

Energía eólica

- I. Introducción.
- II. Aerogeneradores: Funcionamiento, tipos y constitución.
 - II.1. Funcionamiento
 - II.2. Tipos
 - II.3. Constitución
- III. Diseño de las instalaciones
- IV. Aplicaciones
- V. Ventajas e inconvenientes
- VI. Energía eólica en España
- VII. Energía eólica en el mundo
- Anexo I



www.opex-energy.com

Energía eólica

I. Introducción

La energía eólica tiene su origen en el viento, es decir, en el aire en movimiento. El viento se puede definir como una corriente de aire resultante de las diferencias de presión en la atmósfera (*se mueve desde las zonas de altas presiones a las de bajas presiones*) provocadas, en la mayoría de los casos, por variaciones de temperatura, debidas a las diferencias de la radiación solar en los distintos puntos de la Tierra.

Las variables que definen el régimen de vientos en un punto determinado son:

- Situación geográfica
- Características climáticas
- Estructura topográfica
- Irregularidades del terreno
- Altura sobre el nivel del suelo

Sólo un 2 % de la energía solar que llega a la Tierra se convierte en energía eólica, y sólo una parte de ella es aprovechable. Sin embargo, esta fuente podría satisfacer las necesidades de energía eléctrica. En el caso particular de España, la energía eólica ha sido la segunda fuente de generación de electricidad en el año 2014, siendo el cuarto país del mundo por potencia eólica instalada detrás de China, EEUU y Alemania. La potencia instalada a 31 de diciembre de 2014 en España era de **22.986,5 MW**

La energía del viento es de tipo *cinético* (debida a su movimiento); lo que hace que la potencia obtenida del mismo dependa de forma acusada de su velocidad, así como del área de la superficie captadora. Así, se transforma la energía *cinética* en otros tipos de energía (eléctrica en el caso de los aerogeneradores) o simplemente en su captación para generar movimiento (molinos, barcos de viento, etc)

Las máquinas eólicas encargadas de este fin se llaman **aerogeneradores, aeroturbinas o turbinas eólicas**.

II. Aerogeneradores: Funcionamiento, tipos y constitución.

II.1. Funcionamiento

Como hemos dicho, son máquinas que transforman la energía eólica en mecánica y eléctrica. Los aerogeneradores deben situarse en zonas geográficas favorables, eligiéndose cuidadosamente los emplazamientos con objeto de obtener la máxima energía del viento. Como la velocidad del viento aumenta con la altura, el rotor del aerogenerador se ha de situar lo más alto posible.

El funcionamiento es el siguiente: el viento incide sobre las palas del aerogenerador y lo hace girar. Este movimiento de rotación no es muy rápido, por lo que se usa un sistema multiplicador de velocidad antes de transmitirlo al generador. El generador producirá corriente eléctrica que se deriva hasta las líneas de transporte.

Como el viento no es constante (ni el consumo de electricidad), en muchas ocasiones la producción es mayor que la necesaria o no llega a cubrir la demanda.

II.2. Tipos

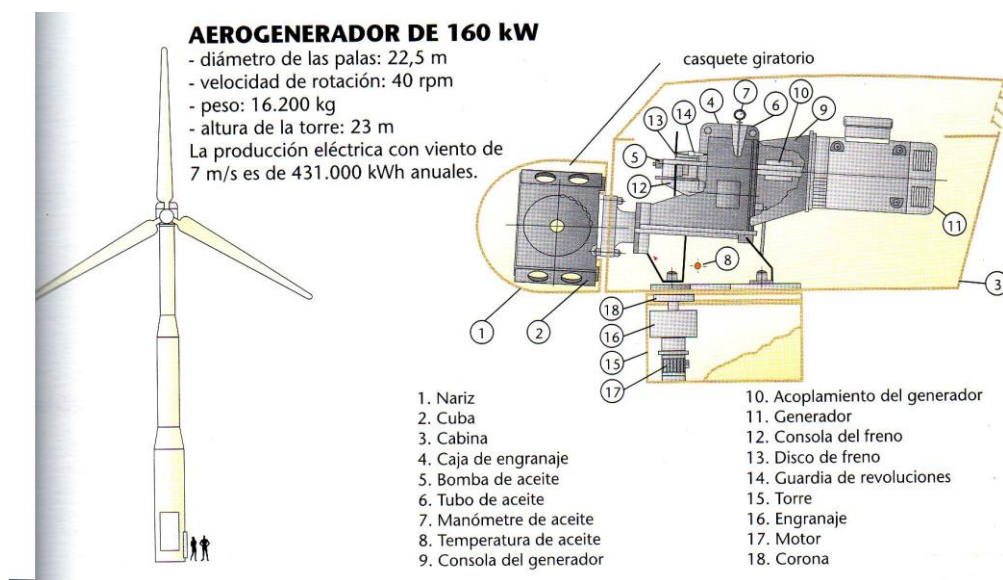
Los aerogeneradores se suelen clasificar en función de la posición del eje en torno al cual giran (eje horizontal o eje vertical) y de la potencia que generan.

