

ESTUDIO DEL RECURSO EÓLICO EN EL MUNICIPIO SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC

Airel Núñez Rodríguez^{1*}, José Rafael Dorrego Portela¹, Orlando Lastres Danguillecourt¹, Geovanni Hernández Gálvez², Miriam Guadalupe Peralta Morales¹

1. Instituto de Estudios de la Energía, UNISTMO. Tehuantepec, Oaxaca, 70760, México
2. Centro de Investigación en Energía, UNAM. Temixco, Morelos, 62580, México

Tel. (971) 5224050 ext. 120, aireln@yahoo.com

Resumen

Se presenta un estudio de las características fundamentales del recurso eólico en el Municipio Santo Domingo Tehuantepec del Istmo de Tehuantepec. Se utilizan datos de velocidad y dirección del viento, registrados en la estación meteorológica situada en la Universidad del Istmo Campus Tehuantepec. Estos datos fueron utilizados para generar el mapa de viento en el sitio y utilizando un aerogenerador Acciona AW 82/1500 Clase IIb, de 1.5 MW de potencia nominal para la determinación de la producción anual de energía del aerogenerador, mediante el modelo WAsP 9.1. Se usó la función de densidad de probabilidad de Weibull para ajustar el histograma de frecuencias de velocidades del viento. Para el análisis estadístico de los datos y para el estudio de micrositio se utilizó el modelo WAsP.

1. Introducción

Desde hace algunos años, se ha dado carácter de estratégico al tema de las fuentes renovables de energía en el sector energético nacional, constituyendo un eje de desarrollo de gran importancia económica que requiere de una planeación cuidadosa y responsable, donde los esfuerzos sectoriales se encuentren alineados hacia objetivos comunes que redunden en seguridad en el abasto, calidad y cobertura de los energéticos nacionales y con pleno respeto al medio ambiente. Para el logro de tal fin, se requiere visión de largo plazo que permita encauzar las estrategias y los recursos hacia el desarrollo adecuado del sector, por medio de planes, programas y metas bien definidas que coadyuven al equilibrio de mercado y sustentabilidad ambiental, de la mano del bienestar y desarrollo económico de la población [1].

En la Estrategia Nacional de Cambio Climático México, 2007 [2], elaborada por la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, se precisan posibilidades y rangos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), se proponen los estudios necesarios para definir metas más precisas de mitigación y se esbozan las necesidades del país para avanzar en la construcción de capacidades de adaptación. El sector de generación y uso de la energía presenta diversas áreas de oportunidades para la mitigación de emisiones de GEI, tanto por el lado de la oferta como por el lado de la demanda. México se está uniendo al esfuerzo de varios países que fomentan el desarrollo sustentable para preservar el medio ambiente global. En el país existen regiones que cuentan con recurso eólico importante y que requieren de actividades productivas que contribuyan a mejorar las condiciones económicas y la calidad de vida de su población, entre las que se encuentra el Istmo de Tehuantepec en el estado de Oaxaca. Según el Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca [3], publicado en abril del 2004, en dicho estado existe una superficie aproximada de 6,600.00 km² con un potencial de recurso eólico entre bueno y excelente. Se considera que aproximadamente el 67% de los 6,600.00 km² de terreno con viento tienen un excelente potencial de recurso eólico. Usando un supuesto conservador de 5 MW por km², este terreno con viento podría alojar más de 33,000 MW de capacidad instalada potencial. Si se consideran áreas adicionales con un potencial moderado de recurso eólico (o bueno para aplicaciones de electrificación rural), la superficie total estimada con viento aumenta a más de 8,800.00 km², o casi 10% de la superficie terrestre total de Oaxaca.

Esta cantidad de terreno con viento podría alojar más de 44,000.00 MW de capacidad instalada potencial.

La gran mayoría de las empresas eólicas presentes en el Istmo de Tehuantepec, se han enfocado en las zonas con viento excelente. Existen en la región extensas áreas donde aún no se han realizado los estudios de pre-factibilidad técnica y económica de la instalación de centrales eoloelectricas, estando ubicadas en zonas atractivas por su potencial eólico. Una de esas regiones que se puede identificar en el mapa de la Fig. 1, es el Municipio Santo Domingo Tehuantepec, el cual se encuentra en una zona con un potencial eólico de excelente, con vientos “clase 6” (600 W/m^2 - 800 W/m^2 ; 7.7 m/s - 8.5 m/s) a bueno, vientos “clase 4” (400 W/m^2 - 500 W/m^2 ; 6.7 m/s - 7.3 m/s), estimado a 50 m de altura. Por esta razón, resulta necesario realizar un estudio micro-localizado en el Municipio Santo Domingo Tehuantepec, con una mayor resolución de cálculo a la utilizada en el mapa de [3], que permita evaluar el potencial eólico explotable y la viabilidad técnica de la instalación de parques eólicos en dicha zona. Con este objetivo, a partir de mediciones realizadas en la estación meteorológica de la UNISTMO y como parte de un proyecto de monitoreo permanente del recurso eólico en toda la región del Istmo, se realiza en este trabajo un mapeo eólico del municipio y se evalúa el potencial eólico.

