

ARTÍCULO

## RECURSO EÓLICO EN BAJA CALIFORNIA

*Marlene Zamora Machado, Elia Leyva Sánchez , Alejandro A. Lambert  
Arista*



## Recurso Eólico en Baja California

### Resumen

La energía eólica proviene de manera indirecta del sol, una fuente ilimitada de energía a escala humana. El viento se genera por el diferencial de temperaturas en la atmósfera terrestre, permitiendo su circulación y convirtiéndose en energía cinética, para producir energía. Por su carácter limpio e inagotable, la energía eólica requiere de más explotación en el mundo. En México existe potencial eólico en algunas regiones como el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca, Tabasco, Zacatecas, la península de Baja California y algunas zonas costeras. Se encuentra instalada actualmente la central eoloelectrónica La Venta II, Oaxaca, con una capacidad de 83 MW, y en otros parques eólicos privados en la zona; sumando una capacidad instalada actual de 170 MW. Este tipo de generación de energía no produce gases de efecto invernadero (GEI), residuos peligrosos, está en la superficie y además no depende de valor de los combustibles.

Por lo anterior, es necesario estudiar el recurso eólico en las distintas zonas de México para identificar el potencial y planear su explotación. En este trabajo se realizó una investigación bibliográfica del recurso eólico en México, de los proyectos establecidos y en desarrollo; particularmente en el Estado de Baja California.

**Palabras claves:** recurso eólico, energía eólica, potencial eólico, gases de efecto de invernadero, generación de energía

### Wind Resource in Baja California

#### Abstract

Wind energy comes indirectly from the sun, an unlimited source of energy. The wind is generated by Earth temperature that allows movement of the air which becomes in kinetic energy to produce energy. Because it is clean and inexhaustible wind energy requires further exploitation in the world. Mexico has wind potential in regions such as the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, Tabasco, Zacatecas, Baja California and some coastal areas. In La Venta a Wind Power Plant is installed, with a capacity of 83 MW, and in other private wind farms in the area; adding a current installed capacity of 170 MW. This type of power generation is located on the surface, does not produce greenhouse gases, hazardous waste and does not depend on value of fuels.

Due to this advantage, it is necessary to assess the wind resource in different areas of Mexico, to so identify their potential and planning their exploitation. This work performed a literature search of the wind resource in Mexico, of established and developed projects, especially in Baja California State.

**Keywords:** wind resource, wind energy, wind potential, greenhouse gases, energy generation

#### Introducción

La radiación que llega del Sol a la Tierra es la fuente principal de energía para la generación de los fenómenos naturales en la atmósfera, en los océanos y, en general, para la vida en la tierra (Reyes, 2001). Se dice que las energías renovables provienen de manera directa o indirecta del sol, una fuente ilimitada de energía; al menos a escala terrestre. Aproximadamente del 1 al 2% de la energía solar total recibida por la Tierra se convierte en energía cinética en la atmósfera. Este tipo de energía renovable se genera por las diferencias de temperaturas en la superficie creando los movimientos de aire, y con esto generando energía cinética de la masa atmosférica, para producir energía.

Por otra parte, en el tema de los problemas ambientales provocados por la generación de energía, el

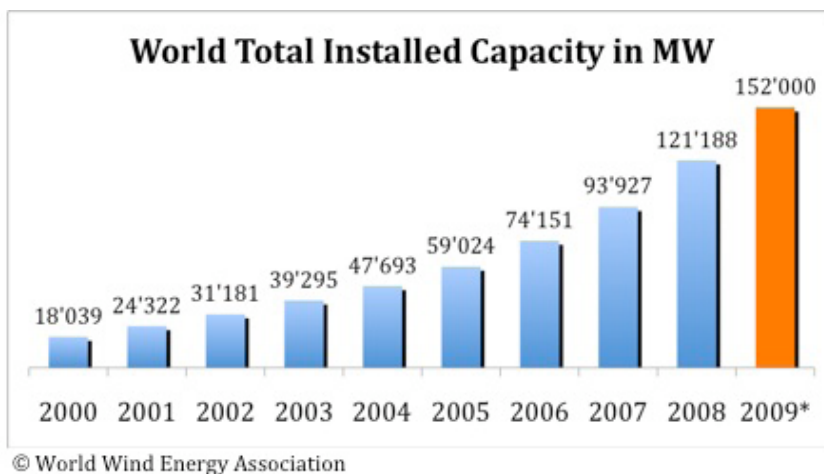
CO<sub>2</sub> es un gas de invernadero que contribuye significativamente al calentamiento global. A mayor concentración de CO<sub>2</sub>, mayor será el calentamiento global. (Reyes, 2001).