Hay diferentes aerogeneradores:

1. **Aerogeneradores de eje horizontal:** son los más utilizados y desarrollados desde el punto de vista técnico y comercial. Deben mantenerse paralelos al viento, lo que exige una orientación previa, de modo que éste incida sobre las palas y haga girar el eje. Estos aerogeneradores pueden ser:
 - De potencia baja o media (hasta 50 kW): Suelen tener muchas palas (hasta veinticuatro). Se utilizan en el medio rural y como complemento para viviendas.
 - De alta potencia (más de 50 kW): Suelen tener como máximo cuatro palas de perfil aerodinámico, aunque normalmente tienen tres. Necesitan vientos de entre 5 m/s (*actualmente hay modelos que han reducido a 2,5m/s*) y 25 m/s (*actualmente hay modelos que han aumentado a unos 30m/s*). Tiene uso industrial, disponiéndose en parques o centrales eólicas. Actualmente, uno de los mayores aerogeneradores fabricados es el E-112, de la compañía ENERCON, con 6 MW de potencia nominal, 114m de diámetro y 124m de altura

El viento debe incidir perpendicularmente a la superficie del disco que forman las palas. Para orientar las palas se usan **veletas** y **motores** controlados por ordenador, el cual recibe información de la veleta acerca del viento.

Este tipo de aerogeneradores, pueden ser orientados a **barlovento** (el rotor está orientado de frente a la dirección dominante), o a **sotavento** (el viento dominante incide por la parte trasera del rotor). Los más eficientes, y por lo tanto los más utilizados, son los orientados a barlovento que, no tienen pérdidas por la estructura de la torre y la góndola. Algunos de pequeño tamaño son de tipo sotavento y orientación por veleta.

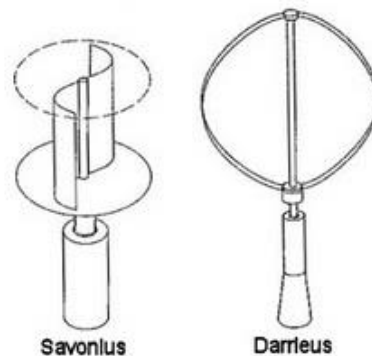
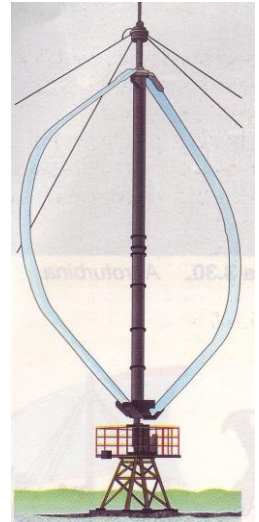


2. Aerogeneradores de eje vertical: Su desarrollo tecnológico está menos avanzado que los anteriores y su uso es escaso. No necesitan orientación y ofrecen menos resistencia al viento.

El funcionamiento de este tipo de aerogeneradores es similar al de los de eje horizontal. El viento incide sobre las palas del aerogenerador y lo hace girar, este movimiento de rotación se transmite al generador a través de un sistema multiplicador de velocidad. El generador producirá corriente eléctrica que se deriva hasta las líneas de transporte. Para asegurar en todo momento el suministro eléctrico, es necesario disponer de acumuladores.

Existen dos tipos:

- Aerogenerador Savonius.- Formada por dos semicilindros iguales. Se llama así por su inventor.
- Aerogenerador Darrieus.- Está formada por palas biconvexas y se llama así por su inventor.



3. Aerogeneradores marinos (offshore): También son aerogeneradores de eje horizontal, pero con unas características especiales de tamaño y cimentación.

La principal diferencia entre los aerogeneradores marinos y los terrestres está en la mayor dificultad tecnológica para la construcción y mantenimiento de parques marinos, a la vez que en su mayor capacidad para generar electricidad, ya que el recurso eólico es entre un 30 y un 50% superior en el mar que en la tierra.

