



# aper

**ASOCIACION PARAGUAYA  
DE ENERGIAS RENOVABLES**

Río de Janeiro 1270  
Teléfono: (021) 228-583  
E-mail: [info@aper.org.py](mailto:info@aper.org.py)  
Asunción - Paraguay

**ENERGIA EOLICA**



Como la mayor parte de las energías renovables, la eólica tiene su origen en el sol. Entre el 1 y el 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento, debido al movimiento del aire ocasionado por el desigual calentamiento de la superficie terrestre. Excluyendo las áreas con valor ambiental, esto supone un potencial de energía eólica de 53 TWh/año, cinco veces más que el actual consumo eléctrico en el mundo. Por tanto, en teoría, la energía eólica permitiría atender sobradamente las necesidades energéticas del mundo.

#### El aerogenerador

Las máquinas empleadas para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores. Estos se dividen en dos grupos: los de eje horizontal y los de eje vertical. El aerogenerador de eje horizontal, considerado el más eficiente, es, con diferencia, el más empleado en la actualidad.

#### Cómo funciona

Las turbinas extraen la energía del viento utilizando una tecnología que se asemeja a la de los aviones o helicópteros. Sus componentes fundamentales son:

**Rotor.** Incluye el buje y las palas (por lo general tres). Éstas capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje, que está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador. Ese eje, a su vez, conecta el buje del rotor al multiplicador.

**Góndola.** Contiene, entre otros componentes, el generador eléctrico, el multiplicador y los sistemas hidráulicos de control, orientación y freno. El multiplicador tiene a un lado el eje de baja velocidad y al otro un eje de velocidad alta, que gira a 1.500 revoluciones por minuto, lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Una veleta situada en la parte posterior de la góndola mide la velocidad del viento en cada instante y manda unas 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 electricidad producida en el generador baja por unos cables a la mini estación, para ser transformada y enviada a la red.

**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). Una turbina típica de 600 kW suele tener una torre de 40 a 60 metros (la altura de un edificio de 13 a 20 plantas).



### TECNOLOGIA

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.

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 automóvil ordinario, éste sólo funcionará durante unas 5.000 horas a lo largo de su vida útil).

La mayor parte de los fabricantes nacionales e internacionales posee certificados que garantizan la calidad en sus sistemas de diseño y fabricación de elementos. Para su diseño se utilizan algunas de las técnicas de la industria aeronáutica, pero sus diseñadores tienen que desarrollar nuevos métodos y modelos de simulación por ordenador para tratar otros aspectos.

### LOS PARQUES EOLICOS

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 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.

### REQUISITOS PARA LA INSTALACION

Obviamente, 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

### 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 sitúe hoy en torno a los 870 euros, cuando hace tres años era de 1.500 euros. La partida más importante en los costes de puesta en funcionamiento de un parque es la de los aerogeneradores, que suele suponer el 75%.



## BENEFICIOS DE LA ENERGIA EOLICA

**Ambientales** El estudio "Impactos Ambientales de la Producción Eléctrica", auspiciado por el IDAE, el CIEMAT, cinco gobiernos autónomos y APPA, demuestra que el kWh producido con energía eólica tiene 26 veces menos impactos que el producido con lignito, 21 veces menos que el producido con petróleo o 10 veces menos que el producido con energía nuclear. APPA añade que el actual parque eólico español evita la emisión de 5.000.000 toneladas/año de CO<sub>2</sub> y sustituye 620.000 Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP). Además, 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, según la Asociación danesa de la Industria Eólica. Otros beneficios de la eólica son que apenas ocupa suelo, es compatible con otros usos y es una instalación reversible (tras su clausura, devuelve al suelo su apariencia original).

**Socioeconómicos.** El actual parque eólico español genera electricidad para 1.400.000 de familias y evita importaciones de petróleo o de gas que suponen el más gravoso coste de nuestra economía. La eólica es, asimismo, la tecnología renovable que más empleo ha creado hasta el momento. Según estudios de CC.OO., cerca de 5.000 puestos de trabajo directos y unos 8.000 indirectos, que pueden convertirse en 8.000 y 12.000 respectivamente con el cumplimiento del Plan de Fomento de las Energías Renovables. El desarrollo de la eólica en España está permitiendo, además, el desarrollo tecnológico en nuestra país y nuevas oportunidades de negocio para la industria.

## IMPACTOS

**Paisaje.** Los aerogeneradores son siempre elementos altamente 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 ambientales para evitar y restaurar la vegetación, cerrar los caminos al paso de vehículos, etc.

**Fauna y flora.** 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 el que está realizando la Consejería de Medio Ambiente de Navarra sobre la relación entre la avifauna y los parques eólicos de la Comunidad foral. Las conclusiones de la primera fase del trabajo, desarrollada entre marzo de 2000 y marzo de 2001, han determinado una tasa de colisiones 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.

**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.



### PEQUEÑOS AEROGENERADORES

No siempre lo grande es mejor. Las grandes turbinas, particularmente bien adaptadas para la energía eólica en el mar, resultan 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. A ello hay que añadir el excelente recurso que suponen para cubrir las necesidades eléctricas en lugares aislados de la red.

### LOS PIONEROS DE LA INDUSTRIA EOLICA

A Charles F. Brush (1849-1929), uno de los fundadores de la industria eléctrica americana, le debemos la primera turbina 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. El danés Poul la Cour (1846-1908) descubrió poco más tarde que las turbinas eólicas de giro rápido con pocas palas son más eficientes para la producción de electricidad. La Cour construyó varias de ellas y las utilizó para producir electrólisis y obtener así hidrógeno para las lámparas de gas de su escuela. 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. Pero no fue hasta la primera crisis del petróleo (1973) cuando despertó 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. Ahora, las miras están puestas en el mar. También en este caso Dinamarca ha ido marcando la pauta (su objetivo es contar con 4.000 megavatios de potencia instalados en el mar antes del 2027), pero otros países europeos, incluido España, tienen igualmente proyectos para instalaciones eólicas marinas.