2. Parte experimental

Para el estudio del potencial eólico en el Municipio Santo Domingo Tehuantepec, se utilizaron datos de velocidad y dirección del viento, registrados durante dos años en una estación meteorológica ubicada en la UNISTMO, Campus Tehuantepec (Tabla 1, Fig. 2).

Tabla 1. Características del sitio de medición.

Latitud	N 16°17'09" (1801878.0 m)
Longitud	W 95°14'28" (260516.9 m)
Altura sobre nivel del mar	43 m
Altura del anemómetro SNS	10 m
Duración del período de medición	2 años
Intervalo de promedio	1 minuto
Clase de rugosidad	0.92 (0.02 m)

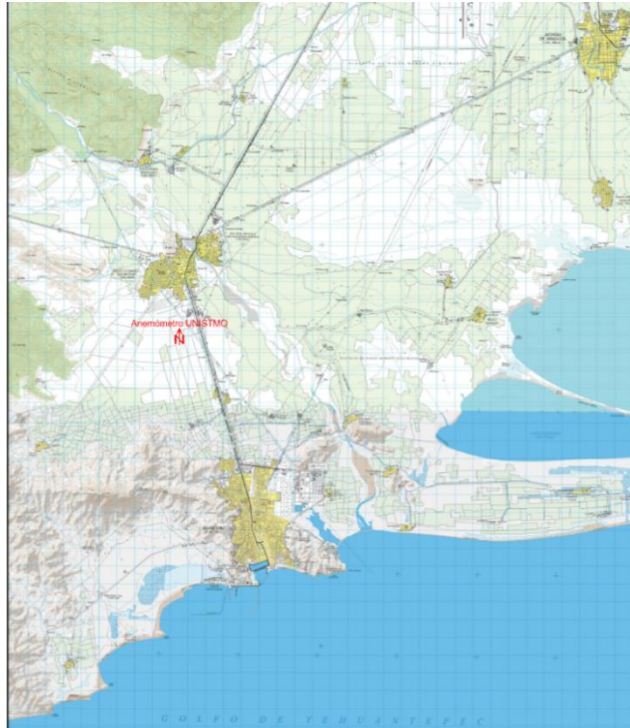


Fig. 1. Ubicación del sitio de medición en la zona de interés.

El análisis estadístico de los datos medidos y el mapa de viento en Tehuantepec fue generado utilizando el modelo de micro-escala WAsP 9.1, con una resolución de 100 metros. Este modelo también fue utilizado para estimar la producción energética de una turbina eólica Acciona AW82/1500 próxima a la estación. Fue utilizado este modelo de aerogenerador atendiendo a la actual presencia y/o interés de sus fabricantes en el mercado eólico del Istmo de Tehuantepec y a su mejor acoplamiento con las características del recurso eólico en el municipio. La velocidad de diseño óptima del aerogenerador fue calculada siguiendo el procedimiento descrito en [4], [5].

3. Resultados y Discusión

En la siguiente figura se presenta la rosa de los vientos en el sitio de medición, observándose un comportamiento direccional predominantemente desde la dirección NNW. Este comportamiento direccional facilita la instalación de parques eólicos en la zona, disminuyendo las pérdidas por estela de los aerogeneradores en la producción de energía.

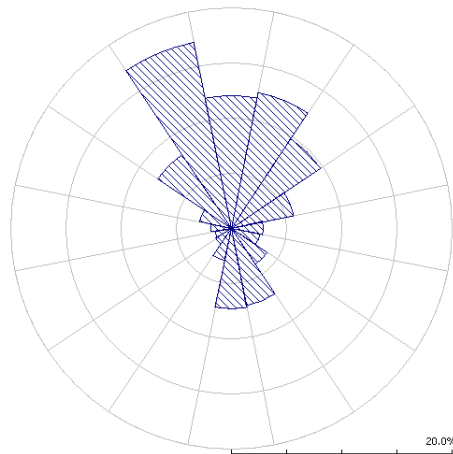


Fig. 2. Rosa de los vientos en el sitio de medición.

En la siguiente tabla se muestra un resumen del clima de viento regional, donde se muestran los valores de los parámetros de Weibull (c y k), la velocidad media (U), la densidad de potencia media (P), la densidad de potencia total (E), y la función de densidad de probabilidad Weibull (PDF); calculados para diferentes alturas y considerando una clase de rugosidad 1 (0.03 m).