Para una explicación más detallada, accede a la infografía de Eroski:

http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2010/06/30/194066.php

II.3. Constitución

Los elementos de que consta una máquina eólica son los siguientes:

- Soportes (torres o tirantes)
- Sistema de captación (rotor)
- Sistema de orientación
- Sistema de regulación (controlan la velocidad de rotación)
- Sistema de transmisión (ejes y multiplicador)
- Sistema de generación (generador)

Exteriormente se distinguen partes como la **torre** (elemento soporte que se sitúa sobre una cimentación de hormigón y que permite llevar el rotor a una altura adecuada), la **góndola** (aloja los distintos elementos para la transformación de la energía) o el **rotor** (formado por las **palas**, el **eje de baja velocidad** y el **buje** que une los elementos anteriores).

Las palas son los elementos más importantes, pues son las que reciben la energía del viento y se mueven gracias a su diseño aerodinámico. Están fabricadas con resina de poliéster y fibra de vidrio sobre una estructura resistente (a veces fibra de carbono o aramidas, pero son antieconómicas para grandes dimensiones), y su tamaño depende de la tecnología empleada y de la velocidad del viento.



<http://www.uruguayeduca.edu.uy>

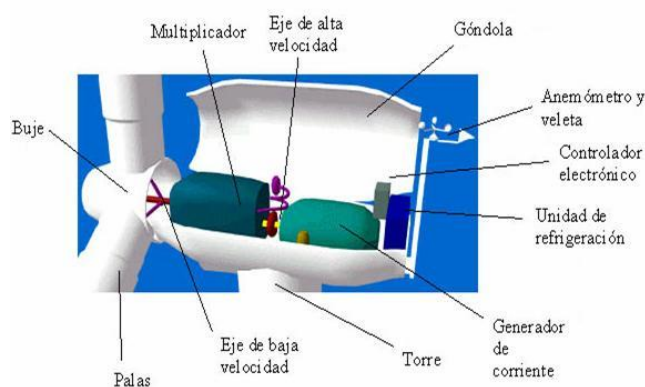
Dentro de la góndola encontramos distintos mecanismos encaminados a conseguir el giro del eje del generador (y por tanto, la generación de corriente eléctrica). También tendremos elementos que permitan orientar el aerogenerador, y un funcionamiento en condiciones de seguridad:

Sistema de orientación: corona, motor, controlador, etc. La veleta y el anemómetro proveen información para una correcta orientación o para desconectar el aerogenerador. Para conectar el aerogenerador el viento debe alcanzar aproximadamente 5 m/s (18 km/h). Si la velocidad del viento excede de 25 m/s (90 km/h), deberá desconectarse. Recuerda que estos valores se toman de manera genérica, pues según la potencia estos límites pueden variar.

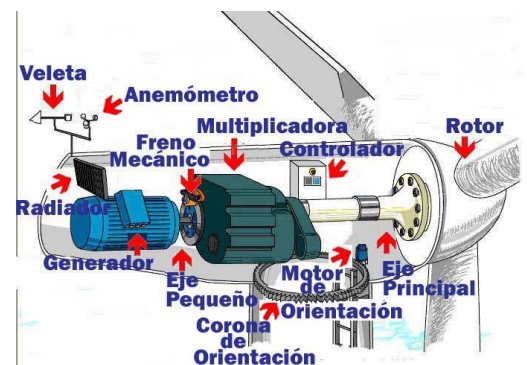
El **multiplicador** permite aumentar la velocidad: a su entrada se conecta con el eje de baja velocidad que está unido al buje. A su salida, se conecta al **generador** mediante el **eje de alta velocidad** (gira aproximadamente a 1.500 r.p.m.).

El generador transforma la energía mecánica en energía eléctrica. En función de la potencia del aerogenerador se utilizan **dinamos** (son generadores de corriente continua y se usan en aerogeneradores de pequeña potencia, que almacenan la energía eléctrica en baterías) o **alternadores** (son generadores de corriente alterna).

Otros elementos son el **sistema de frenado** o el de **refrigeración**.



www.windpower.org



ecovive.com/energia-eolica

III. Diseño de las instalaciones

En el diseño de una instalación eólica es necesario considerar tres factores:

- El emplazamiento
- El tamaño de la máquina
- Los costes

El **emplazamiento** elegido para instalar la máquina eólica ha de cumplir dos condiciones: el viento ha de soplar con regularidad y su velocidad ha de tener un elevado valor medio.