En nuestra época se tiene la necesidad de mitigar el daño a la atmósfera, por el exceso de emisiones de CO<sub>2</sub>, causados por la industrialización y desarrollo tecnológico. Por lo que el uso de energías renovables ha venido en aumento desde el siglo pasado. La energía renovable con mayor crecimiento es la energía eólica para la generación eléctrica.

### Energía eólica

Desde los tiempos más remotos se utilizaba la energía eólica para la navegación, molinos de vientos, entre otras aplicaciones. Hoy en la actualidad se utiliza para la generación de electricidad en grandes parques eólicos o a menor escala, para zonas rurales.

La energía eólica se ha convertido en una fuente de generación de energía alrededor del mundo, implementándose en más de 70 países. Según el Consejo Mundial de Energía Eólica (GWEC; por sus siglas en idioma inglés) y Greenpeace International encontró que la energía eólica podría desempeñar un papel clave en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Se calcula que para el 2020 la energía eólica podría contribuir a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en más de 10 millones de toneladas, 1.5 millones de toneladas por año. (GWEC, 2008)



Gráfica 1.

Capacidad Mundial Total Instalada en MW.

<http://www.wwindea.org/home/index.php>

La capacidad instalada de energía eólica para junio de 2009 creció un 25% en el mercado en comparación con el año pasado. La Asociación Mundial de Energía Eólica (WWEA) publicó para este año la última versión actualizada para las instalaciones eólicas instaladas en todo el mundo; con una capacidad instalada total de 152 000 MW. (WWEA, 2009)

### Energía eólica en México

4 - xx

En México se cuenta con una diversidad de sitios para generar energía eólica, los lugares con mayor potencial eólico los posee Oaxaca, existiendo también otras regiones identificadas como: Zacatecas, Tabasco, la cadena montañosa de la Rumorosa y el litoral de la península de Baja California, así como también extensiones de litorales del Pacífico y Golfo de México. (Cadenas y Saldívar, 2007)

Del año 2006 al 2009 la energía eólica presentó el mayor crecimiento dentro de las fuentes que componen la producción de energía primaria, tuvo un incremento de casi el triple de la potencia eólica instalada a nivel mundial. Como consecuencia de la entrada en operación comercial de la Venta II (Secretaría de Energía, SENER, 2007) Figura 1.

En el informe 2009 de Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México (SENER), el estado actual de la energía eólica en México es de 170 MW de capacidad eólica en operación, dividiéndose en:

- 85 MW en los proyectos La Venta I y La Venta II, operados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en el Istmo de Tehuantepec, con 105 unidades, con un factor de planta de 33.4%.
- 80 MW en el proyecto de autoabastecimiento Parques Eólicos de México, que entró gradualmente en operación desde enero del 2009.
- 0.6 MW en una turbina de la CFE en Guerrero Negro, Baja California Sur.
- 2 MW en pequeños aerogeneradores en sitios aislados de la red.
- 3 MW en pequeñas aerobombas (turbinas eólicas que impulsan bombas hidráulicas).

La CFE licitó recientemente dos proyectos para el año 2010 denominados la Venta III y Oaxaca I, con una capacidad de 101 MW y 99 MW. (CFE, 2008); proceso que aún continúa.

Están en proceso de construcción o planeación un gran número de proyectos eólicos de autoabastecimiento y exportación, ubicados en las regiones del Istmo de Tehuantepec, La Rumorosa, Baja California, Nuevo León y Tamaulipas. Con una capacidad total aproximada de 2,000 MW. (SENER, 2009)



Figura 1. La Venta II, Oaxaca, México.

<http://saladeprensa.cfe.gob.mx/banco/searchBanco.alia>

Según los datos reportados por CFE en el informe anual 2008, en el incremento de generación de energía por tipo de central, la energía eoloeléctrica contó con un 2.5 por ciento.

### Estudios sobre el recurso eólico

En México los estudios sobre el recurso eólico no han sido evaluados de manera exhaustiva, se han realizado de manera específica en algunas regiones del país, por el Laboratorio de Energía Renovable de los Estados Unidos (NREL), en participación con la CFE e instituciones como el Instituto de Investigaciones

Eléctricas (IIE). En particular se han creado mapas para algunas regiones del país como en el estado de Oaxaca, Baja California Sur, las costas de Yucatán y de Quintana Roo, las franjas fronterizas de los estados de Baja California, Sonora y Chihuahua (SENER, 2009), el NREL estima que en las zonas más ventosas del estado de Oaxaca podrían instalarse 6,000 MW (Cadenas y Saldívar, 2007). En la Fig. 2 se aprecia un mapa de la región fronteriza de México y Estados Unidos, que contienen estimaciones de viento para las regiones de Baja California, Sonora y Chihuahua.

