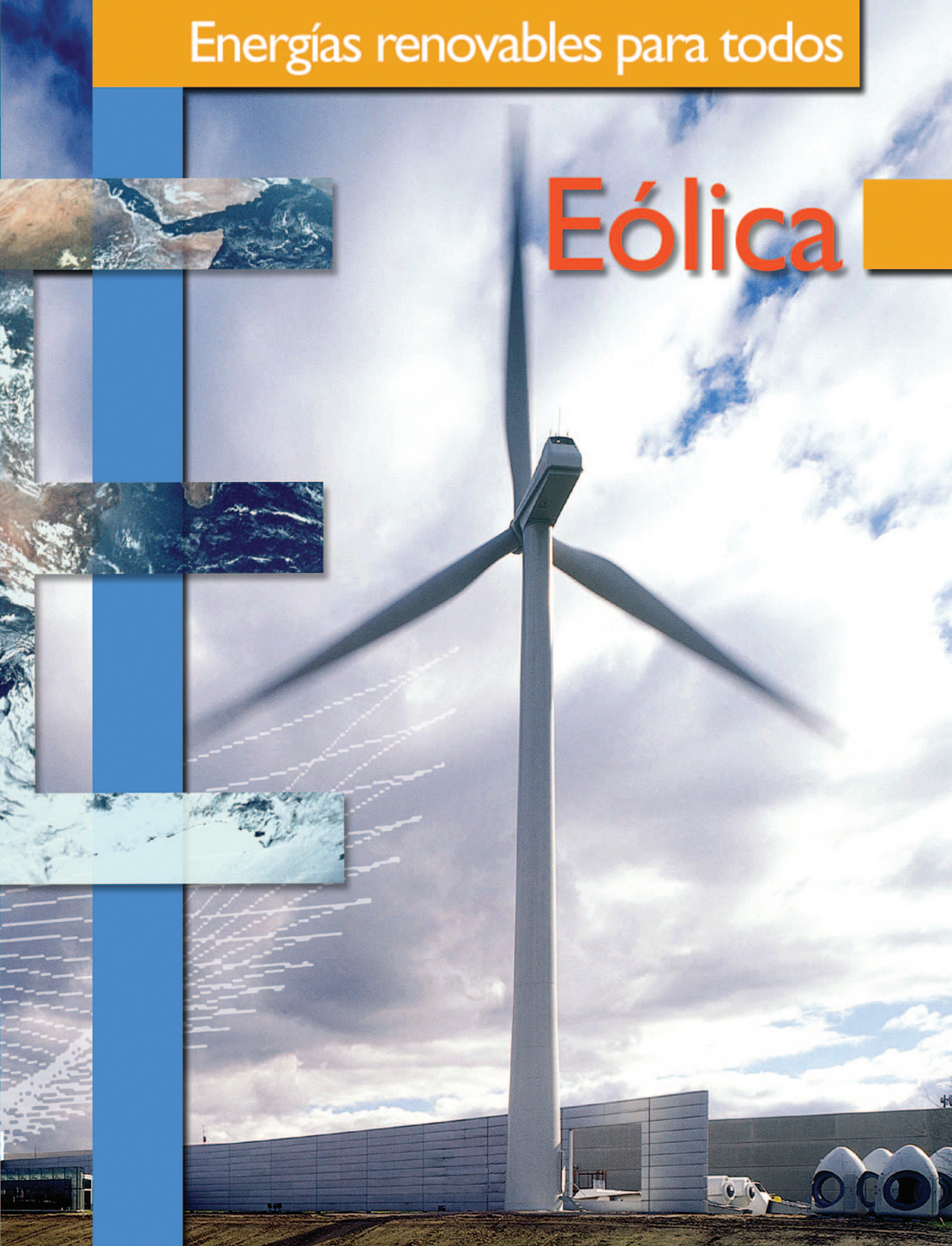


Energías renovables para todos

# Eólica



Energías  
renOVables



Fundación de  
la Energía de  
la Comunidad  
de Madrid

**EM**  
La Suma de Todos  
Comunidad de Madrid

# Eólica

*Pepa Mosquera*



© GEWind Energy

## EL VIENTO, MOTOR DE LA ENERGÍA EÓLICA

Como la mayoría de las energías renovables, la eólica tiene su origen en el sol. Éste es el responsable de que se produzca el viento, el recurso energético utilizado por esta fuente de energía. Pero, ¿cuál es el origen del viento? La respuesta está en que la atmósfera de la Tierra absorbe la radiación solar de forma irregular debido a diversos factores (diferencias entre la superficie marina y la continental, elevación del suelo, alternancia del día y la noche, nubosidad, etc.) y esa irregularidad hace que haya masas de aire con diferentes temperaturas y, en consecuencia, presiones. A su vez, las diferentes presiones provocan que el aire tienda a desplazarse desde las zonas de alta presión hacia las de baja presión, generando el movimiento del aire. Es decir, el viento.