Es necesario disponer de una información meteorológica detallada sobre la estructura y distribución de los vientos. Las mediciones estadísticas deben realizarse durante un período mínimo de tres años, para poder obtener unos valores fiables, que una vez procesados permiten elaborar:

- *Mapas eólicos*: proporcionan una información de ámbito global del nivel medio de los vientos en una determinada área geográfica, situando las zonas más idóneas bajo el punto de vista energético
- *Distribuciones de velocidad*: estudio a escala zonal de un mapa eólico, que proporciona el número de horas al año en que el viento tiene una dirección y una velocidad determinadas
- *Perfiles de velocidad*: variación de la velocidad del viento con la altura respecto al suelo.

El **tamaño** de la máquina condiciona fuertemente los problemas técnicos. En el caso de las grandes plantas eólicas, el objetivo principal es conseguir unidades tan grandes como sea posible, con el fin de reducir los costes por kW obtenido, pero las grandes máquinas presentan problemas estructurales que sólo los puede resolver la industria aeronáutica. Para las pequeñas aeroturbinas, el problema es diferente; el objetivo técnico principal es la reducción de su mantenimiento, ya que su aplicación suele estar dirigida a usos en zonas aisladas.

El **coste**, si se desea producir energía eléctrica para distribuir a la red, es lógico diseñar una planta eólica mediana o grande, mientras que si se trata de utilizar esta energía de forma aislada, será más adecuado la construcción de una máquina pequeña, o acaso mediana.

El tamaño de la planta eólica determina el nivel de producción y, por tanto, influye en los costes de la instalación, dentro de los que cabe distinguir entre el coste de la planta (coste por kW) y el coste de la energía (coste por kWh).

IV. Aplicaciones

- Energía mecánica: Bombeo de agua y riego
- Energía térmica: Acondicionamiento y refrigeración de almacenes, refrigeración de productos agrarios, secado de cosechas, calentamiento de agua
- Energía eléctrica: aplicación más frecuente, pero que obliga a su almacenamiento o a la interconexión del sistema de generación autónomo con la red de distribución eléctrica

V. Ventajas e inconvenientes

Ventajas	Inconvenientes
Es una energía limpia, no emite residuos	El parque eólico exige construir infinidad de ellas, lo cual es costoso.
Reduce el consumo de combustibles fósiles, por lo que contribuye a evitar el efecto invernadero y la lluvia ácida, es decir, reduce el cambio climático	La producción de energía es irregular, depende del viento, su velocidad y duración. La instalación sólo puede realizarse en zonas de vientos fuertes y regulares. El terreno no puede ser muy abrupto.
Es gratuita e inagotable	Puede afectar a la fauna, especialmente aves, por impacto con las palas
	Contaminación acústica y visual

Desde este enlace puedes acceder a la infografía de Eroski sobre energía eólica:

http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2004/07/05/140148.php

VI. Energía eólica en España

Las zonas de mayor potencial son Canarias, Cádiz, Galicia y el Valle del Ebro, aunque las dos Castillas y Galicia son las comunidades con más potencia instalada. Se usan aerogeneradores con potencias entre 100 kW y 500 kW, típicamente. En la actualidad (2014) existen instalados unos 22.986,5MW en toda España (unos 28MW más que en 2013).

En el año 2013, la energía eólica cubrió el 21,1% de la demanda siendo, por primera vez, la primera fuente de electricidad en España. En los años anteriores había sido la nuclear, que en este año cubrió el 21%. En el año 2014 fue la segunda tecnología en el sistema eléctrico en 2014, con una producción de 51.138 GWh y una cobertura de la demanda eléctrica del 20,4%

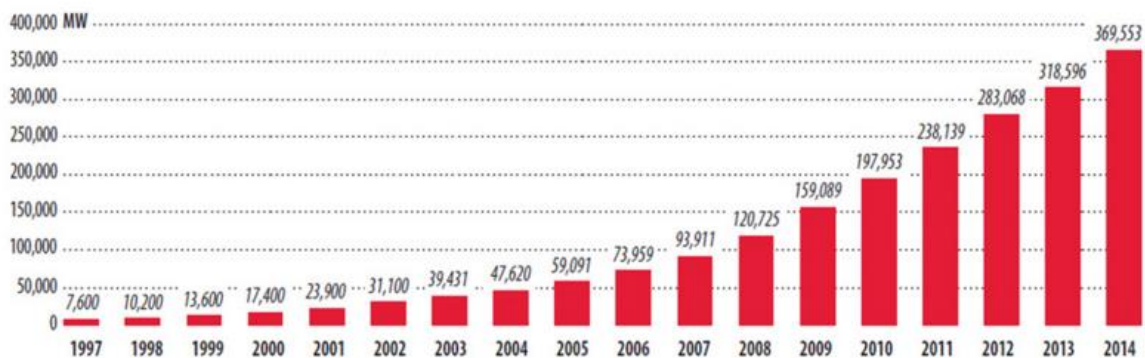
Ver enlace:

