



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO  
“VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO.**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:  
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

**PRESENTA:**

**CYNTHIA LIMA LOBATO  
MARÍA DEL CARMEN PÉREZ MALDONADO**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**M. I. TANYA MORENO CORONADO**



*Ciudad Universitaria, México D.F.*

*2012*



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*No puede impedirse el viento,  
pero se pueden construir molinos.*

*Proverbio holandés.*

AGRADECIMIENTOS

Después de mucho tiempo de carrera, quiero dedicar el producto de mi esfuerzo y agradecer con todo mi corazón, a mis padres **Alberto Lima Escudero y Celina Lobato Diego**, porque con su amor, cariño, apoyo incondicional, comprensión, consejos y sacrificios, he llegado a donde estoy, por siempre tener fe en mí, sin ustedes esto no habría sido posible, no hay palabras ni acciones suficientes para agradecerles todo lo que han hecho por mí, sin embargo este logro es el comienzo de lo poco que les puedo devolver, los amo mucho.

Quiero también expresarle mi gratitud a:

Mi hermana y mejor amiga Cely, por los ánimos y porras que me dio para seguir adelante, por siempre haber estado cuando más la necesitaba, compartiendo alegrías, tristezas y diferencias que solo se pueden vivir entre hermanas, quien nunca dejó de creer en mí, no dejó de apoyarme y tampoco dejó de escucharme, una amiga con la que puedo contar y ella sabe que puede contar conmigo, te amo mucho.

Tanya Moreno, mi directora de tesis, a quien admiro y quiero muchísimo, por todos los consejos, críticas, apoyo, confianza que me has brindado, no sólo has sido mi profesora, si no que eres mi amiga y mi segunda madre, gracias también por compartir conmigo muchas cosas durante mi estancia en la universidad, risas, lágrimas, clases, viajes, etc.

Mi estimada compañera de tesis Carmen, por las incontables horas de labor y haber hecho este trabajo conmigo, por escucharme y aguantarme, así como por los buenos y malos momentos.

Mi pareja y mejor amigo Fernando, por alentarme, orientarme y apoyarme mucho más en estos últimos instantes en la universidad, sin pedir nada a cambio, por su amor y cariño, gracias por estar a mi lado y por todo lo que haces por mí, te amo mucho.

AGRADECIMIENTOS

Todos y cada uno de mis hermanos de la facultad, con los que no solamente compartimos salón de clase, si no que pasamos muchas aventuras y desventuras fuera de ella, no dejando de estar en las buenas y en las malas, los quiero mucho, Rub, Rod, Pollo, Héctor, Juanito, Javier, Toño, Fabián, Martín, Monty, Rafita y Taba.

A quienes quiero mucho: Mary, Pau, Yorlini, Ale, Hylia, Susana, Tere, Ivonne, Mica, Ady, Luis, Ulises, Eric, Miguel, Carlos, Edgar, David, Alfonso, por su amistad, confianza, porque siempre están al pendiente de mí y porque son mis mejores amigos de la vida.

Un especial agradecimiento:

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, que por su apoyo generoso, me abrió las puertas para estudiar tan bonita carrera formándome integralmente como profesionista, junto con los profesores de la misma, me ayudaron también a crecer como persona.

Al Ing. Roberto Brown por haberme dado la oportunidad de estar en su clase, donde su experiencia, comprensión y paciencia, me han ayudado mucho académicamente y técnicamente en mis conocimientos en el área de Plantas Generadoras; al Dr. Arturo Reinking por su entusiasmo, su inspiración, y sus grandes esfuerzos para explicar las cosas con claridad y sencillez, hizo aun más profundo mi interés por las Energías Renovables; al Ing. Augusto Cifuentes por extender toda la ayuda desinteresada en muchas cosas, como por ejemplo incluirme en grandes proyectos, haberme aceptado en el Departamento de Proyectos de Ahorro de Energía para realizar mi servicio social, en donde aprendí a aplicar en la realidad conocimientos adquiridos en las aulas, etc.; a la Ing. Silvina Alonso por sus valiosos comentarios para esta tesis, la atención y el apoyo moral que siempre me brindó.

AGRADECIMIENTOS

DonQi México, por darme la oportunidad de desarrollar este trabajo, colaborando con las investigaciones realizadas para esta tesis.

A todos los que estuvieron directa e indirectamente conmigo, muchísimas gracias.



*Cynthia Lima Lobato*

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada quiero agradecerle a Dios por darme salud, una familia y amigos, estas personas tan importantes en mi vida que me quieren, apoyan y Amo.

Quiero agradecer a mis padres **Florina Maldonado y José Mario Pérez Beltrán**, quienes me dieron la oportunidad de existir, por sus sacrificios y que siempre me han cobijado, protegido y enseñado a caminar, quienes me sostienen ante cualquier adversidad ¡GRACIAS!, sin ustedes no sería la persona que soy.

A mis hermanos **José Mario, Alejandro, Enrique, Christian y Adriel**, que son mis guardianes que siempre me han cuidado y resguardado, que son con quienes he peleado y sonreído, los amo sobre cualquier cosa y por darme hermanas, Aurora, Vicky, Perla, Jazmín y Mary.

Gracias Aurora que siempre me has visto como tu hermana pequeña, escuchas, aconsejas inclusive regañas y premias.

Universidad Nacional Autónoma de México mi segundo hogar, gracias por darme la oportunidad de pertenecer a esta gran familia, por haberme cobijado en tus instalaciones, en ti aprendí a vivir cada etapa de mi vida, conocí lo que es una amistad y el amor.

Gracias Pao, Diana, Chelo, Susana, que el CCH fue lo más divertido y hemos crecido juntas.

Jaque y Pau que iniciamos este camino de ser ingenieras y que aprendimos que un 10 no era una buena calificación cuando se califica sobre 100 jajaja.

Gracias Alepsa (hermanita), Taylor, Garibay, que siempre, siempre han estado conmigo, en risas, gritos, lágrimas, apuros y siempre me han apoyado, espero sigamos reuniéndonos con Don Salud.

Gustavo que me mostraste lo que ahora es una de mis pasiones el FBA, y que gracias a eso he conocido gente maravillosa, mis coach, mis hermanas (Escorpionas, Guerreras, Vaqueras) y que juntas hemos defendido los colores que nos unen.

Debo agradecer de una manera especial y sincera a la Dra. Tanya Moreno por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección, su apoyo y confianza en mi

## ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

---

### AGRADECIMIENTOS

trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como Ingeniera, de igual forma a mi compañera Cynthia.

Gracias a IMPULSA IV, excelentes ingenieros y en especial al M. en I. Aviña, gracias a ti mis atardeceres no son lo mismo.

A todas personas que han estado en mi vida, de corazón ¡¡GRACIAS!!

Y sobre todo gracias Medusa por ser lo que eres, TeTam con todo mi ser.