Tabla 2. Resumen del clima de viento regional.

Altura	c [m/s]	k	U [m/s]	P [W/m ²]	PDF
10.0 m	8.39	1.14	8.00	128	<p> $A: 8.4 \text{ m/s}$ $k: 1.14$ $U: 8.0 \text{ m/s}$ $P: 1394 \text{ W/m}^2$ </p>
50.0 m	10.99	1.17	10.40	302	<p> $A: 11.0 \text{ m/s}$ $k: 1.17$ $U: 10.4 \text{ m/s}$ $P: 2902 \text{ W/m}^2$ </p>
80.0 m	11.88	1.19	11.19	380	<p> $A: 11.9 \text{ m/s}$ $k: 1.19$ $U: 11.2 \text{ m/s}$ $P: 3493 \text{ W/m}^2$ </p>

Según estos cálculos estamos ubicando una zona con un régimen de viento clase 3 (moderado, 300 – 400 W/m²).

La velocidad nominal óptima para estas condiciones de viento es de 19 m/s, mientras que la velocidad nominal de la turbina seleccionada es de 10.5 m/s, no obstante la velocidad media (según WAsP), en el sitio de la turbina es de 11.2 m/s, obteniéndose un factor de capacidad del 40 %, lo cual unido a una orografía predominantemente llana en muchas áreas de la región, hace atractivo el desarrollo de instalaciones eólicas en zonas cercanas. A continuación mostramos resultados preliminares obtenidos con el modelo WAsP 9.1 para un aerogenerador Acciona AW82/1500, situado en un sitio cercano a la estación anemométrica.

En la figura 4 se observa el mapa de densidad de potencia eólica media (kW/m^2) del área estudiada, calculado a 50 metros de altura y con una resolución de 100 metros. Podemos ver que en la mayor parte del área calculada en el grid la densidad de potencia se encuentra entre $1,000 \text{ W/m}^2$ y $2,000 \text{ W/m}^2$, con un valor promedio de $1,800 \text{ W/m}^2$ (velocidad promedio de 8.8 m/s).

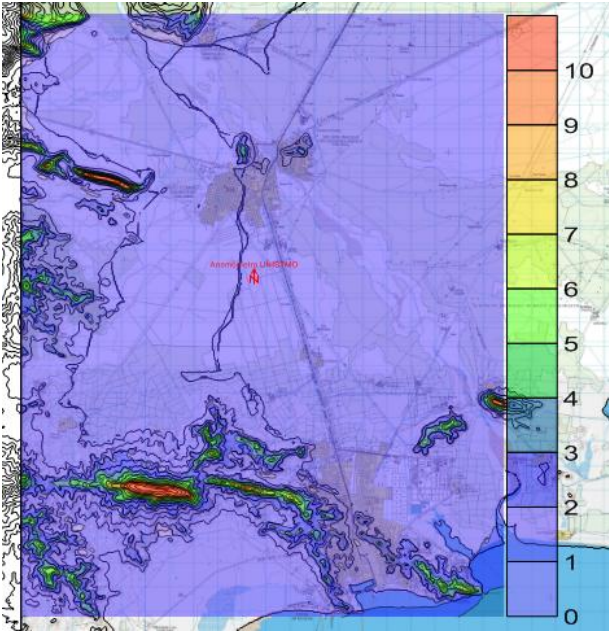


Fig. 3. Distribución espacial de la densidad de potencia eólica media (kW/m^2) en el área de estudio a 50 m de altura y 100 m de resolución.

En la tabla 3 se muestran las características de la turbina utilizada en los cálculos.

Tabla 3. Velocidades de operación del aerogenerador seleccionado

Modelo de Aerogenerador	Clase de Aerogenerador	V_i^a (m/s)	V_n^b (m/s)	V_s^c (m/s)	Diámetro del rotor (m)
Acciona AW82/1500	IIIb	3.0	10.5	20	82

a) Velocidad de inicio de generación b) Velocidad nominal c) Velocidad de salida de generación

En la figura 5 se muestra el clima de viento calculado en el sitio de la turbina a la altura del hub (80 m). Como se situó a pocos metros de la estación, es de esperarse que el perfil de viento sea similar al de la estación.