Se calcula que entre el 1 y el 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento. Si se excluyen las áreas de gran valor ambiental, esto supone un potencial de energía eólica de 53 TWh/año en el mundo, cinco veces más que el actual consumo eléctrico en todo el planeta. Por tanto, en teoría, la energía eólica permitiría atender sobradamente las necesidades energéticas del mundo.

En la práctica, la tecnología actual permite aprovechar, casi exclusivamente, los vientos horizontales. Esto es, los que soplan paralelos y próximos al suelo y siempre que su velocidad esté comprendida entre determinados límites (a partir de unos 3 m/s y por debajo de los 25 m/s).

## EL AEROGENERADOR

Las máquinas empleadas para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores. Se colocan sobre una columna o torre debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura respecto al suelo. Además, se procura situarlos lejos de obstáculos (árboles, edificios, etc.) que creen turbulencias en el aire y en lugares donde el viento sopla con una intensidad parecida todo el tiempo, a fin de optimizar su rendimiento.

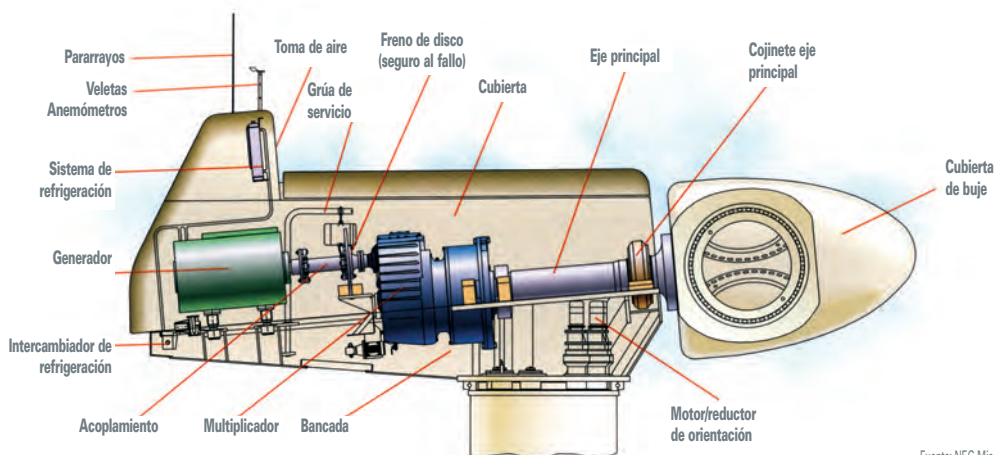
Los primeros aerogeneradores tenían rendimientos escasos, del orden del 10%, pero los actuales cuentan con sofisticados sistemas de control que les permiten alcanzar rendimientos próximos al 50%. Un porcentaje muy alto si tenemos en cuenta que la fracción máxima de la energía del viento que puede capturar un aerogenerador es del 59%, según demostró el físico alemán Albert Betz en 1919.

*Máquina de 3,6 MW de Ge Wind, instalada en la provincia de Albacete y cuya energía comercializa Iberdrola. Este aerogenerador se instaló inicialmente para probar su funcionamiento cara a futuros parques en el mar.*



© GE Wind Energy

## Componentes de un aerogenerador (NEG Micon Multi Power 48)



Fuente: NEG Micon



*Antes de su instalación, los aerogeneradores son sometidos a multitud de pruebas para determinar su rendimiento y fiabilidad.*

## Componentes

La inmensa mayoría de los aerogeneradores modernos son tripalas y de eje horizontal. Se ha demostrado científicamente que este número de palas es el idóneo ya que cuanto mayor es el número de palas, el rendimiento es menor porque cada pala “choca” con las turbulencias dejadas por la pala anterior, lo que frena su movimiento.

■ **Torre.** Soporta la góndola y el rotor. Puede ser tubular o de celosía (estas últimas, aunque más baratas, están en desuso ya que las tubulares son mucho más seguras). El grosor y la altura de la torre varían en función de las características de la turbina. Por ejemplo, una turbina típica de 850 KW suele tener una torre de 40 a 60 metros (la altura de un edificio de unas 15 plantas).

■ **Rotor.** Es el conjunto formado por las palas y el eje al que van unidas, a través de una pieza llamada buje. Las palas capturan el viento de manera perpendicular a su dirección, gracias a un sistema que coloca automáticamente el rotor en esa posición, y transmiten su potencia hacia el buje. El buje está conectado, a su vez, mediante otro eje al multiplicador, incluido dentro de la góndola.

■ **Las palas** se parecen mucho a las alas de un avión (de hecho, los diseñadores usan a menudo perfiles clásicos de alas de avión como sección transversal de la parte más exterior de la pala). Sin embargo, los perfiles gruesos de la parte más interior de la pala suelen estar específicamente diseñados para turbinas eólicas. La mayoría están fabricadas con poliéster o epoxy reforzado con fibra de vidrio.