Te Amo.



*María del Carmen Pérez Maldonado*

ÍNDICE

**ÍNDICE:**

Introducción	9
Capítulo 1	
Energía eléctrica	11
Capítulo 2	
Condiciones climáticas de las zonas urbanas de México	20
Capítulo 3	
Generador eólico	34
Capítulo 4	
Emplazamiento del aerogenerador	63
Capítulo 5	
Conclusiones	83
Anexo A	
Convenio DonQi y Comisión Federal de Electricidad	85
Anexo B	
Mediciones de viento de Tenayuca, Estado de México	86
Anexo C1	
Directrices que deberán seguir los modelos de contrato entre los suministradores y los generadores que utilicen energías renovables	93
Anexo C2	
Contrato de Interconexión para fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña escala	96
Anexo C3	
Características de los equipos de medición y comunicación	100
Anexo C4	
Requisitos técnicos para la interconexión de fuentes distribuidas de generación en pequeña escala	102

## INTRODUCCIÓN

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad la creciente demanda de energía en los países desarrollados, hace que cada vez se dependa más de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas), incitando al cambio climático global, ya que al quemarlos, emiten Gases de Efecto Invernadero (GEI), donde los humanos y la biodiversidad están expuestos a pérdidas irreversibles.

Es por eso, que se estudia el uso de fuentes de energías renovables (solar, eólico, hídrico, geotérmico, etc.), para proporcionar un suministro de energía sustentable y respetuosa con nuestro planeta, ya que son limpias y disminuyen las amenazas a nuestra salud.

En la presente tesis analizamos la factibilidad de la instalación de aerogeneradores con turbina tipo “Venturi” en zonas de México con el objetivo de promover el uso de la energía eólica.

En el capítulo 1, se habla sobre la historia de la energía eléctrica y eólica en México.

En el capítulo 2, realizamos una reseña del origen de los vientos, así como el potencial eólico con el que contamos en algunas zonas urbanas, que consideramos importantes para esta tesis. Dada la diversidad de climas favorables mostramos que México tiene el potencial para la implementación de esta tecnología.

En el capítulo 3, tratamos algunos aspectos técnicos donde describimos los aerogeneradores, así como los nuevos diseños que se encuentran en el mercado o están en desarrollo, detallando las características del equipo marca DonQi con el que trabajamos.

En el capítulo 4, se redacta el procedimiento de la instalación de un aerogenerador marca DonQi, realizada en oficinas del Programa de Ahorro de Energía del Sector

## INTRODUCCIÓN

Eléctrico (PAESE) de Comisión Federal de Electricidad (CFE), ubicadas en Tenayuca, Estado de México, para el estudio del potencial eléctrico y eólico de este proyecto.

Con las instalaciones y análisis del comportamiento del aerogenerador en nuestro país, el usuario generará su energía aportándola a la red eléctrica local, así se autoabastecerá, ahorrando dinero.

Utilizando este tipo de energía se ayudará a mitigar el deterioro del medio ambiente y las repercusiones que está teniendo en nuestras vidas diarias, minimizando la dependencia de combustibles fósiles, logrando que la energía renovable sea más viable para las nuevas generaciones, fomentando la sustentabilidad.

## CAPÍTULO 1

### ENERGÍA ELÉCTRICA.

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía resultante de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se les coloca en contacto por medio de sistemas físicos por la facilidad para trabajar con magnitudes escalares, en comparación con las magnitudes vectoriales como la velocidad o la posición.

La generación de energía eléctrica se lleva a cabo mediante técnicas muy diferentes. Las que suministran las mayores cantidades y potencias de electricidad aprovechan un movimiento rotatorio para generar corriente continua en un dinamo o corriente alterna en un alternador. El movimiento rotatorio resulta a su vez de una fuente de energía mecánica directa, como puede ser la corriente de un salto de agua, la producida por el viento, o a través de un ciclo termodinámico. En este último caso se calienta un fluido, al que se hace recorrer un circuito en el que mueve un motor o una turbina. El calor de este proceso se obtiene mediante la quema de combustibles fósiles, reacciones nucleares y otros procesos.

La generación de energía eléctrica es una actividad humana básica, ya que está directamente relacionada con los requerimientos actuales del hombre. Todas las formas de utilización de las fuentes de energía, tanto las habituales como las denominadas alternativas o no convencionales, agreden en mayor o menor medida el ambiente, siendo de todos modos la energía eléctrica una de las que causan menor impacto.

## 1.1 LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO.

A pesar de que México no participó en las labores de la investigación científica aplicada a la electricidad, muy temprano conocimos esta nueva tecnología.

Se dice que la primera planta generadora se instaló, en 1879, en León, Guanajuato, en una fábrica textil.

En los años 1880 al 1900, se iniciaron los servicios públicos de electricidad en la ciudad de México, instalándose lámparas eléctricas incandescentes, acoplamiento de los molinos de trituración con turbinas hidroeléctricas, utilización de la energía eléctrica para la tracción de vehículos, generadores eléctricos a base de vapor para bombeo, ventilación, alumbrado y molienda. Así mismo se constituyó la Compañía de Luz y Fuerza de Pachuca, como otras empresas eléctricas con tecnologías diversas, diferentes frecuencias de generación, voltaje, en corriente alterna y directa, donde la mayoría eran plantas aisladas para industrias, alumbrado público y pocos servicios domésticos.

En la última década del siglo XIX operaba en la ciudad de México la Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica, que tenía una planta, unos dinamos y un gasómetro, que proporcionaba servicio a particulares.

Hacia 1900 el 44% de la capacidad eléctrica instalada proveía a los fabricantes de telas, especialmente en las regiones de Orizaba, Monterrey y Atlixco. Los excedentes se vendían para alumbrado público y uso doméstico.

Entre los años 1900 y 1930, el crecimiento de la electricidad fue de 12 por ciento anual, de 31 a 390 MW. Se expidió el Código Nacional Eléctrico, presumiblemente copia del National Electric Code de Estados Unidos, para iniciar la normalización técnica. Existieron empresas importantes como Impulsora de Empresas Eléctricas, filial de Bond and Share norteamericana, y Mexicana de Luz y Fuerza.

ENERGÍA ELÉCTRICA

Desde 1930 hasta 1950, se constituyó lo que es ahora Comisión Federal de Electricidad cuyo objetivo primordial fue construir la infraestructura necesaria para dotar de energía eléctrica a toda la población. La capacidad de generación que alcanzó la CFE, no pudo ser equiparada por las empresas privadas. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación la primera Ley de la Industria Eléctrica, en la que se definió a la electricidad como un servicio público que puede ser prestado por el Estado o por los particulares mediante concesiones.

En 1950 existían 1 531 EE en el país, con casi 17 000 trabajadores agrupados en 50 sindicatos, 1 273 MW instalados y generación de 4 548 MWh, para una población de 25.75 millones y un consumo per cápita de 162.6 kWh.

