limitadas por el carbono. Esto provocará una demanda creciente de generación eléctrica de baja o nula producción de carbono. La protección del clima demandará más y mayores reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que aumentará más la demanda y el mercado para las tecnologías energéticas renovables como la eólica.

2. REFORMA DE LAS AGENCIAS DE CRÉDITOS A LA EXPORTACIÓN (ECAS), BANCOS DE DESARROLLO MULTILATERAL (MDBS) E INSTITUCIONES FINANCIERAS INTERNACIONALES (IFIS)¹²

La demanda energética, y en particular la eléctrica, está aumentando en el mundo entero. Esto es particularmente cierto en los países en desarrollo, que dependen fuertemente de las agencias de crédito a la exportación (ECA) y de los bancos multilaterales de desarrollo para obtener la financiación necesaria para los proyectos industriales energéticos y otros. Para ser coherentes con el emergente orden interna-

¹² Las siglas corresponden a sus denominaciones en inglés.

cional que limita las emisiones de gases de efecto invernadero, las ECA y otras instituciones financieras internacionales que apoyan o avalan proyectos en todo el mundo deben tener políticas coherentes con la necesidad de limitar las emisiones de estos gases y la protección del clima. Al mismo tiempo, se necesita un plan de transición y plazos flexibles para evitar penalidades indebidas a las economías en desarrollo, demasiado dependientes de fuentes energéticas convencionales y exportaciones. También debe reconocerse que el cumplimiento de las metas de desarrollo para los más pobres del mundo requerirá de subvenciones en el futuro inmediato.

El informe del Grupo de Trabajo del G8 que reconoció el papel de las instituciones financieras internacionales y las ECA hace importantes recomendaciones que de alguna forma abordarían este problema. Afirma dicho informe que “el acceso a la energía moderna y las consideraciones medioambientales deberían ser integradas en los programas de inversión y diálogo de las IFI en el sector energético. Así, los instrumentos actuales y los programas de las agencias deberían ser adaptados para proporcionar un creciente apoyo a los proyectos de energías renovables que, aunque

económicamente atractivos, pueden ser pequeños y tener largos periodos de amortización. En este contexto se deben considerar los fondos garantizados, programas de refinanciación para bancos locales y los servicios de préstamo específicos para los pequeños operadores privados locales”. Y yendo más lejos, añade: “el G8 debería extender los llamados 'acuerdos sectoriales' para otros préstamos energéticos a las renovables y desarrollar y ejecutar directrices medioambientales comunes entre las Agencias de Crédito a la Exportación del G8. Esto podría incluir: la identificación de criterios para evaluar los impactos medioambientales de los proyectos financiados por las ECA, el establecimiento de unos mínimos estándares de eficiencia energética o de intensidad de carbono para estos proyectos, y el desarrollo de una metodología común para los informes que permitan a las ECA evaluar sus impactos ambientales locales y globales.”

Tales políticas deben incluir:

- Un porcentaje definido y creciente de la financiación total al sector energético dedicada a proyectos de energías renovables;
- La rápida eliminación de los apoyos a los proyectos energéticos convencionales contaminantes.

RESUMEN DE POLITICAS

Políticas nacionales

1. Establecimiento de objetivos legalmente vinculantes para las energías renovables.

2. Beneficios definidos y estables para los inversores

- El precio de la electricidad a partir de energías renovable debe permitir perfiles de riesgo en los beneficios que sean competitivos con otras opciones de inversión;
- La duración de un proyecto debe permitir a los inversores recuperar su inversión.

3. Reforma del mercado eléctrico

3.1 Eliminación de las barreras del sector eléctrico para las energías renovables.

3.2 Eliminación de las distorsiones de mercado.

- Interrupción de las subvenciones a las fuentes de electricidad de combustibles fósiles y nuclear
- Internalización de los costes sociales y medioambientales de las energías contaminantes

Políticas internacionales

1. Ratificación del Protocolo de Kioto

2. Reforma de las agencias de crédito a la exportación (ECAs), bancos de desarrollo multilateral (MDBs) e instituciones financieras internacionales (IFIs)

- Un porcentaje definido y creciente de los préstamos del sector de la energía en su conjunto dirigido a los proyectos de energías renovables;
- Una rápida retirada progresiva del apoyo a los proyectos de energía convencional contaminante.