■ **Góndola.** Contiene, entre otros componentes, el generador eléctrico, el multiplicador y los sistemas hidráulicos de control, orientación y freno. El multiplicador funciona de manera similar a la caja de cambios de un coche, multiplicando unas 60 veces, mediante un sistema de engranajes, la velocidad del eje del rotor. Así se consigue comunicar al eje del



alternador una velocidad de 1.500 revoluciones por minuto, lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico, cuyo cometido es convertir la energía mecánica del giro de su eje en energía eléctrica.

La **veleta** y el **anemómetro**, situados en la parte posterior de la góndola, miden la dirección y la velocidad del viento en cada instante y mandan ordenes a los sistemas de control que accionan el aparato para que el rotor y las aspas se sitúen en la posición óptima contra el viento.

La góndola incluye, además, un sistema de **“cambio de paso”**, que hace girar la posición de las palas de manera que recojan el viento de la forma óptima en cada momento. Este sistema también se utiliza para frenar el rotor cuando es necesario.

En cuanto a la electricidad producida en el generador, ésta baja por unos cables a un convertidor, donde es transformada y enviada a la red eléctrica de forma óptima, sin fluctuaciones.

## Otras tecnologías eólicas

*En esto del diseño industrial siempre hay aportaciones que se salen de los cánones al uso. He aquí algunos ejemplos de ello:*

■ **Aerogeneradores traslación.** (foto derecha) Se trata de un sistema que empezó a ensayarse a principios del siglo XX y que ahora ha sido mejorado por la firma vasca Enerlim. El sistema se monta sobre dos o más columnas, colocadas en los vértices de un polígono, a las que se unen una serie de poleas-alternador que guían un anillo de cable de acero que las rodea. Las palas, que tampoco tienen nada que ver con las habituales, van sujetas perpendicularmente a los cables. Cuando sopla el viento captan su energía, el cable se pone en marcha y las poleas-alternador entran en funcionamiento. Entre sus ventajas, Enerlim destaca que su máquina aprovecha vientos demasiado bajos para las turbinas clásicas.

■ **Aerogeneradores Darrieus.** (foto izquierda). Su característica principal es que el eje de rotación se encuentra en posición perpendicular al suelo. La única turbina de estas características que ha tenido éxito comercial fue patentada por el ingeniero francés Darrieus en 1931 y producida por la firma estadounidense Flo Wind hasta que quebró en 1997. La máquina incluye dos o tres palas en forma de C que giran alrededor del eje y tiene las ventajas de que los equipos de conversión y control están en la base del grupo y el aerogenerador no tiene que orientar su posición según la dirección del viento. En contrapartida, como la velocidad de viento es menor al nivel del suelo, el rendimiento es bajo.

■ **Aerogeneradores bipala.** Ahorran el coste de una pala y, por supuesto, su peso. Sin embargo, necesitan una mayor velocidad de giro para producir la misma energía de salida, lo que supone una desventaja tanto en lo que respecta al ruido como al aspecto visual. Los aerogeneradores monopala tienen, en grado aún mayor, este mismo problema.



*En la actualidad, la preservación del entorno y de los valores de la zona es una de las máximas que rigen en la instalación de parques eólicos.*

## INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

En los últimos 20 años, la tecnología eólica ha evolucionado a un ritmo vertiginoso, pasando de aerogeneradores de potencia unitaria de decenas de kilovatios hasta máquinas de potencia nominal superior al megavatio. Además, el peso de los aerogeneradores se ha reducido a la mitad así como el nivel de ruido, y la producción de energía anual ha aumentado 100 veces en 15 años.

Los modelos que se instalan en la actualidad son, por lo general, tripala, de paso variable (este sistema permite una producción óptima con vientos bajos y una reducción de cargas con vientos altos) de alta calidad en el suministro eléctrico y bajo mantenimiento. Preparadas para optimizar los recursos eólicos de un emplazamiento determinado, la vida útil de estas máquinas es, como mínimo, de 20 años (si se compara con un motor de



© ENECANT



© EHN



*Las turbinas eólicas tienen una vida útil de, al menos, 20 años.  
Abajo, parque eólico en Tarifa (Andalucía), zona pionera en la instalación  
en España de aerogeneradores.*

automóvil ordinario, éste sólo funcionará durante unas 5.000 horas a lo largo de su vida útil). Los modernos aerogeneradores tienen, además, un factor de disponibilidad de alrededor del 98%. Es decir, están operativos y preparados para funcionar durante una media superior al 98% de las horas del año, y sólo necesitan una revisión de mantenimiento cada seis meses.

### LOS PARQUES EÓLICOS

La explotación de la energía eólica se lleva a cabo, fundamentalmente, para la generación de electricidad que se vende a la red y ello se hace instalando un conjunto de molinos aerogeneradores que forman un parque eólico. Cada parque cuenta con una central de control de funcionamiento que regula la puesta en marcha de los aerogeneradores, controla la energía generada en cada momento, etc.