Las centrales generadoras en el país operaban a diferentes frecuencias de generación, la mayoría eran de 50 ciclos por segundo en la ciudad de México –usadas actualmente en Europa– y en el resto de 60 ciclos por segundo que es de uso general en Estados Unidos; estas diferencias impedían interconexiones entre centrales generadoras, sistemas de transmisión y distribución.

Para 1960, se tomó la decisión de nacionalizar la industria de generación de energía, ya que había una capacidad instalada de 2,308 MW, de los cuales la CFE generaba el 54%. El resto se encontraba en manos de empresas como la Mexican Light que producía el 25% y la American and Foreign la cual aportaba el 12%, y el 9% restantes compañías de menor tamaño.

La ingeniería de diseño en generación, en principio en centrales hidroeléctricas y muy posteriormente, en 1976, una prestigiosa empresa extranjera capacitó al personal en diseño de centrales termoeléctricas.

Entre 1980 hasta 2010 el sector eléctrico en México comprendía dos empresas propiedad de la Nación: CFE y Luz y Fuerza del Centro, esta última operaba en el área metropolitana de la Ciudad de México y la primera en el resto del país. Las dos verticalmente en generación, transmisión y distribución.

ENERGÍA ELÉCTRICA

En la actualidad, la capacidad instalada que reporta la CFE hasta diciembre del 2011 es de 51,177 MW, dividiéndose ésta en diferentes fuentes, las termoeléctricas producen el 45.2%, mientras que 23.3% corresponde a los Productores Independientes de Energía, las hidroeléctricas contribuyen con el 21.9%, las carboeléctricas producen el 5.1%, y en menor grado las geotérmicas con 1.7% de la producción nacional, 0.2% las eoléctricas y el 2.7% lo aportan las nucleoeeléctricas. Dentro del Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico, se ha considerado como un objetivo primordial la capacidad futura, hacia 2014 se estima tener una generación total de 22,126 MW, y 28,527 Km de líneas de transmisión.

México es uno de los países latinoamericanos que cuentan con potencial importante de recurso eólico a nivel mundial, en tierra que puede ser explotado en el mediano y largo plazos con un marco regulatorio más claro y transparente, con incentivos económicos reales en el corto plazo, esto es en el Istmo de Tehuantepec, Estado de Oaxaca. La energía eólica del Istmo de Tehuantepec podría suministrarnos un 7% de las necesidades de energía eléctrica a nivel nacional, donde el Instituto de Investigaciones Eléctricas y la Comisión Federal de Electricidad impulsaron el primer parque eólico el cual cuenta con 98 aerogeneradores que producen 83 megavatios, en 700 hectáreas.

## 1.2. ENERGÍA EÓLICA

### 1.2.1. HISTORIA DE LA ENERGÍA EÓLICA

El uso más antiguo de la energía eólica del que se tiene documentación es como medio de locomoción. Existen dibujos egipcios, de 5000 años de antigüedad, que muestran naves con velas utilizadas para trasladarse por el Nilo. Hasta el siglo XIX, con el perfeccionamiento e introducción de las máquinas de vapor, la navegación dependió casi exclusivamente de este recurso energético. Ya en el siglo XX, con la invención de los motores de combustión interna, la navegación a vela quedó relegada sólo a las actividades deportivas y a algunas actividades comerciales en pueblos costeros.



Capítulo 1 Figura 1  
Panémonas  
Fuente: [www.iae.org.ar](http://www.iae.org.ar)

Las primeras máquinas eólicas de las que se tiene documentación datan del siglo VI eran de eje vertical (Figura 1) y se las utilizaba para moler granos y bombear agua en la región de Sijistán, entre Irán y Afganistán. Existen indicios, aunque no demostrados, de que el uso de estos molinos, denominados panémonas, se remonta según distintos autores a entre 200 y 500 años antes de nuestra era.

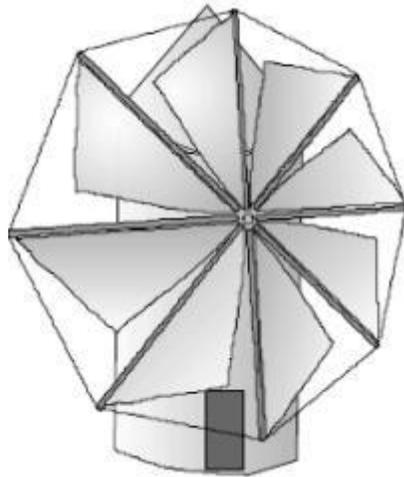
Con posterioridad, y especialmente en las islas griegas del Mediterráneo, se desarrollaron molinos de viento de eje horizontal (Figura 2) cuya principal característica fue la utilización de velas triangulares a modo de palas.

ENERGÍA ELÉCTRICA

Aún hoy son utilizados en la isla griega de Mikonos para moler granos. Es de destacar que éste tipo de diseño permite ajustar la superficie de captación, según la velocidad del viento, arrollando las velas en sus "mástiles".

En el siglo XI los molinos de viento eran extensivamente utilizados en el Medio Oriente. Recién en el siglo XIII y como consecuencia de las Cruzadas fueron introducidos en Europa.

Durante la Edad Media se construyeron muchos molinos llegando al extremo de que los señores feudales se reservaban el derecho de autorizar su construcción, como modo de obligar a sus súbditos a moler los granos en los molinos de su propiedad. Plantar árboles cerca de ellos estaba prohibido pues debía asegurarse la libre incidencia del viento.



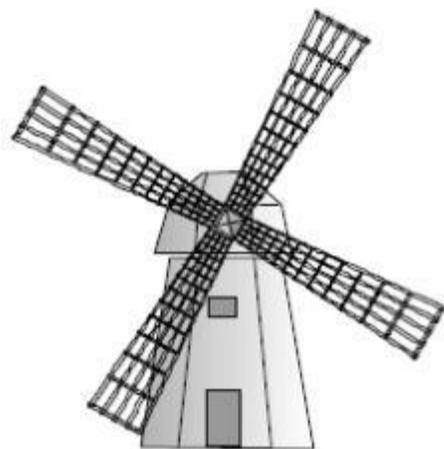
Capítulo 1 Figura 2  
Molino Griego  
Fuente: [www.iae.org.ar](http://www.iae.org.ar)

En el siglo XIV los holandeses tomaron el liderazgo en el mejoramiento de los molinos comenzaron a utilizarlos extensivamente para drenar las regiones pantanosas del delta del río Rin. A fines del siglo XV se construyeron los primeros molinos de viento para la elaboración de aceites, papel y procesar la madera en aserraderos.