<http://www.aeeolica.org/es/sobre-la-eolica/la-eolica-en-espana/>

VII. Energía eólica en el mundo

La energía eólica instalada en el mundo creció un 44% en 2014, hasta situarse en 369.553 MW, según datos del Global Wind Energy Council (GWEC). China, Estados Unidos, Alemania y España son los primeros productores mundiales.

Potencia eólica instalada acumulada. 1997-2014



Fuente: GWEC

ANEXO I.- POTENCIA DE ENTRADA Y DE SALIDA PARA UN AEROGENERADOR

La potencia, P, de entrada de un aerogenerador, va a depender de una serie de factores, como son:

- ✓ Velocidad del viento, v (m/s)
- ✓ Superficie de captación, S (m²)
- ✓ Densidad del aire, d (kg/m³)

De la siguiente manera:

$$P = 1/2 \cdot d \cdot S \cdot v^3$$

Obteniendo un valor para la potencia en W

Para obtener la potencia de salida, simplemente debemos tener en cuenta el coeficiente de aprovechamiento.

$$\eta = P_{\text{salida}} / P_{\text{entrada}}$$

PROBLEMAS

1. Calcula la densidad de potencia que corresponde a un viento de 40 km/h. Justifica si dicho viento es eficaz para mover un aerogenerador. Dato: densidad del viento 1,293 kg/m³ (Sol: 884,17w/m²)
2. Calcula la potencia útil aprovechada por la hélice de un aerogenerador de 20 m de diámetro cuando el viento sopla a 15 m/s si su coeficiente de aprovechamiento es de 0,35. Dato: densidad del viento 1,293 kg/m³ (Sol: 2,4 · 10⁵ w)
3. Calcula la potencia eficaz que desarrollará un aerogenerador cuyo rotor tiene 8 m de radio cuando el viento sople a 45 km/h, si el coeficiente de aprovechamiento es 0,4. (Sol: 1,02 · 10⁵ w) Nota: La densidad del viento es la misma que la del ejercicio anterior.
4. Calcula: a) la potencia de un aerogenerador bipala, con un rendimiento del 40%, si cada pala tiene una superficie de 1,15 m² y la velocidad media del viento es de 65 km/h. Dato: densidad del viento 1,225 kg/m³ (Sol: 3319,3 w)
b) Cómo se modificaría la potencia si el aerogenerador anterior fuera tripala (rendimiento 50%) (Sol: 6223,7 w)
5. Determina la potencia de un viento de 60 km/h que actúa sobre las palas de un aerogenerador que tiene una superficie de 1,25 m² por pala. El número de palas es de 3. La densidad del aire es 1,225 kg/m³. (Sol: 10640,06 w)
6. Calcula la potencia real de la turbina del ejercicio anterior, así como la energía producida si está funcionando durante 8 horas. El rendimiento de una aerogenerador de tres palas es 0'55. (Sol: P= 5852,03 w y E= 46,82 Kwh)

7. Calcula la potencia eficaz que desarrolla un aerogenerador cuyo rotor mide 20m de radio, si la velocidad media del viento es de 50km/h y el coeficiente de aprovechamiento es de 0,45. Calcula también la energía producida si está funcionando durante 10 horas. Densidad del viento $1,293 \text{ kg/m}^3$ ($P=9,8 \cdot 10^5 \text{ w}$, $E=9800 \text{ Kwh}$)
8. Calcula la densidad de potencia que corresponde a un viento de 25 km/h. Justifica si dicho viento es eficaz para mover un aerogenerador. Dato: densidad del viento $1,293 \text{ kg/m}^3$ ($d=212,38 \text{ w/m}^2$ · Si)
9. Calcula la potencia de un aerogenerador tripala, con un rendimiento del 45%, si cada pala tiene una superficie de $2,15 \text{ m}^2$ y la velocidad media del viento es de 55 km/h. Dato: densidad del viento $1,225 \text{ kg/m}^3$ ($P=6342,32 \text{ w}$)
10. ¿Será suficiente el aerogenerador del ejercicio anterior para alimentar a una vivienda que necesita un consumo energético de 350w durante 8 horas?