*Pese a lo que pueda parecer a simple vista, los parques eólicos ocupan muy poco suelo (mucho menos que una planta térmica, por ejemplo)*

Las principales razones por las que se instalan parques eólicos son que el agrupamiento de las turbinas permite aprovechar mejor las posibilidades energéticas del emplazamiento, reducir costes y evacuar la energía desde un solo punto, con lo que se reduce el número de líneas de transporte y se minimizan impactos ambientales.

### REQUISITOS PARA SU INSTALACIÓN

Antes de poner en marcha un parque eólico, los promotores se aseguran de que el lugar disfruta de las condiciones adecuadas. Para ello, estudian previamente múltiples aspectos, aunque el más importante es, lógicamente, la velocidad del viento, ya que va a determinar la cantidad de energía que un aerogenerador puede transformar en electricidad. Esta cifra dependerá de la densidad del aire (masa por unidad de volumen), de manera que cuanto "más pesado" sea el aire más energía recibirá la turbina. A modo de referencia: con una velocidad de viento media de 6,75 m/s a la altura del buje, obtendrá alrededor de 1,5 millones de kWh de energía anuales.

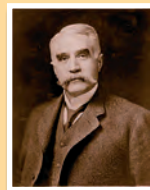
También es de vital importancia conocer las turbulencias del aire (que se producen, sobre todo, en áreas muy accidentadas), ya que disminuyen la posibilidad de utilizar eficazmente la energía del viento y provocan mayores roturas y desgastes en la turbina eólica.

Los parques eólicos deben pasar, además, un examen previo de carácter medioambiental, en el que se analizan multitud de factores —estudios geohidrológicos de la zona, impacto de las obras y de los tendidos eléctricos, afectaciones a la fauna y flora y a los valores culturales e históricos del enclave, impacto visual...— que determinan



## Pioneros de la eólica

*A Charles F. Brush (1849-1929), uno de los fundadores de la industria eléctrica*



*americana, le debemos la primera turbina eólica para generación de electricidad. Era un gigante de 144 palas fabricadas en madera de cedro. Funcionó durante 20 años y cargó las baterías en el sótano de su mansión. Pero fue el danés Poul la Cour (1846-1908) el que verdaderamente confirmó que el viento podía ser una fuente de electricidad. La Cour descubrió que las turbinas eólicas de giro rápido con pocas palas son más eficientes para la producción de electricidad así que construyó varias de estas turbinas, utilizándolas para producir electrólisis y obtener hidrógeno para las lámparas de gas de su escuela.*

*Más tarde, durante la segunda guerra mundial, una compañía danesa comenzó a fabricar*



*aerogeneradores bi y tripala, y en los años 50 aparecieron, también en Dinamarca, las primeras turbinas de corriente alterna. Aún así, hubo que esperar a la primera crisis del petróleo (1973) para que despertara un interés real por la energía eólica. El problema era que las turbinas eran muy caras, lo que les restó aceptación.*

*La generación de aerogeneradores de 55 kW que fueron desarrollados en 1980 supuso, por fin, el despegue industrial y tecnológico para los modernos aerogeneradores, que ahora llegan a alcanzar potencias unitarias superiores a los 2 MW (algunos prototipos incluso llegan a los 5 MW).*



Foto: EPA



*Los pequeños aerogeneradores tienen múltiples aplicaciones. Para el mar quedan las grandes turbinas, de varios megavatios de potencia.*



si el lugar elegido para situarlo es adecuado y las medidas correctoras que se deben realizar (restauración de la cubierta vegetal, utilización de materiales autóctonos en la construcción de edificaciones, enterramiento de tendidos, etc.).

## RENTABILIDAD

Los grandes avances de la tecnología eólica han permitido que el precio de los aerogeneradores haya bajado en torno al 30% desde 1990. Esto, unido, a la mejora de las condiciones de la venta de la energía producida a la red, ha propiciado que la inversión media por kW instalado se situara en el año 2001 en torno a los 960 euros, cuando en 1998 era de 1.500 euros.

Sin embargo, en los países donde ya existe una explotación importante de la energía eólica, caso de España, estos beneficios podrían quedar

reducidos en el futuro debido a que los enclaves con vientos más veloces han empezado a escasear. El precio de los nuevos aerogeneradores multimegavatios, mejor preparados para trabajar en peores condiciones de viento pero también más caros, es otro elemento que eleva los costes. En estas nuevas condiciones, la inversión necesaria para instalar un parque eólico creció en 2005 a 1.150 euros por kW.

## PEQUEÑOS AEROGENERADORES

Las grandes turbinas pueden resultar inadecuadas para determinados emplazamientos. En zonas donde la red eléctrica es débil, por ejemplo, los pequeños aerogeneradores pueden resultar mucho más interesantes, ya que hay menos fluctuación en la electricidad de salida de un parque eólico compuesto de varias máquinas pequeñas. El coste de usar grandes grúas, y de construir carreteras adecuadas para transportar los componentes de la turbina, puede hacer, asimismo, que en algunas áreas las máquinas pequeñas resulten más económicas.