ENERGÍA ELÉCTRICA

A comienzos del siglo XVI se empezaron a utilizar para el drenaje de "polders", empleándose máquinas de hasta 37 kW (50 HP) cada una (Figura3). A mediados del siglo XIX cerca de 9000 molinos operaban en Holanda con diferentes propósitos, algunos de hasta 65 kW (90 HP). Con la introducción de las máquinas de vapor durante la Revolución Industrial comenzaron a declinar y menos de 1000 máquinas estaban en condiciones de operación a mediados del siglo XX.

En Dinamarca, al finalizar el siglo XIX, cerca de 3000 molinos eran utilizados con fines industriales y cerca de 30.000 en casa y granjas, proveyendo una potencia equivalente a 200 MW. Como en otras regiones del mundo la aparición de alternativas más baratas de abastecimiento energético hizo que paulatinamente fueran reemplazándose por máquinas térmicas o motores eléctricos alimentados desde las redes.



Capítulo 1 Figura 3  
Molino Holandés  
Fuente: [www.iae.org.ar](http://www.iae.org.ar)

Procesos similares tuvieron lugar en otras regiones del mundo, haciendo que el uso del recurso eólico quedase relegado a satisfacer necesidades puntuales en medios rurales o comunidades aisladas, sin ninguna participación en el mercado energético.

ENERGÍA ELÉCTRICA

Los países industrializados focalizaron sus desarrollos en el abastecimiento de energía eléctrica. Los logros alcanzados en el plano de la investigación y desarrollo y, más aún, en las tecnologías de producción de turbinas eólicas, han hecho que, en el presente, el recurso eólico haya dejado de ser una potencial alternativa de abastecimiento para convertirse en una realidad. Las turbinas eólicas son hoy una opción más en el mercado de la generación eléctrica.

Distinto es el caso de los países no industrializados, o menos desarrollados, donde la falta de sistemas de distribución y la carencia de recursos para afrontar las enormes inversiones necesarias, modifican el enfoque. En muchos de estos países el interés se focaliza en la urgente necesidad de cubrir demandas insatisfechas y potenciar el desarrollo regional. Esto a motorizado el desarrollo de máquinas eólicas de menor costo que, han demostrado ser competitivas.

### 1.3 CONCLUSIÓN

Es importante conocer la historia de la generación de energía eléctrica, es por eso en este capítulo hablamos de ella así como de la energía eólica.

#### Fuentes Capítulo 1:

[www.mapserver.inegi.gob.mx](http://www.mapserver.inegi.gob.mx)

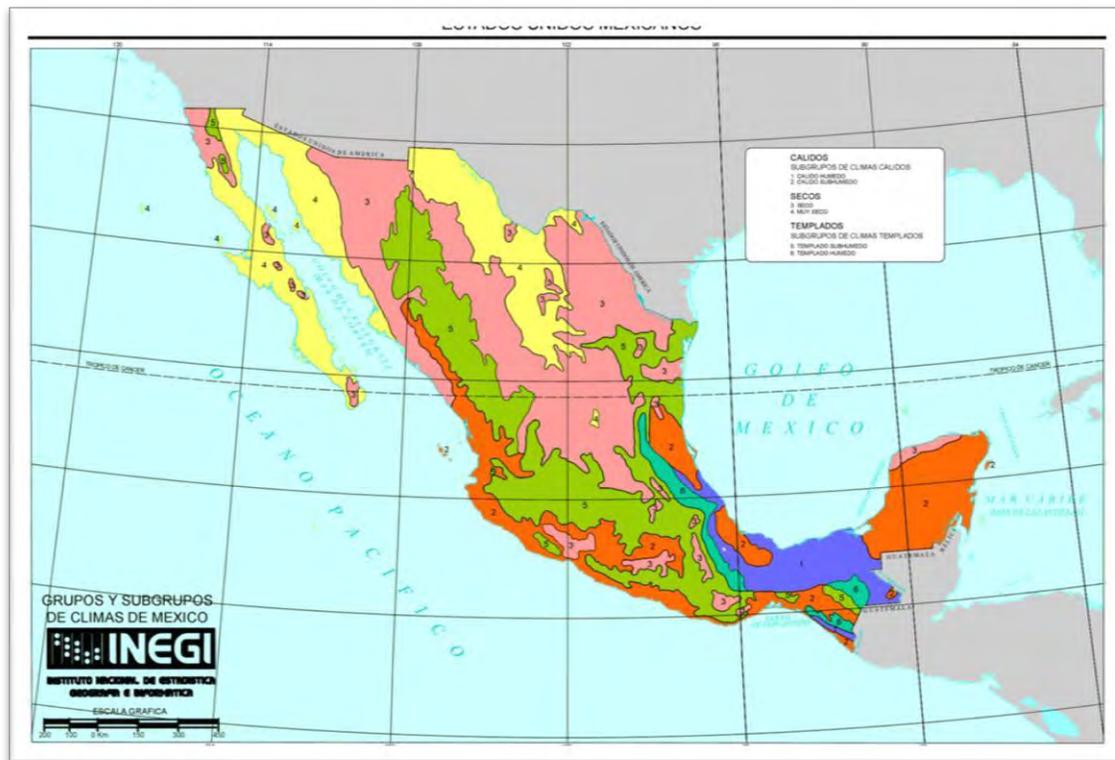
[www.iae.org.ar/renovables/ren\\_eolica.pdf](http://www.iae.org.ar/renovables/ren_eolica.pdf)

## CAPÍTULO 2

### CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LAS ZONAS URBANAS DE MÉXICO

El clima abarca los valores estadísticos sobre los elementos del tiempo atmosférico en una región durante un período representativo: temperatura, humedad, presión, viento y precipitaciones, principalmente.

Los factores naturales que afectan al clima son la latitud, altitud, orientación del relieve, continentalidad (o distancia al mar) y corrientes marinas. Según se refiera al mundo, a una zona o región, o a una localidad concreta se habla de clima global, zonal, regional o local (microclima), respectivamente.



Capítulo 2 Mapa 1

Climas de México

Fuente: [www.mapserver.inegi.gob.mx](http://www.mapserver.inegi.gob.mx)

## 2.1 ORIGEN DE LOS VIENTOS

El calentamiento dispar de la superficie terrestre por acción de la radiación solar es el principal causante de los vientos. En las regiones ecuatoriales se produce una mayor absorción de radiación solar que en las polares; el aire caliente que se eleva en los trópicos es reemplazado por las masas de aire fresco superficiales proveniente de los polos. El ciclo se cierra con el desplazamiento, por la alta atmósfera, del aire caliente hacia los polos. Esta circulación general, que sería la observada si la tierra no girase, se ve profundamente alterada por el movimiento de rotación de la tierra generando zonas de vientos dominantes que responden a patrones definidos (ver Figura 1). A lo largo de un año las variaciones estacionales de la radiación solar incidente provocan variaciones en la intensidad y dirección de los vientos dominantes en cada uno de los puntos de la corteza terrestre.