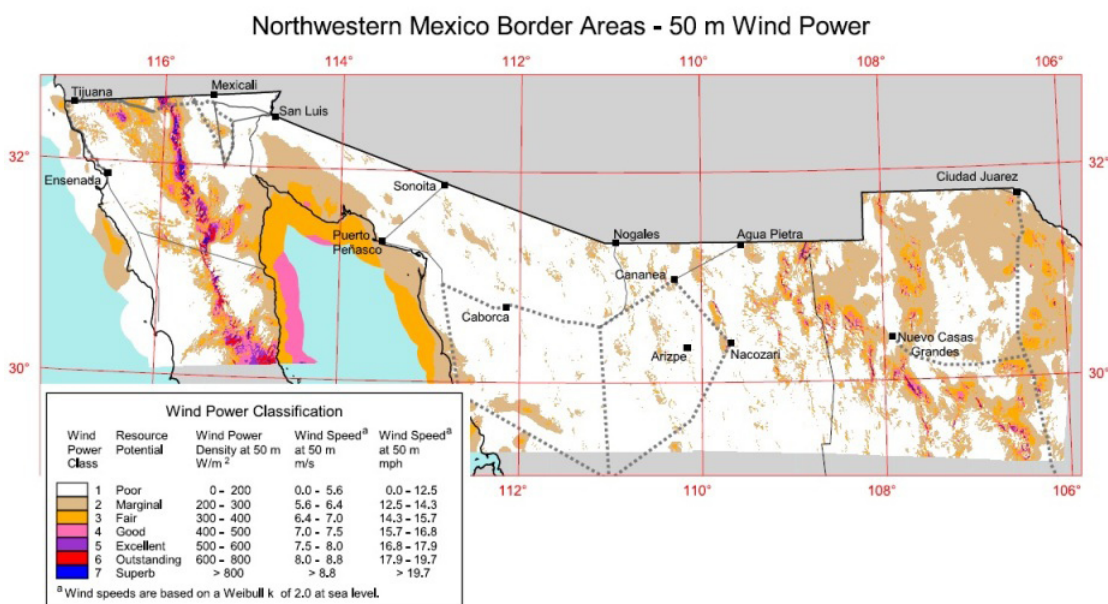


Figura 2. Mapa eólico de la región fronteriza; Baja California, Sonora y Chihuahua.  
[http://www.retscreen.net/es/energy\\_resource\\_maps\\_mexico.php](http://www.retscreen.net/es/energy_resource_maps_mexico.php)

Como parte del proyecto “Plan de acción para eliminar barreras para el desarrollo de la generación eoloelectrónica en México”, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE); financiado con recursos públicos del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se han instalado anemómetros en diversos puntos del país y se han encontrado potenciales significativos en varios de ellos. Asimismo, como parte de las actividades del Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala (PERGE), está previsto que la CFE realizará, en el transcurso de los próximos años, una evaluación, la cual, junto con la información disponible en otras fuentes, permitirá contar con un mapa eólico nacional.

### Baja California

La Península de Baja California es un brazo de tierra que tiene un área de 143,600 km<sup>2</sup>, el espinazo montañoso que divide la península es discontinuo, y su altitud variable. Los desiertos yacen bajo estas montañas en ambas costas. Cuatro cadenas montañosas y otras de menor importancia se extienden a lo largo de la península. Permittiéndose tener un potencial eólico que no ha sido aprovechado y que se encuentra en extensos terrenos.

En el Estado de Baja California, se realizó un estudio sobre “Zonas Potencialmente Productoras de Energía Eléctrica Eólica, en Baja California” presentado por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) para el Gobierno del Estado de Baja California en mayo de 2003. En el

trabajo realizado; La Rumorosa fue seleccionada como una de las localidades potenciales, por su cercanía con Mexicali y a la red de transmisión de CFE, que pasa por ese sitio. (CICESE, 2003).

Con el establecimiento de una o varias plantas eólicas, y la subsecuente generación de electricidad en esta región, se pretende disminuir el alto costo de la electricidad en Mexicali, Baja California. Los resultados muestran que, es viable el aprovechamiento de la energía eólica mediante el establecimiento de una planta de aerogeneradores. (CICESE, 2003).

En el trabajo presentado por CICESE se propusieron diversas zonas para establecer una planta eólica en el estado de Baja California.