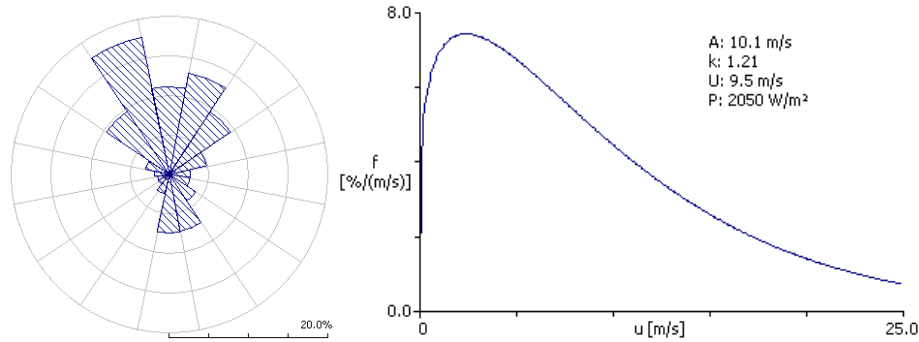


Fig. 4. Clima de viento en el sitio de la turbina a la altura del hub (80 m).

En la Tabla 4 se presentan los valores de energía neta anual producida por el aerogenerador seleccionado, así como el factor de capacidad estimado.

Tabla 4. Producción estimada para un aerogenerador.

Modelo	AEP_{net} (GWh)	Factor de capacidad medio (%)
Acciona AW82/1500	5.266	40

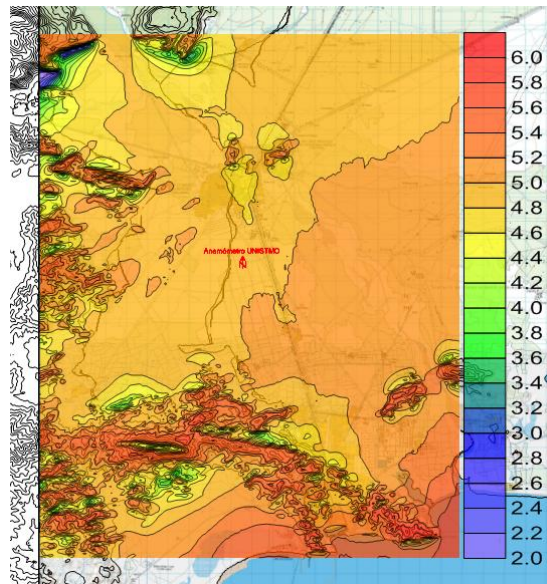


Fig. 5. Mapa de producción anual de energía (GWh).

En el mapa de la figura 6 se muestra la distribución espacial de la energía anual neta producida por el aerogenerador AW82/1500, que varía de 4.8 GWh – 5.4 GWh en la zona de interés. Estos valores son comparables con los producidos en los parques eólicos que operan en zonas próximas a la de estudio, significando que se podrían

realizar instalaciones eólicas que podrían aportar cantidades importantes de energía al mercado eléctrico regional.

4. Conclusiones

Los resultados de la evaluación del recurso eólico en Tehuantepec, muestran valores que justifican el emplazamiento de instalaciones eólicas para la producción de electricidad en la zona, con regímenes de viento Clase 3. Se estimaron factores de capacidad (40% como promedio) comparables con los obtenidos en las centrales que ya funcionan en zonas próximas al municipio, y en sitios con alto potencial eólico en otras partes del mundo. El atractivo de la zona para la instalación de centrales eoloelectricas, se ve incrementado por la existencia de una orografía predominantemente llana y un comportamiento direccional del viento, factores que favorecen la ubicación de los aerogeneradores.

Atendiendo a lo anterior, es recomendable emprender un estudio de viabilidad técnico-económica de la producción eoloelectrica en el municipio Tehuantepec a partir de centrales eoloelectricas. El estudio debe incluir la evaluación de las restricciones de redes eléctricas existentes, el análisis de las posibles limitaciones medioambientales, y la selección de la tecnología de aerogeneradores más adecuada al emplazamiento, definida por la norma IEC 61400-1

5. Referencias

- [1] Prospectiva del Sector Eléctrico 2009-2024. Secretaría de Energía. Dirección General de Planeación Energética. Estados Unidos Mexicanos. Available online at <http://www.energia.gob.mx>.
- [2] Estrategia Nacional de Cambio Climático México, 2007. Available online at <http://www.semarnat.gob.mx>.
- [3] D. Elliott, M. Schwartz, G. Scott, S. Haymes, D. Heimiller, R. George. National Renewable Energy Laboratory, EEUU. August 2003. Available online at <http://www.osti.gov/bridge>.
- [4] S.H. Jangamshetti G. Rau. Normalized power curves as a tool for identification of optimum wind turbine generator parameters. *IEEE Transactions on Energy Conversion* 16, (2001).
- [5] G. Hernández, O. Lastres, O. Probst, S. Pathiyamattom, and J.R. Dorrego. *Journal of Materials Science and Engineering*, Volume 4, No.2 (Serial No.27), 9, (2010).