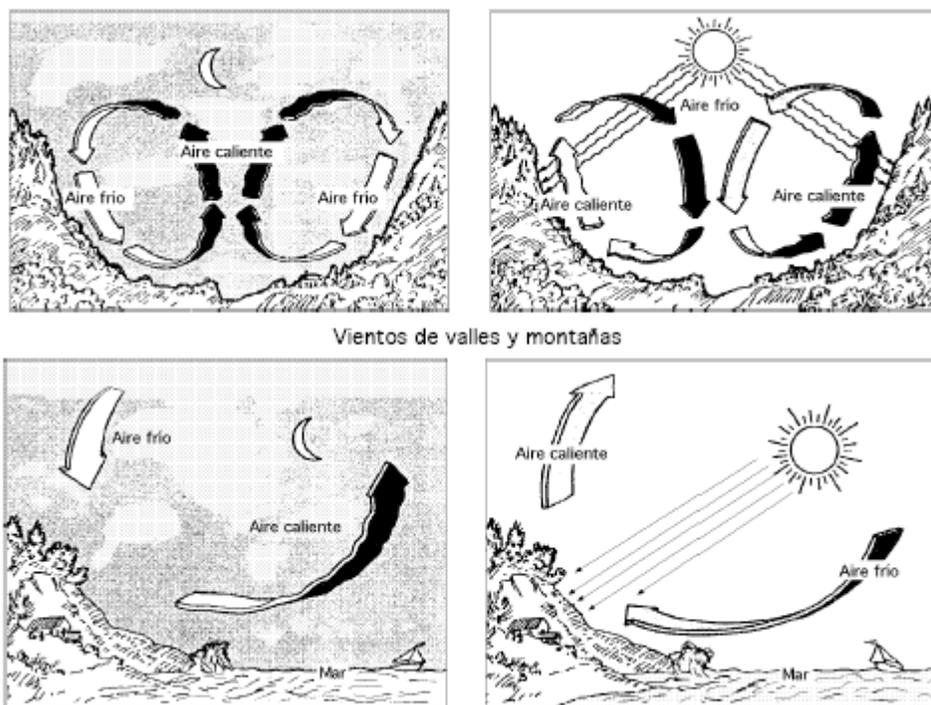
Capítulo 2 Figura 1

Circulación de la atmósfera

Fuente: [esiatecamachalco.foroactivo.com](http://esiatecamachalco.foroactivo.com)

CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LAS ZONAS URBANAS DE MÉXICO

Además del movimiento general de la atmósfera, que define los vientos dominantes en las grandes regiones de la tierra, al estar ésta más caliente, existen fenómenos de características locales que originan estructuras particulares de los vientos. Tal es el caso de las brisas de tierra y de mar, motivadas por el calentamiento desigual de las masas de aire. Durante el día se generan a lo largo de la costa vientos desde el mar hacia tierra, revirtiéndose el proceso en horas nocturnas (Figura 2).



Vientos de valles y montañas

Capítulo 2 Figura2

Vientos particulares y locales

Fuente: [www.extractores.com.mx](http://www.extractores.com.mx)

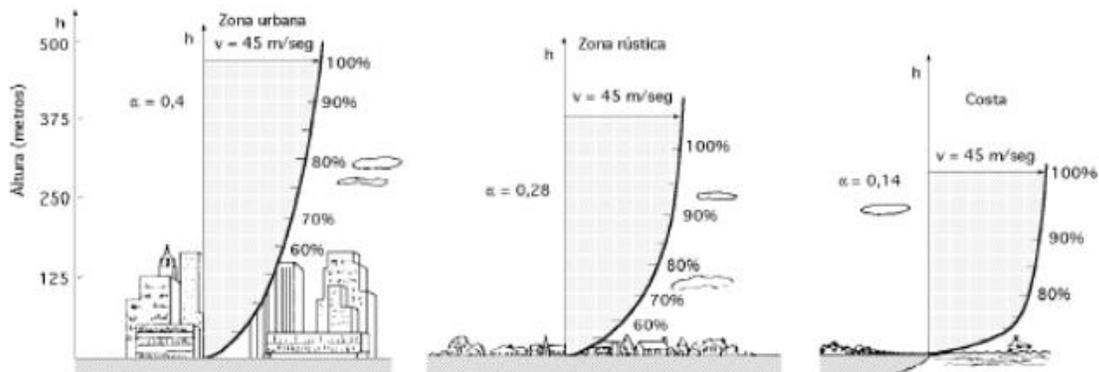
Un fenómeno similar sucede en zonas montañosas donde las brisas de montaña y de valle son originadas por el calentamiento del aire en contacto con las laderas, generándose corrientes ascendentes durante las horas de sol y descendentes durante la noche.

CONDICIONES CLIMATICAS DE LAS ZONAS URBANAS DE MÉXICO

Es importante señalar que la velocidad del viento varía con la altura (Figura 3) y depende fundamentalmente de la naturaleza del terreno sobre el cual se desplazan las masas de aire. La variación de velocidad puede representarse mediante la siguiente ley de Hellman:

$$V_h = V_{10} \left[ \frac{h}{10} \right]^\alpha$$

Donde  $V_h$  es la velocidad del viento a la altura  $h$ ,  $V_{10}$  es la velocidad del viento a 10 metros de altura y  $\alpha$  es el exponente de Hellman que caracteriza al terreno, pudiendo variar entre 0.08 (sobre superficies lisas como hielo, lagunas, etc.) y 0.40 (sobre terrenos muy accidentados).



Capítulo 2 Figura 3

Perfil del viento con la altura

Fuente: [www.extractores.com.mx](http://www.extractores.com.mx)

## 2.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LAS ZONAS URBANAS MÁS IMPORTANTES DE MÉXICO.



Capítulo 2 Mapa 2  
Regiones CFE Fuente:  
[www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

Para evaluar la viabilidad de la instalación de un proyecto eólico en una zona urbana, es necesario consultar los mapas de viento del lugar donde se situará el o los aerogeneradores. Para nuestro estudio, primeramente dividimos México en regiones según la Comisión Federal de Electricidad, después por cada región escogimos las ciudades más pobladas según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, para observar sus velocidades de viento con las que se cuentan.

**ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO**

CONDICIONES CLIMATICAS DE LAS ZONAS URBANAS DE MÉXICO

<b>Región</b>	<b>Zona urbana</b>
Baja California	Tijuana
Pacífico Norte	Guaymas
Norte	Monterrey
Golfo	Tampico
Occidente	Guadalajara
Centro	Ciudad de México
Pacífico Sur	Acapulco
Surest	Tuxtla Gutiérrez
Península de Yucatán	Mérida

Capítulo 2 Tabla 1  
Regiones de México más pobladas  
Fuente: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

**2.2.1 VIENTOS PREDOMINANTES EN LAS ZONAS URBANAS MÁS CONGLOMERADAS**

*Región Baja California: Tijuana, Baja California.*

En cuanto a los vientos dominantes, por lo regular provienen todo el año del suroeste al noreste.