Los aerogeneradores de pequeña o media potencia se utilizan con muchos otros fines: generación de electricidad en lugares aislados de la red (casas, explotaciones agrarias, refugios de alta montaña, etc.), en pequeñas instalaciones industriales, para bombeo y riego, para alimentar repetidores aislados de telefonía o televisión, cargar baterías o faros, mover embarcaciones, en sistemas de alarma....

## PARQUES EN EL MAR

La mayoría de los países que han alcanzado un alto desarrollo eólico tienen ahora las miras puestas en el mar (parques *offshore*). Para 2013, Alemania espera contar con 1.200 MW eólicos instalados en el mar; mientras que en Dinamarca el objetivo es tener una potencia *offshore* instalada de 4.000 MW. Otros países europeos, como Reino Unido, Holanda e Irlanda, empiezan a insta-



© Nestis



© Esem



© Esem

*La demanda energética en el mundo aumenta cada año. La eólica es una tecnología madura y sostenible, capaz de atender una parte significativa de esa demanda.*

lar también aerogeneradores frente a sus costas, o como Francia, que tiene planes para hacerlo.

Los costes de construcción de estos parques son muy superiores, pero también lo es la producción de energía (gracias a que en el mar los vientos son más fuertes y constantes), por lo que esta tecnología tiene un futuro prometedor. Muy en especial en países con una alta densidad de población, con las consiguientes dificultades para encontrar un emplazamiento apropiado en tierra.

En España, según un informe de Greenpeace, es posible instalar 25.000 MW eólicos en el mar de aquí hasta el año 2030 en diferentes lugares de nuestras costas. Sin embargo, fuentes del sector consideran poco realistas las posibilidades del desarrollo del offshore en nuestro país por la profundidad de nuestra plataforma continental costera (que encarece los costes por cimentación y estructura), por las fuertes corrientes marinas (que provocan erosión) y por el elevado aprovechamiento turístico de nuestras costas.

## Desalación de agua marina

*La energía eólica puede ser utilizada, también, para aportar la energía que necesitan las plantas encargadas de potabilizar el agua del mar. De hecho, ya se está haciendo en Canarias y en otras zonas del Atlántico y del Mediterráneo, donde la escasez de agua dulce es un problema que, además de afectar a la población, provoca sobreexplotación de los acuíferos y la proliferación de plantas desaladoras que utilizan tecnologías industriales mucho más contaminantes que la eólica.*

*Hasta el momento los parques eólicos con estos fines se instalan en la costa, pero existe la posibilidad de situarlos en el mar, lo que permitiría aprovechar el recurso eólico en mayor cantidad y calidad y facilitaría la dispersión de la sal de una forma menos impactante para el medio natural.*

## BENEFICIOS DE LA ENERGÍA EÓLICA

### Ambientales

■ La energía eólica no deja ningún tipo de residuos ni de emisiones dañinas para el medio ambiente

■ Cada kWh producido con energía eólica tiene 26 veces menos impactos que el producido con lignito, 21 veces menos que el producido con petróleo, 10 veces menos que el producido con energía nuclear y 5 veces menos que el producido por gas. (fuente: estudio CIEMAT/IDAE/APPA).

■ En 2005, el parque eólico español contribuyó a disminuir la importación de combustibles fósiles y a conseguir un ahorro de más de 728 millones de euros. También emitió la emisión de 14,7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Se estima que hasta 2010 la eólica evitará la emisión de más de 121 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. (Fuente: Asociación Empresarial Eólica)

■ Los modernos aerogeneradores recuperan rápidamente toda la energía gastada en su fabricación, instalación, mantenimiento y desmantelamiento. Bajo condiciones de viento normales, a una turbina le cuesta entre dos y tres meses recuperar esa energía (fuente: Asociación danesa de la Industria Eólica).

■ Los parques eólicos son compatibles con otros usos y son instalaciones que, tras su clausura y desmantelamiento, no dejan huella y el suelo recupera su apariencia original.

### Socioeconómicos

■ El actual parque eólico español genera electricidad equivalente a la que consumen más de tres millones de familias (fuente: IDAE) y evita importaciones de petróleo o de gas que suponen el más gravoso coste de nuestra economía.

■ La eólica es la tecnología renovable que más empleo ha creado hasta el momento. La Asociación Europea de la Energía Eólica (EWEA) estima que en el 2006 el sector dará empleo ya a 150.000 trabajadores en el mundo.





Worldwatch Institute ofrece unas cifras aún mas contundentes: para una misma unidad energética producida la energía eólica emplea 542 trabajadores, la térmica 116 y 100 la nuclear. En España, según los últimos datos disponibles, la eólica ha contribuido a la creación de más de 31.500 empleos (entre directos e indirectos).

■ El crecimiento de la energía eólica en España está propiciando, además, desarrollo tecnológico y nuevas oportunidades de negocio para la industria.

■ Los aerogeneradores no requieren un suministro de combustible posterior. Por tanto, son idóneos para los países en vías de desarrollo, contribuyendo a su crecimiento y a luchar contra la pobreza.