Tabla 1 - Penetración en el mercado

Ratio de crecimiento	Año	Acumulado MW	Anual MW	Tamaño medio turbinas (MW)	Número acumulado unidades	Factor capacidad (%)	Producción TWh	Tasa progreso	MW	Sustitución Unidades	
	2001	24.900	6.800		56.000	25%	54,5				
25%	2002	33.400	8.500	1,0	64.500	25%	73,1	0,85			
	2003	44.025	10.625	1,0	75.125	25%	96,4				
	2004	57.306	13.281	1,2	86.193	25%	125,5				
	2005	73.908	16.602	1,2	100.027	25%	161,9				
	2006	94.660	20.752	1,2	117.321	25%	207,3				
	2007	120.600	25.940	1,3	137.274	25%	264,1				
	2008	151.728	31.128	1,3	161.219	25%	332,3				
20%	2009	189.081	37.354	1,4	187.900	25%	414,1	0,90			
	2010	233.905	44.824	1,4	219.917	25%	512,3				
	2011	287.694	53.789	1,4	258.338	28%	705,7				
15%	2012	352.241	64.547	1,5	301.369	28%	864,0	0,90			
	2013	426.470	74.229	1,5	350.855	28%	1.046,0				
	2014	511.833	85.363	1,5	407.764	28%	1.255,4				
	2015	610.001	98.168	1,5	473.209	28%	1.496,2				
	2016	717.986	107.985	1,5	545.199	28%	1.761,1				
10%	2017	836.769	118.783	1,5	624.388	28%	2.052,4	0,90			
	2018	967.430	130.661	1,5	711.495	28%	2.372,9				
	2019	1.111.157	143.727	1,5	807.313	28%	2.725,4				
	2020	1.261.157	150.000	1,5	907.313	28%	3.093,4				
0%	2021	1.411.157	150.000	1,5	1.007.313	28%	3.461,3	1,00			
	2022	1.561.157	150.000	1,5	1.107.313	28%	3.829,2				
	2023	1.711.157	150.000	1,5	1.207.313	28%	4.197,1				
	2024	1.847.876	150.000	1,5	1.307.159	28%	4.532,5			13.281	11.068
	2025	1.981.274	150.000	1,5	1.406.993	28%	4.859,7			16.602	13.835
	2026	2.110.522	150.000	1,5	1.506.816	28%	5.176,7			20.752	17.293
	2027	2.234.583	150.000	1,5	1.606.627	28%	5.481,0			25.940	19.954
	2028	2.353.455	150.000	1,5	1.706.434	28%	5.772,6			31.128	23.945
	2029	2.466.101	150.000	1,5	1.806.236	28%	6.048,9			37.354	26.681
	2030	2.571.277	150.000	1,5	1.906.032	28%	6.306,8			44.824	32.017
0%	2031	2.667.488	150.000	2,0	1.980.824	28%	6.542,8	1,00			
	2032	2.752.941	150.000	2,0	2.055.609	28%	6.752,4			53.789	38.421
	2033	2.828.712	150.000	2,0	2.130.398	28%	6.938,3			64.547	43.031
0%	2034	2.893.349	150.000	2,0	2.205.188	28%	7.096,8	1,00			
	2035	2.945.181	150.000	2,0	2.279.981	30%	7.739,9			74.229	49.486
	2036	2.987.197	150.000	2,0	2.354.783	30%	7.850,4			85.363	56.909
	2037	3.018.414	150.000	2,0	2.429.593	30%	7.932,4			98.168	65.445
	2038	3.037.752	150.000	2,0	2.504.409	30%	7.983,2			107.985	71.990
0%	2039	3.044.025	150.000	2,0	2.579.231	30%	7.999,7	1,00			
	2040	3.044.025	150.000	2,0	2.654.066	30%	7.999,7			118.783	79.189
	2041	3.044.025	150.000	2,0	2.728.917	30%	7.999,7			130.661	87.107
	2042	3.044.025	150.000	2,0	2.803.781	30%	7.999,7			143.727	95.818
	2043	3.044.025	150.000	2,0	2.878.657	30%	7.999,7			150.000	100.000
	2043	3.044.025	150.000	2,0	2.878.657	30%	7.999,7			150.000	100.000