Mes del año	ene	feb	mar	abr	Mayo	juni	jul	ago	sep	oct	nov	dic	SUM
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Probabilidad del viento > = 4 Beaufort (%)	16	15	21	19	16	11	15	24	17	28	14	11	17
Promedio Velocidad del viento (m/s)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4

Capítulo 2 Tabla 2  
Promedio velocidad de viento anual  
Fuente: [es.windfinder.com](http://es.windfinder.com)

# ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

## CONDICIONES CLIMATICAS DE LAS ZONAS URBANAS DE MÉXICO

### *Región Pacífico Norte: Guaymas, Sonora*

Respecto a los vientos dominantes, estos provienen de mayo a junio del norte y durante el verano y otoño del sureste.

Mes del año	ene	feb	mar	abr	Mayo	juni	jul	ago	sep	oct	nov	dic	SUM
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Propabilidad del viento > = 4 Beaufort (%)	23	23	31	33	33	39	36	33	26	22	14	19	27
Promedio Velocidad del viento (m/s)	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	4	4	5

**Capítulo 2 Tabla 3**  
**Promedio velocidad de viento anual**  
 Fuente: es.windfinder.com

### *Región Norte: Monterrey, Nuevo León*

Los vientos dominantes provienen del oeste y del sureste; estos últimos del cañón del Huajuco. En el invierno predominan los del norte, que en febrero y marzo soplan con mayor fuerza.

Mes del año	ene	feb	mar	abr	Mayo	juni	jul	ago	sep	oct	nov	dic	SUM
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Propabilidad del viento > = 4 Beaufort (%)	n/a	n/a	25	35	25	24	19	22	n/a	n/a	n/a	n/a	25
Promedio Velocidad del viento (m/s)	n/a	n/a	5	5	4	5	4	4	n/a	n/a	n/a	n/a	4

**Capítulo 2 Tabla 4**  
**Promedio velocidad de viento anual**  
 Fuente: es.windfinder.com

CONDICIONES CLIMATICAS DE LAS ZONAS URBANAS DE MÉXICO

*Región Golfo: Tampico, Tamaulipas*

Los vientos predominantes en otoño e invierno son los denominados "nortes", mientras que en las otras estaciones varían de sur a norte. Por estar la región expuesta a los fenómenos de tipo hidrometeorológico son comunes los ciclones y vientos huracanados.

Mes del año	ene 01	feb 02	mar 03	abr 04	Mayo 05	juni 06	jul 07	ago 08	sep 09	oct 10	nov 11	dic 12	SUM 1-12
Probabilidad del viento > = 4 Beaufort (%)	29	35	51	50	48	39	34	28	22	27	29	31	35
Promedio Velocidad del viento (m/s)	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5

Capítulo 2 Tabla 5  
Promedio velocidad de viento anual  
Fuente: es.windfinder.com

*Región Occidente: Guadalajara, Jalisco*

El viento dominante proviene del oeste con el 15.5% de la frecuencia total, siguiéndole los vientos del este con el 7.5%. En ambos casos, sus velocidades son de entre 5 a 20 km/h y en forma temporal presentan velocidades de 21 a 35 km/h. Así mismo, se observa que los períodos de calma (ausencia de viento y/o vientos muy débiles menores a 4 km/h), alcanzan una frecuencia del 44.3%, lo cual indica el gran potencial de acumulación de los contaminantes por falta de ventilación en la ZMG.

El viento manifiesta dos patrones principales de circulación; el primer patrón con 33% de la frecuencia total, indica un flujo de vientos occidentales, incluyendo las direcciones suroeste, oeste-suroeste, oeste, oeste-noroeste y noroeste, para las épocas de invierno-primavera; el segundo patrón en importancia, con el 18% de incidencia, son los vientos orientales que incluye a las direcciones noreste, este-noreste, este, este-sureste y sureste para las épocas de verano-otoño. Con relación a los vientos provenientes del norte y sur, ambos comparten sólo el 5% de la frecuencia total, representando una incidencia poco importante en la circulación local.

# ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

## CONDICIONES CLIMATICAS DE LAS ZONAS URBANAS DE MÉXICO

Mes del año	ene	feb	mar	abr	Mayo	juni	jul	ago	sep	oct	nov	dic	SUM
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Propabilidad del viento > = 4 Beaufort (%)	11	16	21	26	18	12	5	4	4	8	8	8	11
Promedio Velocidad del viento (m/s)	4	4	4	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3

Capítulo 2 Tabla 6  
Promedio velocidad de viento anual

Fuente: es.windfinder.com

### *Región Centro: Ciudad De México, Distrito Federal*

Los vientos dominantes se direccionan de noreste a suroeste, encontrándose con la cadena montañosa que cierra la cuenca por el sur; de tal forma que las corrientes aéreas se detienen en esa zona, junto con los contaminantes que arrastran o se forman en el trayecto. Además, persiste una condición anticiclónica de la micro atmósfera de la cuenca; esta característica provoca que los vientos sean muy débiles la mayor parte del tiempo y, por lo tanto, se presenta una ventilación pobre.

Ambas características impiden una circulación óptima de los vientos, generando en la atmósfera condiciones para una alta concentración de gases contaminantes.

Mes del año	ene	feb	mar	abr	Mayo	juni	jul	ago	sep	oct	nov	dic	SUM
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Propabilidad del viento > = 4 Beaufort (%)	n/a	17	20	15	20	20	19	17	n/a	n/a	n/a	n/a	18
Promedio Velocidad del viento (m/s)	n/a	4	4	3	4	4	4	4	n/a	n/a	n/a	n/a	3

Capítulo 2 Tabla 7  
Promedio velocidad de viento anual

Fuente: es.windfinder.com

**ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO**

CONDICIONES CLIMATICAS DE LAS ZONAS URBANAS DE MÉXICO

*Región Pacífico Sur: Acapulco, Guerrero*

En cuanto a los vientos dominantes, por lo regular provienen todo el año del oeste, fuertes.

Mes del año	ene 01	feb 02	mar 03	abr 04	Mayo 05	juni 06	jul 07	ago 08	sep 09	oct 10	nov 11	dic 12	SUM 1-12
Propabilidad del viento > = 4 Beaufort (%)	11	11	24	29	28	22	13	16	8	11	6	6	15
Promedio Velocidad del viento (m/s)	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4

Capítulo 2 Tabla 8  
Promedio velocidad de viento anual  
Fuente: es.windfinder.com

*Sureste: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*

En cuanto a los vientos dominantes fuertes, por lo regular provienen todo el año del suroeste.