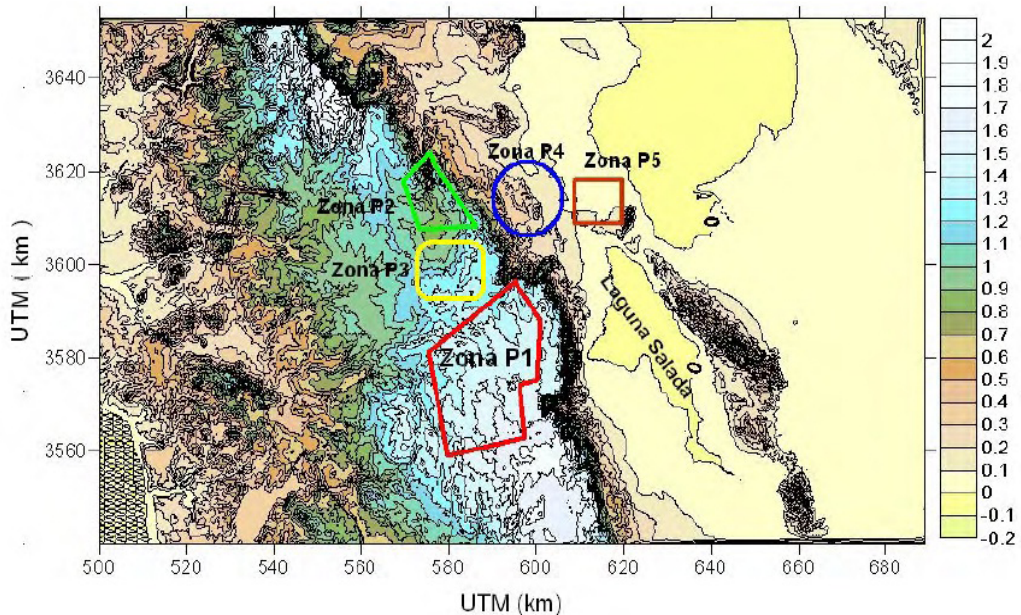


Figura 3.

Zonas propuestas para establecer una planta eólica.

<http://www.bajacalifornia.gob.mx/energia/doctos/Reporte%20Final%20CICESE.pdf>

### Parque Eólico La Rumorosa I

Está ubicado en el poblado la Rumorosa, con una extensión de más de 42 hectáreas, propiedad del Gobierno del Estado.

La inversión del Parque Eólico es de 26.1 MUSD, contando con una capacidad instalada de 10 MW, con una generación estimada promedio anual de 27,156 MWh, que se utilizarán para el alumbrado público, beneficiando a 35 mil familias, aproximadamente. En la Figura 4, se muestra una imagen de los cinco aerogeneradores del Parque Eólico la Rumorosa I.

Con este tipo de generación de energía se abatirán en Baja California, anualmente, 17 mil Toneladas de emisiones CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

### Características de proyecto Parque Eólico La Rumorosa I

Propuesta ganadora: Turbo Power Baja Energy

Inversión total: 26' 191, 719.51 USD

Turbina: GAMESA – ESPAÑA

Modelo de turbina: G-87

Capacidad nominal por turbina: 2 MW

Cantidad de turbinas: 5

Altura de torre: 78 metros

Diámetro del rotor: 87 metros

Velocidad de arranque: 3 m/s

Velocidad de corte: 21 m/s

Hitos principales año 2009

Cimentación y obra civil: Abril y mayo

Obra eléctrica: Junio y julio

Transporte de turbinas: Julio

Montaje de torres: Julio

Montaje de nacela o góndola: Agosto

Conclusión: 29 de septiembre



Figura 4. Aerogeneradores del Parque Eólico La Rumorosa I.

[http://www.bajacalifornia.gob.mx/energia/galeria\\_pe.html](http://www.bajacalifornia.gob.mx/energia/galeria_pe.html)

El Parque Eólico La Rumorosa I es el primero en el Norte de México, con aerogeneradores de mayor altura y capacidad nominal en nuestro país. Representa además un aumento en la generación de energías renovables y una disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. El potencial de la energía eólica en México es superior a 10,000 MW según un boletín de prensa realizado por la SENER, por lo que falta mucho potencial eólico por explotar. Una vez identificados los lugares se debe realizar un estudio más detallado para la realización de proyectos a menor escala para aquellas comunidades del país que no cuentan todavía con el servicio de energía eléctrica.

