



AEROGENERADORES

Oswaldo Rodríguez Hernández, Oscar Alfredo Jaramillo,
Jesús Antonio del Río Portilla



EDITORIAL
TERRACOTA **ET**

colección **sello de arena**
¡Hazlo tú!

Contenido

- 5 Presentación
- 6 El viento: energía verde
- 8 Historia de la energía eólica
- 13 Betz y la potencia del viento
- 15 El aerogenerador y la transformación de la energía
- 22 ¡Hazlo tú!
- 26 Recomendaciones para el uso de aerogeneradores
- 30 Bibliografía



El viento: energía verde



Una de las fuentes renovables de energía con mayor crecimiento alrededor del mundo es la energía eólica, que consiste en aprovechar la energía cinética de las corrientes de aire en una región para convertirla en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica. Para lograr dichas transformaciones de energía se utilizan dispositivos llamados aerogeneradores o turbinas eólicas, y a los grandes conjuntos aerogeneradores se les denomina granjas eólicas.

La utilización de la energía eólica permite la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ya que los aerogeneradores pueden remplazar a las termoeléctricas basadas en petróleo o gas para la generación de electricidad. Ya que el viento es un recurso abundante, renovable y limpio, podemos decir que la energía eólica es un tipo de energía verde.

Pero, ¿qué es el viento? El viento es el flujo de aire a gran escala producido por la radiación solar que calienta de manera desigual la superficie terrestre. Entre el 1 y 2% de la energía proveniente del Sol se convierte en viento, y esto prácticamente ocurre sobre los océanos. Si bien existe un patrón de vientos a escala global en el planeta, como lo son los

Historia de la energía eólica



Hasta el siglo XIX las embarcaciones usaron el viento para moverse por los mares.

El viento es una de las fuentes renovables más antiguas en su uso. La historia se remonta al año 3500 a.C., cuando los sumerios armaron las primeras embarcaciones de vela; los egipcios construyeron barcos hace más de dos mil años para navegar por el Nilo y más tarde por el Mediterráneo. Después, los griegos construyeron máquinas que funcionaban con el viento. Así, desde la Antigüedad el viento ha impulsado a las embarcaciones. Algunos historiadores sugieren que hace más de 3 000 años la fuerza del viento se empleaba en Egipto, cerca de Alejandría, para moler granos.

Los egipcios construyeron barcos hace más de dos mil años para navegar por el Nilo

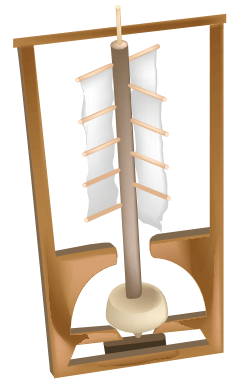
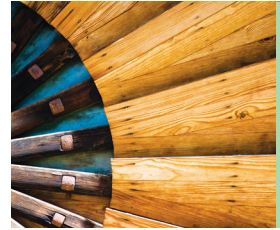
Sin embargo, la información más fehaciente de la utilización de la energía eólica en la molienda apunta a Persia, en la frontera afgana, en el año 640 d.C. Otras fuentes históricas, fechadas unos cuantos años más tarde, muestran que los chinos también utilizaban la energía del viento en ruedas con paletas y eje

vertical para irrigar o drenar sus campos de arroz.

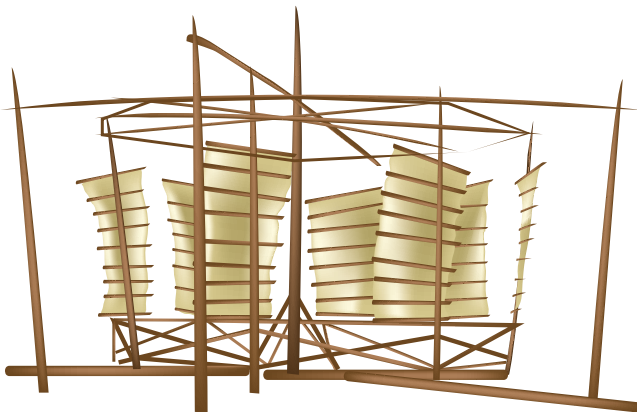
En comparación con China y Persia, algunos países de Europa utilizaron molinos de viento, pero de eje horizontal. Los historiadores muestran que tales molinos se empleaban ya en el año 1180 en Normandía. Los cuentos holandeses narran historias en que se mencionan molinos de viento; en *El Quijote* aparecen batallas contra gigantes —que en realidad eran molinos— en algún lugar de La Mancha. Esto indica las formas en que en Europa se usaba el viento para impulsar la economía.

Los molinos de eje vertical y eje horizontal se han usado desde la Antigüedad

En este sentido, inmediatamente surge la pregunta de por qué los antiguos mexicanos no construyeron grandes embarcaciones o molinos de viento. Por supuesto que la respuesta tiene que ver con la situación geográfica del país. La razón es que entre los trópicos está la llamada zona de convergencia intertropical, donde los vientos tienen magnitudes menores a los vientos que ocurren arriba de los trópicos.



Maqueta de un molino persa de eje vertical.



Rueda con paletas de eje vertical.

El aerogenerador y la transformación de la energía

La potencia P que lleva una masa de aire al moverse (viento) con una velocidad V a través de un área perpendicular a la dirección de movimiento del viento se expresa de la siguiente manera:

$$P = \frac{1}{2}\rho V^3 A$$

En la expresión anterior, P es la potencia del viento en watts; ρ es la densidad del aire (aprox. 1.2 kg/m^3); V es la velocidad del viento y está en m/s , y A es el área de barrido del rotor expresada en (m^2) . Esta expresión indica que la potencia teórica de un aerogenerador crece muy rápidamente con la velocidad del viento. También indica que si en un sitio la velocidad disminuye, la potencia caerá en forma mucho más notable.