Tabla 2 Contribuciones por regiones

Región	Potencia eólica instalada en 2020 MW	Producción eléctrica anual eólica TWh/año	Penetración energía eólica en 2020 sobre consumo electricidad %	Inversión acumulada millones \$ EE.UU.	Reducción anual de CO ₂ en 2020 Millones toneladas/año	Empleo en la región en 2020 Hombre-año/año	comentarios correcciones
OCDE Europa	230.000	564,0	12,5 %	116.400	338,4	147.000	Incluyendo 70.000 MW marinos
OCDE N. América	310.000	760,1	13,3%	156.900	456,1	294.000	
EE.UU. (incluyendo N. América)	(250.000)	(613,0)	(13,0%)	(126.500)	(367,8)	(235.000)	
OCDE Pacífico	90.000	220,7	12,6%	45.500	132,4	98.000	
América Latina	100.000	245,2	12,0%	55.600	147,1	156.800	Inversión + 10%
Este Asiático	80.000	196,2	9,4%	43.300	153,0	117.600	Empleo: +20% Inversión: +10% Reducción CO ₂ : +30%
Sur Asiático	60.000	147,1	8,7%	33.400	114,7	176.400	
China	190.000	465,9	12,6%	105.700	363,4	294.000	
Oriente Medio	25.000	61,3	6,7%	12.300	36,8	44.100	
Economías en transición	150.000	367,8	14,1%	74.000	264,8	226.400	Empleo: +20% Inversión : +10 %
África	25.000	61,3	7,1%	14.000	36,8	41.100	
Total mundial :	1.260.000	3089,6	11,9%	657.100	2.043,5	1.595.400	Totales incluyendo correcciones

DEFINICIONES DE REGIONES SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DE LA AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA

OCDE-Europa: Los 15 países de la UE más República Checa, Hungría, Islandia, Noruega, Suiza y Turquía.

OCDE N. América: : EEUU y Canadá.

OCDE Pacífico: Japón, Australia y Nueva Zelanda.

Economías en transición: Albania, Bulgaria, Rumanía, República eslovaca, ex Yugoslavia y ex Unión Soviética y Polonia.

Este Asiático: Brunei, República Democrática de Corea, Indonesia, Malasia, Filipinas, Singapur, República de Corea, Taipei, Tailandia, Vietnam y algunos países más pequeños, incluyendo las islas de la Polinesia.

Sur Asiático: India, Pakistán, Bangladesh Sri Lanka y Nepal.

América Latina: Todos los países de América del Sur y las islas del Caribe.

África: La mayoría de los países africanos en el Norte y en el Sur.

Oriente Medio: Bahrein, Irán, Irak, Israel, Jordania, Kuwait, Líbano, Omán, Qatar, Arabia Saudita, Siria, Emiratos Árabes Unidos y Yemen.

TABLA 3 REDUCCIÓN DE COSTES SEGÚN LA PENETRACIÓN EN EL MERCADO₃

$$\text{Coste (DKK /kWh)} = a * (X/X0)^{-b}$$

Nótese que en esta tabla se ha utilizado la equivalencia euro/dólar vigente cuando se hizo el informe original (USD 1 = 1,1494 y USD 1 = 8,30 DKK [Coronas danesas]).