### ¿ESTÁN JUSTIFICADAS LAS CRÍTICAS?

Hoy nadie se manifiesta contrario al desarrollo de la energía eólica, pero también tiene algunos detractores que critican esta fuente de energía por los supuestos impactos negativos que causa:

■ **Paisaje.** Los aerogeneradores son siempre elementos visibles en el paisaje. De lo contrario, no están situados adecuadamente desde un punto de vista meteorológico. En consecuencia, provocan un impacto paisajístico, aunque mientras para unos ese impacto es positivo, otros lo consideran inasumible (por tanto, se trata de una cuestión ligada a percepciones individuales). En cualquier caso, la creación de los parques eólicos está sujeta a las pertinentes actuaciones para evitar daños en la vegetación y restaurarla, cerrar los caminos al paso de vehículos, etc.

■ **Aves.** Otros aspectos criticados son las supuestas afecciones que causan a la flora y fauna, en especial a la aves. En este terreno, lo mejor es guiarse por los estudios científicos, como los realizados en la Comunidad Foral de Navarra entre marzo de 2000 y marzo de 2001. Estos estudios han determinado una tasa de colisiones

*La eólica es, entre las renovables, la que más crece en todo el mundo. España, con 10.000 MW instalados (2005) es un artífice destacadísimo de ese incremento.*

de aves del 0,1%. Estudios semejantes realizados en Dinamarca han concluido que las aves se acostumbran rápidamente a los aerogeneradores y desvían su trayectoria de vuelo para evitarlos.

■ **Suelo.** Los aerogeneradores y los caminos de acceso ocupan menos del 1% del área de un parque eólico típico. El 99% restante puede ser utilizado para agricultura y pasto, como suele hacerse.

■ **Ruido.** La contaminación acústica provocada por los aerogeneradores de los 80 ha dejado de ser considerado un problema ya que las emisiones sonoras de actuales turbinas se han reducido por debajo de la mitad.

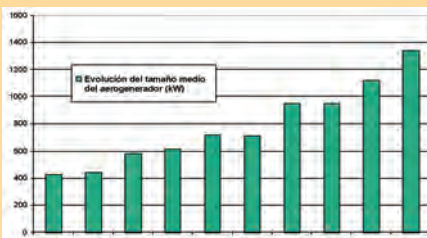
## UNA TECNOLOGÍA LLENA DE FUTURO

La energía eólica es una realidad creciente, tanto en tierra como en mar, con un amplio potencial para convertirse en una parte importante en la sustitución de las energías sucias por energías limpias. En el documento "Perspectivas globales de la energía eólica", editado por Greenpeace y el Consejo Mundial de Energía Eólica, se plantea como objetivo que en el año 2050 más de un tercio de la electricidad consumida en el mundo proceda de la energía eólica. Para lograr este objetivo es necesario, no obstante, que los países más industrializados (y, por tanto, los que demandan más electricidad) apoyen esta fuente de energía con medidas claras y se involucren de manera decidida en su desarrollo.

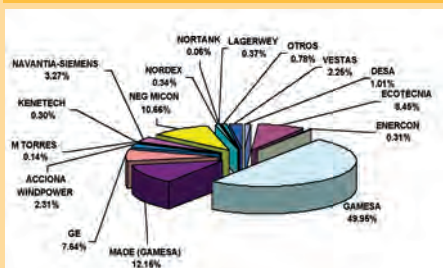




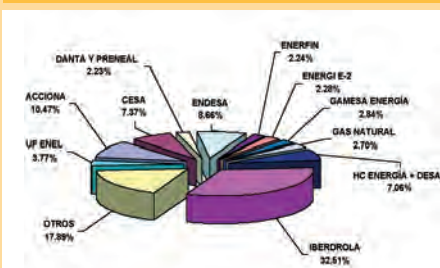
## Evolución anual del tamaño medio del aerogenerador



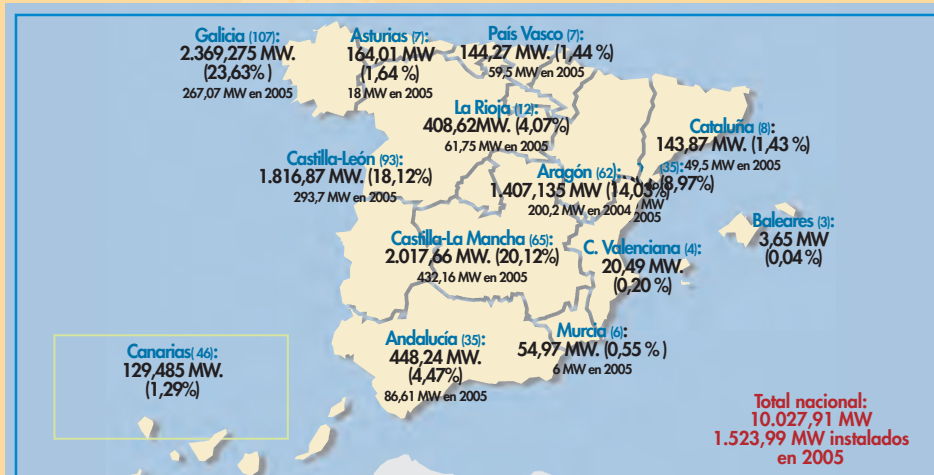
## Reparto por fabricantes de la potencia eólica acumulada a finales de 2005