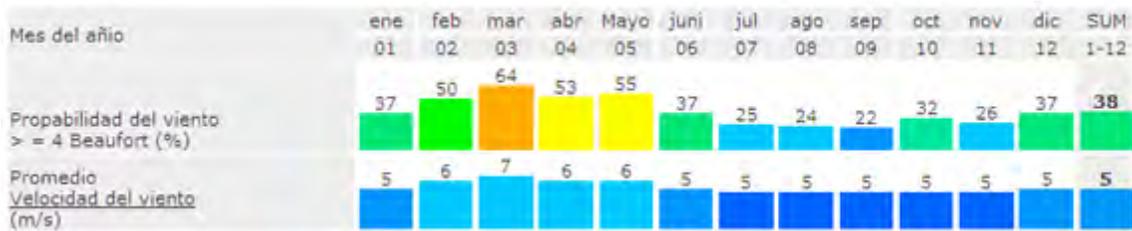
Mes del año	ene 01	feb 02	mar 03	abr 04	Mayo 05	juni 06	jul 07	ago 08	sep 09	oct 10	nov 11	dic 12	SUM 1-12
Propabilidad del viento > = 4 Beaufort (%)	16	23	30	29	20	13	11	12	9	8	7	14	16
Promedio Velocidad del viento (m/s)	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4	5	5	4

Capítulo 2 Tabla 9  
Promedio velocidad de viento anual  
Fuente: es.windfinder.com

CONDICIONES CLIMATICAS DE LAS ZONAS URBANAS DE MÉXICO

*Región Península de Yucatán: Mérida, Yucatán*

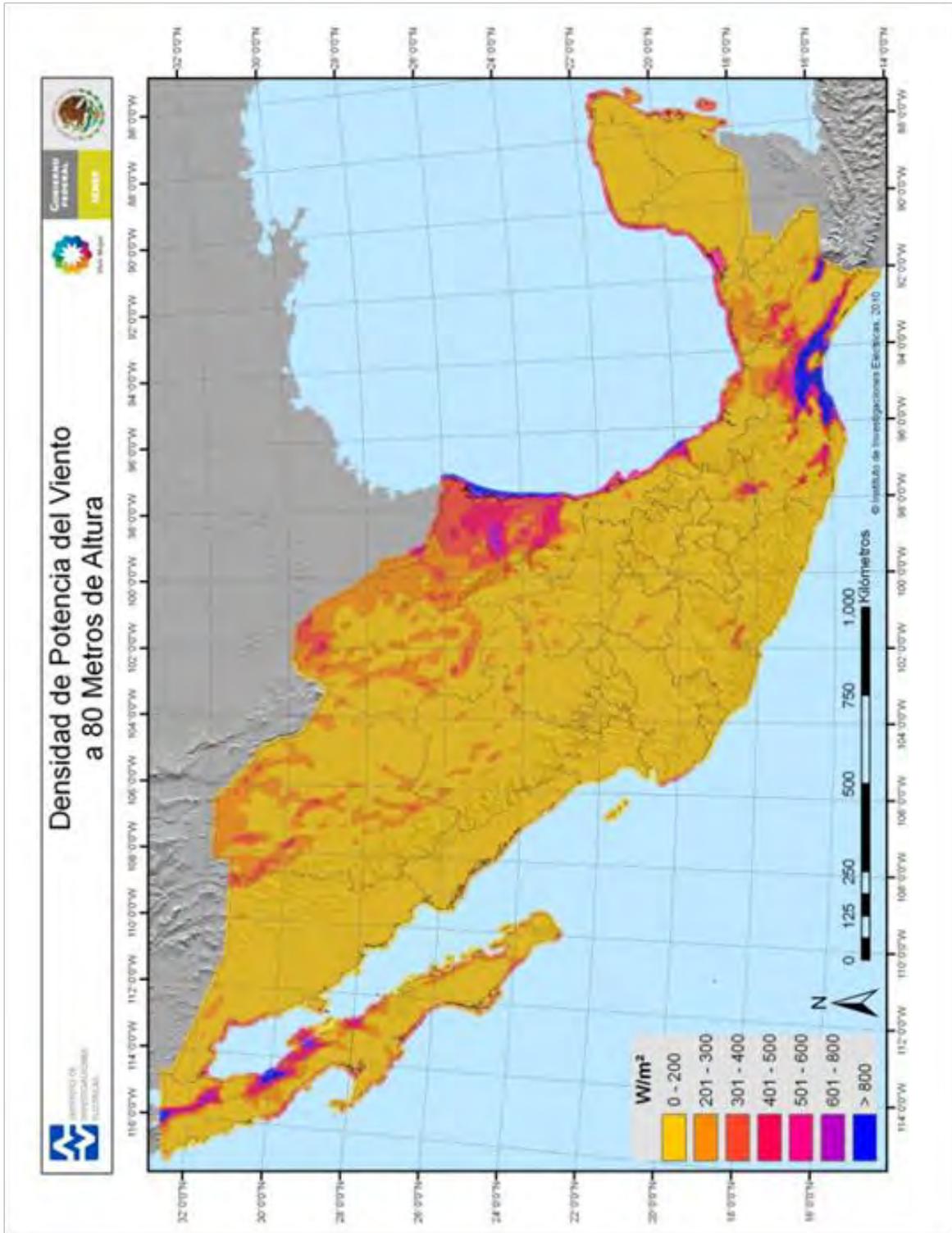
Los vientos característicos son los del sureste o "lahunlakin ik", del noroeste o "xamanxikin ik" y el del norte o "xaman ik". Las tormentas tropicales son esporádicas y leves entre los meses de agosto y octubre, y de septiembre hasta enero son comunes los vientos del norte que nublan y refrescan la ciudad, después de los cuales vuelve a brillar "kin", el sol, casi con la misma intensidad que en el verano.



Capítulo 2 Tabla 10  
Fuente: es.windfinder.com

En el mapa 3 se muestra el recurso eólico a 80 m de altura donde se tiene que hay muchas regiones de México que cuentan con viento de baja velocidad, mientras sube la velocidad del viento van disminuyendo las regiones.