USD 1 = 1.1494

USD 1 = kr 8.30

Ratio progreso	Año	Acumulado MW	Acumulado unidades	Electricidad				Electricidad DKK/kWh	Potencia DKK/kW
				USD cent/kWh	EURO cent/kWh	Potencia USD/kW	Potencia Euro/kW		
a = 0,300 X0 = 56.000 b = 0,2345 85%	2001	24.900	56.000	3,61	4,15	765	879	0,300	6.350
	2002	33.400	64.500	3,50	4,02	740	851	0,290	kr 6.143
	2003	44.025	75.125	3,37	3,88	714	821	0,280	kr 5.927
	2004	57.306	86.193	3,27	3,75	691	795	0,271	kr 5.739
	2005	73.908	100.027	3,15	3,63	668	768	0,262	kr 5.542
	2006	94.660	117.321	3,04	3,49	643	739	0,252	kr 5.339
	2007	120.600	137.274	2,93	3,37	620	713	0,243	kr 5.146
	2008	151.728	161.219	2,82	3,24	597	686	0,234	kr 4.955
	2009	189.081	187.900	2,72	3,13	576	662	0,226	kr 4.781
	2010	233.905	219.917	2,62	3,01	555	638	0,218	kr 4.607
a = 0,218 X0 = 219.917 90% b = 0,1525	2011	287.694	258.338	2,56	2,94	542	623	0,212	kr 4.496
	2012	352.241	301.369	2,50	2,87	529	608	0,207	kr 4.391
	2013	426.470	350.855	2,44	2,81	517	594	0,203	kr 4.291
	2014	511.833	407.764	2,39	2,74	505	581	0,198	kr 4.193
	2015	610.001	473.209	2,33	2,68	494	568	0,194	kr 4.099
	2016	717.986	545.199	2,28	2,62	483	556	0,190	kr 4.012
	2017	836.769	624.388	2,24	2,57	473	544	0,186	kr 3.930
	2018	967.430	711.495	2,19	2,52	464	533	0,182	kr 3.852
	2019	1.111.157	807.313	2,15	2,47	455	523	0,179	kr 3.779
	2020	1.261.157	907.313	2,11	2,43	447	514	0,175	kr 3.712
	2021	1.411.157	1.007.313	2,08	2,39	440	506	0,173	kr 3.653
	2022	1.561.157	1.107.313	2,05	2,36	434	499	0,170	kr 3.601
	2023	1.711.157	1.207.313	2,02	2,33	428	492	0,168	kr 3.554
	2024	1.847.876	1.307.159	2,00	2,30	423	486	0,166	kr 3.511
	2025	1.981.274	1.406.993	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.472
a = 0,164 X0 = 1.406.993 100% b = 0,001	2026	2.110.522	1.506.816	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.472
	2027	2.234.583	1.606.627	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2028	2.353.455	1.706.434	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2029	2.466.101	1.806.236	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2030	2.571.277	1.906.032	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2031	2.667.488	1.980.824	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2032	2.752.941	2.055.609	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2033	2.828.712	2.130.398	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2034	2.893.349	2.205.188	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2035	2.945.181	2.279.981	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2036	2.987.197	2.354.783	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2037	3.018.414	2.429.593	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2038	3.037.752	2.504.409	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2039	3.044.025	2.579.231	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.471
	2040	3.044.025	2.654.066	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.470
	2041	3.044.025	2.728.917	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.470
	2042	3.044.025	2.803.781	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.470
	2043	3.044.025	2.878.657	1,98	2,27	418	481	0,164	kr 3.470

EDICIÓN EN LENGUA CASTELLANA

Traducción: Roberto Lacal Arantegui, Cruz García de Dios y

Manuel Bustos

Coordinación y revisión: José Luis García Ortega y Manuel

Bustos

Maquetación: Rebeca Porras

Edición: Greenpeace España y APPA

Greenpeace España

C/ San Bernardo, 107 - 1º - 28015 Madrid - España

Tel.: (+34) 91 444 14 00 - Fax: (+34) 91 447 15 98

Correo e.: energia@greenpeace.es - <http://www.greenpeace.es>

Asociación de Productores de Energías Renovables-APPA

París, 205 - 08008 Barcelona - España

Tel.: (+34) 93 414 22 77 - Fax: (+34) 93 209 53 07

Correo e.: appa@appa.es - <http://www.appa.es>

TABLA 4 REDUCCIÓN DE CO2

Reducción media de CO2: 0,60 kg/kWh

Año	Acumulado MW	Producción TWh	Reducción anual de CO ₂ (millones Ton.)	Reducción CO ₂ acumulada (millones Ton.)
2001	24.900	54,5	32,7	32,7
2002	33.400	73,1	43,9	76,6
2003	44.025	96,4	57,8	134,5
2004	57.306	125,5	75,3	209,8
2005	73.908	161,9	97,1	306,9
2006	94.660	207,3	124,4	431,3
2007	120.600	264,1	158,5	589,7
2008	151.728	332	199	789
2009	189.081	414	248	1.038
2010	233.905	512	307	1.345
2011	287.694	706	423	1.768
2012	352.241	864	518	2.287
2013	426.470	1.046	628	2.914
2014	511.833	1.255	753	3.668
2015	610.001	1.496	898	4.565
2016	717.986	1.761	1.057	5.622
2017	836.769	2.052	1.231	6.853
2018	967.430	2.373	1.424	8.277
2019	1.111.157	2.725	1.635	9.912
2020	1.261.157	3.093	1.856	11.768
2021	1.411.157	3.461	2.077	13.845
2022	1.561.157	3.829	2.298	16.143
2023	1.711.157	4.197	2.518	18.661
2024	1.847.876	4.532	2.719	21.380
2025	1.981.274	4.860	2.916	24.296
2026	2.110.522	5.177	3.106	27.402
2027	2.234.583	5.481	3.289	30.691
2028	2.353.455	5.773	3.464	34.154
2029	2.466.101	6.049	3.629	37.784
2030	2.571.277	6.307	3.784	41.568
2031	2.667.488	6.543	3.926	45.494
2032	2.752.941	6.752	4.051	49.545
2033	2.828.712	6.938	4.163	53.708
2034	2.893.349	7.097	4.258	57.966
2035	2.945.181	7.740	4.644	62.610
2036	2.987.197	7.850	4.710	67.320
2037	3.018.414	7.932	4.759	72.080
2038	3.037.752	7.983	4.790	76.870
2039	3.044.025	8.000	4.800	81.669
2040	3.044.025	8.000	4.800	86.469
2041	3.044.025	8.000	4.800	91.269
2042	3.044.025	8.000	4.800	96.069
2043	3.044.025	8.000	4.800	100.869