## Reparto por promotores de la potencia eólica acumulada a finales de 2005



## Potencia instalada por CCAA y aportación (%) al total nacional



*En los últimos años se ha creado en España una industria muy importante de fabricación de aerogeneradores, que cubre desde la propia turbina hasta todos sus componentes.*

Según la consultora BTM —cuyos análisis son una de las principales referencias del sector—, entre 2003 y 2007 la energía eólica tendrá un crecimiento medio anual del 11,2% y durante ese periodo serán instalados 51.000 nuevos MW. Europa seguirá siendo el principal protagonista, gracias, sobre todo, a la instalación de parques eólicos en el mar.

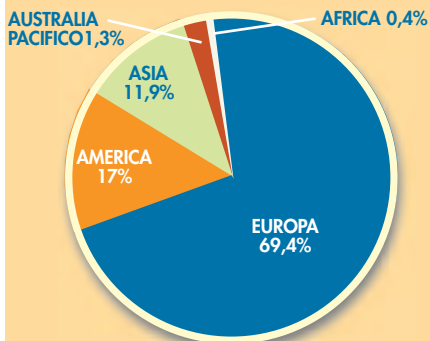
BTM calcula que al finalizar 2007, habrá conectados a la red eléctrica mundial 83.000 MW eólicos, de los cuales 58.600 MW estarán en el Viejo Continente. Para 2012, tres factores combinados —mejoras tecnológicas y molinos de hasta 6 MW de tamaño, crecimiento de la demanda eléctrica y aplicación del Protocolo de Kyoto—, permitirán que haya instalados 177.000 MW eólicos, según la consultora. Una cifra que aún siendo llamativa equivaldrá, sólo, al 2% del total del consumo eléctrico previsto para esa fecha.

El consorcio europeo Eufores estima, por su parte, que en 2007 el mercado mundial de aerogeneradores ascenderá a 12.000 millones de euros.



© Gerdrola

## Cuotas de mercado por continentes



## La Europa eólica en MW (2005)





## Potencia eólica instalada (MW) por continentes (31-12-2005)

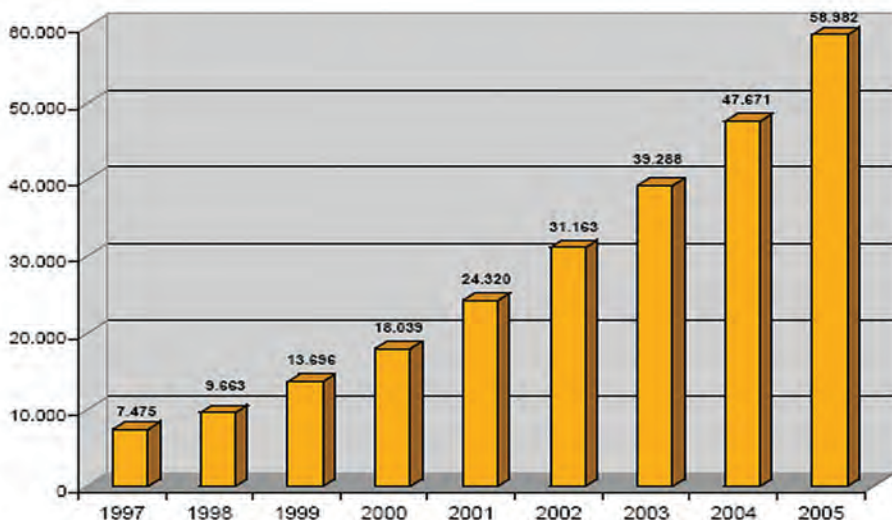
	Pot. en 2005	% en 2005	Pot. en 2004	% en 2004
Europa	40.932	69,4	34.758	72,9
África	252	0,4	240	0,5
América	10.036	17,0	7.367	15,5
Asia	7.022	11,9	4.759	10,0
Australia Pacífico	740	1,3	547	1,1
<b>Total Mundo</b>	<b>58.982</b>	<b>100</b>	<b>47.671</b>	<b>100</b>

\* Fuente: World Wind Energy Association (WWEA)

## La eólica hoy en el mundo

- 2005 ha sido hasta el momento el mejor año para la energía eólica en el mundo, con 11.407 MW de capacidad instalada, lo que supuso incrementarla un 40% respecto a los niveles de 2004.
- La industria eólica viene creciendo un 20,5% anualmente desde hace cinco años.
- Europa es la zona del mundo con mayor capacidad eólica instalada, seguida de Estados Unidos, si bien los mayores incrementos se están dando en China e India.
- La compañía española Gamesa ocupa ya la tercera posición mundial, tras las alemanas Vestas y Enercom

