GRANJAS EÓLICAS

César Angeles-Camacho, Oscar Alfredo Jaramillo Salgado

UNAM

EDITORIAL TERRACOTA

colección **sello de arena**
¿Qué energía te mueve?

Contenido

7 Presentación
8 Introducción
10 Desarrollo actual para el aprovechamiento de la energía del viento
13 El recurso eólico
25 Generadores eoloeléctricos modernos
38 Granjas eólicas
58 Energía eólica en zonas urbanas
61 Generadores eoloeléctricos y redes eléctricas
64 Economía de la energía eólica
67 Impacto ambiental
69 Energía eólica en México
77 Bibliografía

Desarrollo actual para el aprovechamiento de la energía del viento

En algunos países, la energía eólica se suministra desde hace varios años.

En algunos países, como Estados Unidos, desde hace 50 o 60 años la generación de energía eléctrica por medio del viento ha desempeñado un papel activo en la electrificación de muchos hogares rurales, y aunque no proporcionaba energía precisamente barata, suministraban cantidades moderadas de energía "gratuita", ya que sólo requería una inversión inicial en equipos e instalación.

Se puede decir que en la década de 1980 nació la industria eoloeléctrica moderna, cuando las primeras turbinas eólicas o aerogeneradores comerciales se instalaron en Palm Spring, California. Al comparar aquellas primeras instalaciones con las actuales centrales eoloeléctricas, es evidente que la capacidad, eficacia e impacto visual han mejorado enormemente. Las mejoras más notorias son el aumento en la capacidad de generación eléctrica, el incremento en la eficiencia de la conversión de la energía eólica y la confiabilidad y grado de seguridad en los sistemas.

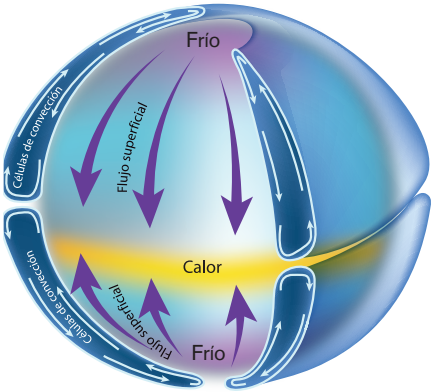
Hace 25 años los primeros aerogeneradores presentaban capacidades de apenas 25 kW; actualmente la gama comercial es típicamente a partir de 750 hasta 4 000 kW (4 MW). Así, cada turbina promedio de

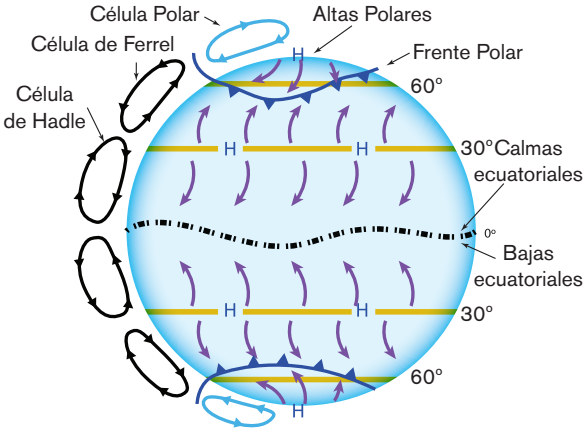
El recurso eólico

La energía eólica es una consecuencia de la energía que irradia el Sol hacia la tierra; alrededor de 174.42 billones de kWh por día. En otras palabras, la Tierra recibe 1.74×10^{17} W de potencia. Tan sólo 1% de dicha energía se transforma en energía eólica, y esto supone una energía alrededor de 50 a 100 veces superior a la convertida en biomasa por todas las plantas de la Tierra. Las diferencias de temperatura debido al calentamiento desigual por la cantidad de energía solar recibida entre el ecuador y las diferentes latitudes hasta los polos ocasionan que se genere la circulación de grandes masas de aire. Así, el aire caliente es más ligero que el aire frío, por lo que subirá hasta alcanzar una altura aproximada de 10 kilómetros y se extenderá hacia el norte y hacia el sur. Se debe tener en cuenta la rotación de la Tierra, ya que sin esto el aire simplemente llegaría al Polo Norte y al Polo Sur, para después descender y volver al ecuador.

Cerca de la latitud 30°, en ambos hemisferios, la fuerza de Coriolis debida a la rotación de la Tierra evita que el viento se desplace más allá. En esa latitud se encuentra un área de altas presiones, por lo

La energía eólica es una consecuencia de la energía del Sol.





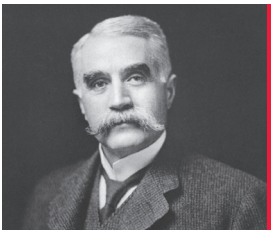
Dirección de circulación de las masas de aire (izquierda) y fuerza de coriolis (derecha). Fuente: NASA.

que el aire empieza a descender de nuevo. Cuando el viento sube desde el ecuador habrá un área de bajas presiones cerca del nivel del suelo atrayendo los vientos del norte y del sur. En los polos habrá altas presiones debido al aire frío. De esta manera se crean los vientos geostróficos dominantes.

La rapidez y dirección del viento están influenciadas por la suma de los efectos global y local, de suerte que existen diferentes mecanismos en la creación de viento local. Como ejemplos se pueden citar la brisa marina y terral, vientos valle-montaña, y los que ocurren en las grandes planicies. Estos vientos son consecuencia de los cambios de temperatura que afectan la densidad y la diferencia de presión de una región.

Existen diferentes mecanismos en la creación de viento local.