EDICIÓN ORIGINAL EN INGLÉS

Producción y coordinación: Corin Millais.
 Análisis de escenarios y datos: Birger Madsen (BTM Consult).
 Asesoramiento: Rakesh Bakshi, José Luis García Ortega,
 Christian Kjaer, Paul Horsman, Karl Mallon, Janet Sawin,
 Steve Sawyer y Sven Teske
 Revisión: Crispin Aubrey
 Diseño: Pulse Design
 Edición: EWEA y Greenpeace Internacional

European Wind Energy Association (EWEA)
 26 rue du Trône · B-1000 Bruselas · Bélgica
 Tel.: +32 2 546 19 40 · Fax.: +32 2 546 19 44
 Correo e.: ewea@ewea.org · <http://www.ewea.org>

Greenpeace Internacional
 176 Keizersgracht · 1016 DW Amsterdam · Netherlands
 Tel.: +31 20 523 6222 · Fax.: +31 20 524 6291
<http://www.greenpeace.org>

Tabla 5 Energía hidráulica y nuclear - Penetración histórica

Año	Hidráulica acumulada MW	Anual MW	Nuclear Acumulada MW	Anual MW
1950	44.956			
1951				
1952				
1953				
1954				
1955	67.857			
1956				
1957				
1958				
1959				
1960	157.080		1.000	1.000
1961			1.000	0
1962			2.000	1.000
1963			2.000	0
1964			3.000	1.000
1965	214.023		5.000	2.000
1966	223.997	9.974	6.000	1.000
1967	236.088	12.091	8.000	2.000
1968	251.249	15.161	9.000	1.000
1969	266.900	15.651	13.000	4.000
1970	290.607	23.707	16.000	3.000
1971	295.564	4.957	24.000	8.000
1972	305.339	9.775	32.000	8.000
1973	335.561	30.222	45.000	13.000
1974	339.271	3.710	61.000	16.000
1975	371.495	32.224	71.000	10.000
1976	383.667	12.172	85.000	14.000
1977	396.426	12.759	99.000	14.000
1978	423.601	27.175	114.000	15.000
1979	443.836	20.235	121.000	7.000
1980	466.938	23.102	135.000	14.000
1981	483.938	17.000	155.000	20.000
1982	505.041	21.103	170.000	15.000
1983	517.899	12.858	189.000	19.000
1984	540.244	22.345	219.000	30.000
1985	560.956	20.712	250.000	31.000
1986	575.665	14.709	276.000	26.000
1987	596.262	20.597	297.000	21.000
1988	618.186	21.924	310.000	13.000
1989	631.374	13.188	320.000	10.000
1990	641.731	10.357	328.000	8.000
1991	656.094	14.363	325.000	-3.000
1992	670.829	14.735	327.000	2.000
1993	685.907	15.078	336.000	9.000
1994	697.839	11.932	338.000	2.000
1995	708.931	11.092	340.000	2.000
1996	714.602	5.671	343.000	3.000
1997			343.000	0

NOTAS A LA TRADUCCIÓN

En el informe original las cifras económicas estaban en dólares de EE.UU. El cambio de dólar a euro cuando se hizo la traducción era de 1 \$ ~ 1 €, por lo que se ha tomado 1\$ = 1 €, salvo cuando se indica explícitamente lo contrario. Cuando se habla de turbinas se entienden como turbinas de producción de electricidad a partir de la energía eólica (aerogeneradores), a menos que se especifique otra cosa.
Millardo = 1.000 millones.