### Hogares sin energía

En nuestro país hay un total de 24 006 357 hogares, de los cuales 588 864 no disponen de energía eléctrica. Los estados con mayor porcentaje sin servicio eléctrico son: Veracruz con 13.9%, Oaxaca 9.7%,



Chiapas 8.4%, Guerrero 6.85%, San Luis Potosí 5.24%, Chihuahua 5.14% y México 4.99%, del total de hogares sin luz eléctrica. Baja California tiene un 1.74% equivalente a 10 260 hogares que no disponen del servicio eléctrico (INEGI, 2005). De los estados que tienen más cantidad de hogares sin servicio eléctrico, es porque las comunidades, se encuentran muy dispersas y están en terrenos de difícil acceso, sin caminos ni otro tipo de infraestructura, lo que dificulta la extensión de las líneas de electricidad. El realizar estudios para la construcción de aerogeneradores a menor escala, beneficiaría a las comunidades rurales. La energía eólica contribuiría a que los 588 864 hogares que no cuentan con el servicio eléctrico, dispongan de una energía limpia y sin emitir contaminantes en la generación de la misma. Por lo que el producir esta energía en México beneficiará tanto en lo ambiental como en lo social.

El 28 de noviembre de 2008 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. (LAERFTE), la cual busca regular el aprovechamiento de las energías renovables para la generación de electricidad. El reglamento de la LAERFTE se publicó en el Diario Oficial de la el día 2 de septiembre del 2009. Con este documento se favorece a los proyectos de autoabastecimiento (hidroeléctricos y eoloeleéctricos) por lo que están actualmente en proceso de diseño o de construcción (SENER, 2009).

### Conclusiones

Con la LAERFTE, inicia una nueva era en la energía denominada verde en México. Con esto crece la necesidad para la evaluación del potencial eólico en México. Es importante continuar con el estudio del recurso eólico, ya que es una de las fuentes de energía renovable con mayor crecimiento a nivel mundial, por lo que merece profundizar el análisis para su desarrollo y explotación. Buscar alternativas que satisfagan la realización de proyectos eólicos, ayudar a poblaciones rurales a disponer de energía eléctrica y sobre todo a mitigar los efectos del cambio climático, a través de la reducción de GEI.

### Bibliografía

Cadenas R. y Saldívar G. (2007). "Educación y Nuevas Tecnologías Central Eoloeleéctrica La Venta II". *Revista Digital Universitaria*. Vol. 8, No. 12. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art90/int90.htm>

Comisión Federal de Electricidad. (2008). "Informe Anual 2008" Disponible en: [http://www.cfe.gob.mx/informe2008/capitulo3\\_1.html](http://www.cfe.gob.mx/informe2008/capitulo3_1.html)<http://www.bajacalifornia.gob.mx>

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. (2003). "Zonas Potencialmente Productoras de Energía Eólica, en Baja California". Disponible en: <http://www.bajacalifornia.gob.mx/energia/estudios.html>

Comisión Estatal de Energía. (2009). "Presentación de Política Energética, Energías Renovables" Disponible en: [http://www.bajacalifornia.gob.mx/energia/parque\\_eolico.html](http://www.bajacalifornia.gob.mx/energia/parque_eolico.html)

Gobierno del Estado de Baja California. (2009). "Proyecto Parque Eólico" Disponible en: <http://www.bajacalifornia.gob.mx/energia>

Global Wind Energy Council. (2008). "Global wind energy outlook 2008" Disponible en: <http://www.gwec.net/index.php?id=92>

Instituto de Investigaciones Eléctricas, Programa Universitario de Energía UNAM. (1998). "Estado del arte y tendencias de la energía eoloeléctrica (1ra ed.). IIE" Disponible en:  
<http://genc.iiie.org.mx/genc/eolica/frames.asp?mcontador=&url=doc%5Finteres%2Ehtm>

INEGI. (2005). "Censo de Población y vivienda 2005. Consulta interactiva de datos" Disponible en:  
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/conteos/conteo2005/bd/consulta2005/phv.asp?s=est&c=10404>

Reyes, S. (2001). *Introducción a la Meteorología*. Mexicali, México. UABC.

SENER. (2007). "Balance Nacional de Energía". Disponible en:  
<http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=48>

SENER. (2009) "Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México" Disponible en:  
[http://www.energia.gob.mx/webSener/0/ER\\_para\\_Desarrollo\\_Sustentable\\_Mx\\_2009.pdf](http://www.energia.gob.mx/webSener/0/ER_para_Desarrollo_Sustentable_Mx_2009.pdf)

World Wind Energy Association. (2009). "Wind Energy Market worldwide continues strong growth"  
Disponible en: <http://www.wwindea.org/home/index.php>