## Potencia instalada 2005



## Centros de investigación sobre energía eólica en España

**CIEMAT. Dpto. de Energías Renovables**  
Sistemas autónomos  
Test pequeños aerogeneradores  
Sistemas de almacenamiento  
Predicción del recurso eólico  
[www.ciemat.es](http://www.ciemat.es)

**CENER (CIEMAT). Centro Nacional de Energías Renovables**  
Test aerogeneradores  
Desarrollo componentes  
Predicción del recurso eólico  
Generación de hidrógeno a partir de energía eólica  
[www.cener.com](http://www.cener.com)

**ITC. Instituto Tecnológico de Canarias.**  
Sistemas híbridos  
Bombas de agua  
Desalación agua de mar  
Pequeñas turbinas  
[www.itccanarias.org](http://www.itccanarias.org)

**ITER. Instituto Tecnológico y de Energías Renovables.**  
**Santa Cruz de Tenerife**  
Sistemas híbridos  
Bombas de agua  
Desalación agua de mar  
Pequeñas turbinas  
[www.iter.es](http://www.iter.es)

**Univ. Politécnica de Madrid. ETSII y ETSIA**  
Recursos de viento  
Estelas en turbinas  
Modelaje plantas eólicas  
Turbulencias del viento  
Integración en la red  
Sistemas velocidad variable  
Componentes para palas  
[www.upm.es](http://www.upm.es)

**Univ. de Vigo. ETSII**  
Integración en la red  
Sistemas eléctricos velocidad variable  
[www.uvigo.es](http://www.uvigo.es)

**Univ. Carlos III. Madrid. Departamento de Ingeniería Eléctrica**  
Integración en la red  
Sistemas eléctricos velocidad variables  
[www.uc3m.es](http://www.uc3m.es)

**Univ. de Valladolid. ETSII**  
Generadores PMG  
[www.uva.es](http://www.uva.es)

**Univ. de Sevilla. ETSII**  
Control aerogeneradores  
[www.us.es](http://www.us.es)

**Univ. de Mondragón. Dpto. Electrónica. Escuela Politécnica Superior**  
Control turbinas  
[www.eps.muni.es](http://www.eps.muni.es)

**Univ. Pública de Navarra**  
Iluminación en turbinas  
[www.unavarra.es](http://www.unavarra.es)

**Univ. de Zaragoza. Dpto. Ingeniería Eléctrica.**  
Calidad de la potencia  
[www.unizar.es](http://www.unizar.es)

**Fundación LEIA. Centro de Desarrollo Tecnológico (Alava)**  
Pequeñas turbinas  
[www.leia.es](http://www.leia.es)

**Fundación FATRONIK (Guipúzcoa)**  
Pequeñas turbinas  
Sistemas autónomos  
[www.fatronik.com](http://www.fatronik.com)

**Fundación SOTAVENTO Galicia**  
Promoción, divulgación formación, fomento e investigación de todos los aspectos relacionados con las energías renovables.  
[www.sotaventogalicia.com](http://www.sotaventogalicia.com)

## Más información

- **Asociación Europea de la Energía Eólica (EWEA).**  
[www.ewea.org](http://www.ewea.org)
- **Asociación Americana de la Energía Eólica (AWEA).**  
[www.awea.org](http://www.awea.org)
- **Asociación Empresarial Eólica:**  
[www.aeeolica.org](http://www.aeeolica.org)
- **Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA).**  
[www.appa.es](http://www.appa.es)
- **Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE).**  
[www.idae.es](http://www.idae.es)
- **Revista Energías Renovables.**  
[www.energias-renovables.com](http://www.energias-renovables.com)
- **Agencia Internacional de la Energía.**  
[www.ieawind.org](http://www.ieawind.org)

## Créditos

**“Energías Renovables para todos”**  
*es una colección elaborada por*  
**Haya Comunicación, editora de la revista**  
**“Energías Renovables”**  
([www.energias-renovables.com](http://www.energias-renovables.com)),  
con el patrocinio de Iberdrola.

- **Dirección de la colección:**  
Luis Merino / Pepa Mosquera
- **Asesoramiento:**  
Iberdrola, Gonzalo Sáenz de Miera
- **Diseño y maquetación:**  
Fernando de Miguel
- **Redacción de este cuaderno:**  
Pepa Mosquera
- **Impresión:** Sacal

## Energías renovables para todos

La energía eólica tiene su origen en el sol, ya que éste es el responsable de que se produzca el viento, el recurso energético utilizado por esta fuente energética limpia, autóctona e inagotable. Utilizar la energía eólica contribuye a reducir la emisión de gases perjudiciales para la atmósfera, consumir menos combustibles fósiles, asegurar el suministro energético, preservar el medioambiente y propiciar el desarrollo socioeconómico.



**Energy Management Agency**

**Intelligent Energy**



**Europe**