La determinación precisa del recurso eólico es una tarea difícil e incierta, especialmente cuando se compara con la energía solar o la energía hidráulica. Las razones de esto son: hay una gran variabilidad de velocidades de viento en las diferentes regiones del mundo, desde un promedio anual de velocidad de 2 m/s hasta de 4 a 7 m/s en lugares con mucho viento. Esta variación implica una mayor variabilidad en la



La potencia del aerogenerador depende de la velocidad del viento.



Anemómetro.

potencia disponible para uso por los humanos, desde 40 hasta 200 W/m². En pequeñas distancias se observan inmensas diferencias en la velocidad del viento (y por ende en la potencia que se puede extraer de él) debido a la cambiante topografía del terreno.

Para medir la velocidad del viento se utilizan los anemómetros, que son pequeños dispositivos similares a rehiletes o molinos que cuando hay viento giran y que están calibrados para indicar la velocidad del viento. No es fácil instalar un anemómetro, y a lo largo de la historia se desarrolló una escala empírica para estimar la velocidad del viento. A esta escala se le conoce como escala Beaufort, y con ella podemos estimar la disponibilidad del recurso eólico con base en observaciones cotidianas. En la siguiente tabla presentamos parte de esta escala con el objetivo de estimar la velocidad del viento del lugar donde vivimos.

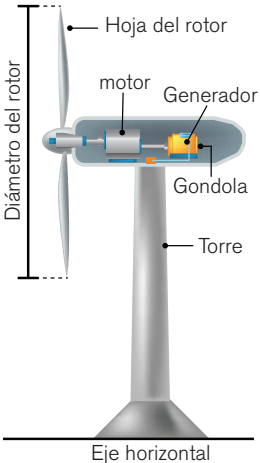
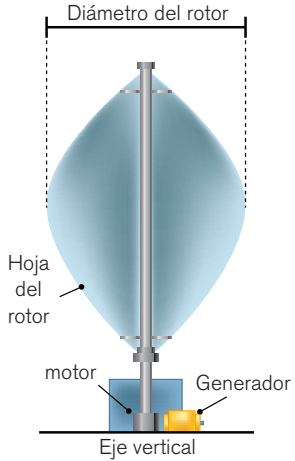
La escala Beaufort presenta 12 niveles que descri-

Efectos observables	Escala Beaufort	Rango de velocidades del viento (m/s)	Denominación
El humo asciende verticalmente.	0	0 - 0.3	Calma
El humo indica la dirección del viento.	1	0.3 - 1.4	Ventolina
Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a funcionar molinos y aerogeneradores.	2	1.4 - 3	Flojito
Se agitan las hojas, ondulan las banderas.	3	3 - 5	Flojo
Se levantan polvo y papeles, se agitan las hojas de las copas de los árboles.	4	5 - 8	Brisa moderada
Pequeños movimientos de los árboles.	5	8 - 10	Brisa fresca
Se mueven las ramas de los árboles, se tiene dificultad para mantener abierto un paraguas.	6	10 - 14	Brisa fuerte
Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento.	7	14 - 17	Viento fuerte

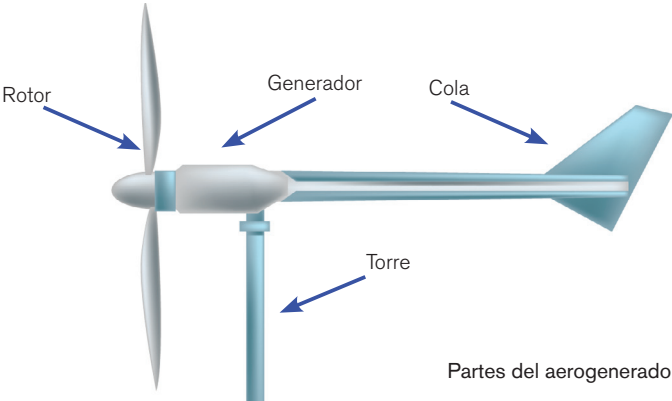
ben hasta los vientos durante las tormentas, pero aquí solamente describimos los primeros 7 números, ya que son los relacionados con el aprovechamiento de la energía eólica.

Los equipos eólicos se dividen en dos tipos: los sistemas de conversión de energía eólica de eje horizontal y los de eje vertical. Los equipos eólicos de eje horizontal basan su principio de extracción de energía del viento en el fenómeno de sustentación que se presenta en álabes y formas aerodinámicas, tal como sucede con los perfiles en las alas de los aviones. La selección de equipos eólicos horizontales o verticales es independiente de la eficiencia de conversión, ya que presentan valores similares. Sin embargo, vale la pena señalar algunas ventajas y desventajas de estos sistemas. El equipo de eje vertical puede captar el viento en cualquier dirección, mientras que los equipos de eje horizontal requieren de un sistema de control para orientar el rotor con la dirección del viento. En los sistemas de eje vertical los subsistemas como caja de cambios, generador eléctrico, frenos, controles, etcétera, se pueden localizar en la base de la torre, facilitando su mantenimiento.

La potencia de un aerogenerador depende directamente del tamaño de sus aspas; así, un rotor de 5 m de diámetro puede generar 10 kW de potencia a la



Los equipos eólicos pueden ser de eje horizontal o de eje vertical.



Partes del aerogenerador.