Generadores eoloeléctricos modernos



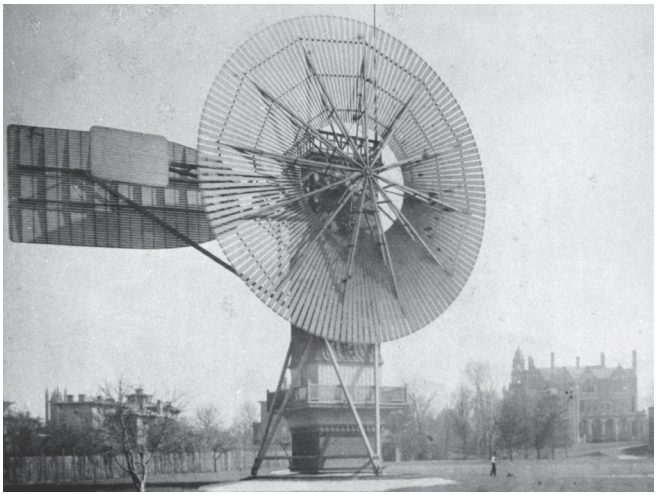
El primer uso de un molino de viento para generar electricidad fue un sistema construido en Cleveland, Ohio, en 1888 por Charles F. Brush. La máquina de Brush era un molino de poste con 144 aspas fabricadas de cedro y un rotor de 17 metros de diámetro, con una gran cola con bisagra para orientar el rotor fuera de la dirección del viento. Fue el primer molino de viento en incorporar una caja de velocidades (con una relación de 50:1) para activar un generador de corriente directa a la velocidad de operación requerida (en este caso, 500 RPM).

El molino de viento de Brush fue el primero en incorporar una caja de velocidades

En 1892, en Dinamarca, Paul la Cour diseñó lo que se considera el primer aerogenerador. Consistió de cuatro palas de 2 metros de largo y desarrollaba entre 5 y 25 kW de potencia.

El desarrollo a escala comercial de aerogeneradores de mayores potencias se llevó a cabo por primera

La energía mecánica giratoria se convierte en eléctrica mediante aerogeneradores.



El primer molino para electricidad fue construido en 1888 por Charles F. Brush.

vez en Rusia, en 1931, con el generador de viento de 100 kW Balaclava. Esta máquina funcionó durante casi dos años en la costa del Mar Caspio, generando un estimado de 200 000 kWh de electricidad y fue el primer sistema conectado a la red eléctrica.

Posteriores parques eólicos experimentales en Estados Unidos, Dinamarca, Francia, Alemania y Gran Bretaña, durante el periodo 1935-1970, demostraron que los grandes aerogeneradores iban a funcionar, pero no se logró obtener una turbina eólica de gran escala para la generación eléctrica.

Prototipo del molino de La Cour.

El aerogenerador más grande construido en ese periodo fue conocido como la máquina Smith-Putnam, con una capacidad de 1 250 kW, y se instaló en Vermont, Estados Unidos, en 1941. Éste fue un diseño de eje horizontal que sostenía dos aspas de casi 54 metros de diámetro, orientado a favor del viento y montado sobre

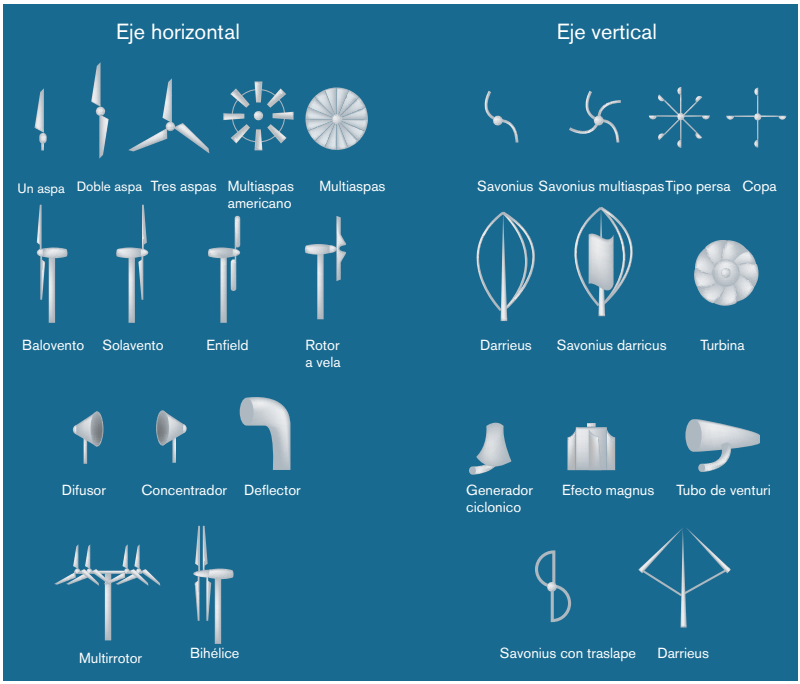
una torre. El rotor fue construido de acero inoxidable, con un peso de 16 toneladas; utilizaba un control de paso de las palas para mantener la velocidad de operación de 28 RPM. En 1945, después de solamente unos cientos de horas de trabajo intermitente, una de las aspas se quebró, al parecer como resultado de la fatiga del metal.

Generador Smith-Putnam, 1941.

Tipos de aerogeneradores

Las turbinas eólicas modernas extraen energía del viento y pueden girar alrededor de un eje horizontal —los aerogeneradores de eje horizontal (HAWK, por sus siglas en inglés)—, o bien de un eje vertical —aerogeneradores de eje verticales (VAWT, por sus siglas en inglés)—.

Aerogeneradores de eje vertical (VAWT). Se han construido principalmente en dos diseños: el tipo Darrieus, el cual usa aspas curvadas conectadas a uno o



Diferentes diseños de aerogeneradores.