CONDICIONES CLIMATICAS DE LAS ZONAS URBANAS DE MÉXICO

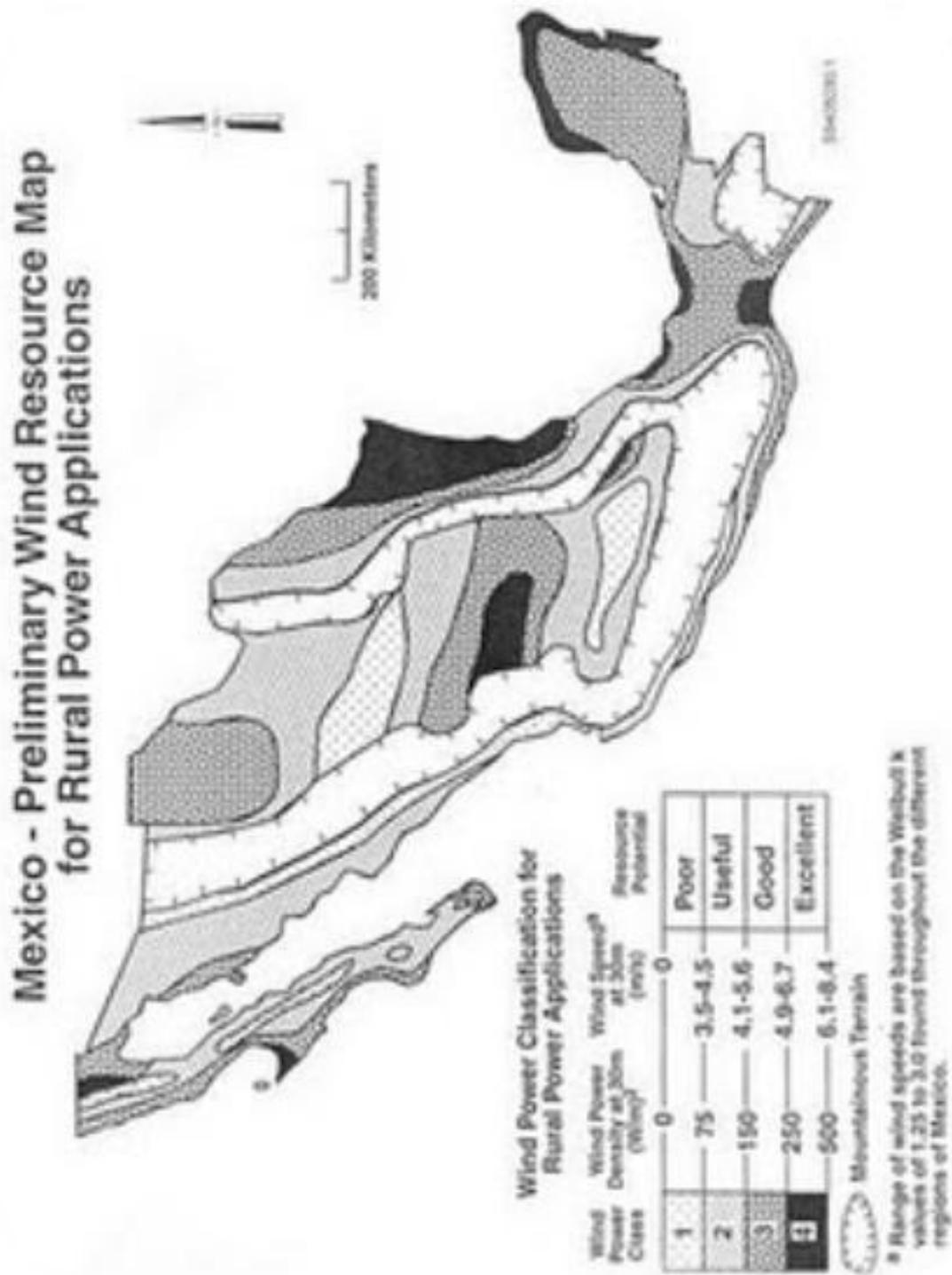


Capítulo 2 Mapa 3

Potencial eólico

Fuente: [www.renovables.gob.mx](http://www.renovables.gob.mx)

CONDICIONES CLIMATICAS DE LAS ZONAS URBANAS DE MÉXICO



Capítulo 2 Mapa 4  
Fuente: [www.windfair.net](http://www.windfair.net)

## **2.3 CONCLUSIÓN**

Hemos observado que nuestro país cuenta con potencial eólico para generación de electricidad por medio de ella, es decir, la utilización de la energía eólica como fuente alternativa para generación es viable ya que existe este energético en todo México.

### **Fuentes Capítulo 2:**

[www.sag01.iiie.org.mx](http://www.sag01.iiie.org.mx) [es.windfinder.com](http://es.windfinder.com) [www.windfair.net](http://www.windfair.net)  
[www.mapserver.inegi.gob.mx](http://www.mapserver.inegi.gob.mx) [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)  
[esiatecamachalco.foroactivo.com](http://esiatecamachalco.foroactivo.com)  
[www.renovables.gob.mx](http://www.renovables.gob.mx)  
[www.extractores.com.mx](http://www.extractores.com.mx)

GENERADOR EÓLICO

## CAPÍTULO 3

### GENERADOR EÓLICO

El aerogenerador convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Los aerogeneradores son algo inusuales, si se les compara con los otros equipos generadores que suelen encontrarse conectados a la red eléctrica. Una de las razones es que el generador debe trabajar con una fuente de potencia (el rotor de la turbina eólica) que suministra una potencia mecánica muy variable (momento torsor).



Capítulo 3 Imagen 1  
La Venta, Oaxaca

### 3.1 CARACTERÍSTICAS DEL AEROGENERADOR

Las partes de un aerogenerador que transforman la energía cinética del viento en energía eléctrica se encuentran en la góndola, que sirve para proteger esos componentes claves.

El viento mueve las palas del aerogenerador y a través de un sistema mecánico de engranajes hacen girar el rotor. La energía mecánica rotacional del rotor es transformada en energía eléctrica por el generador.

Las partes principales del aerogenerador son:

#### *Hélice*

Es un dispositivo formado por un conjunto de elementos denominados palas o álabes, montados de forma concéntrica alrededor de un eje, girando alrededor de éste en un mismo plano. Su función es transmitir a través de las palas su propia energía cinética (que adquiere al girar) a un fluido, creando una fuerza de tracción; o viceversa, "tomar" la energía cinética de un fluido para transmitirla mediante su eje de giro a otro dispositivo.

#### *Góndola*

Carcasa que protege las partes fundamentales del aerogenerador.

#### *Generador eléctrico*

Es una de las partes más importantes de un aerogenerador.

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes.

## GENERADOR EÓLICO

Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (F.E.M.). Están basados en la ley de Faraday.

El generador eléctrico de una fase genera una corriente eléctrica alterna (cambia periódicamente de sentido), haciendo girar un imán permanente cerca de una bobina.

Un generador es una máquina eléctrica que realiza el proceso inverso que un motor eléctrico, el cual transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Aunque la corriente generada es corriente alterna, puede ser rectificadas para obtener una corriente continua. La corriente inducida en un generador simple es de una sola fase. La mayoría de los generadores de corriente alterna son de tres fases.

### *Inversor*

Convierte la corriente continua en corriente alterna.

Un inversor simple consta de un oscilador que controla a un transistor, el cual se utiliza para interrumpir la corriente entrante y generar una onda cuadrada. Esta onda cuadrada alimenta a un transformador que suaviza su forma, haciéndola parecer un poco más una onda senoidal y produciendo el voltaje de salida necesario. Las formas de onda de salida del voltaje de un inversor ideal deberían ser sinusoidales. Una buena técnica para lograr esto es utilizar la técnica de PWM logrando que la componente principal senoidal sea mucho más grande que las armónicas superiores.

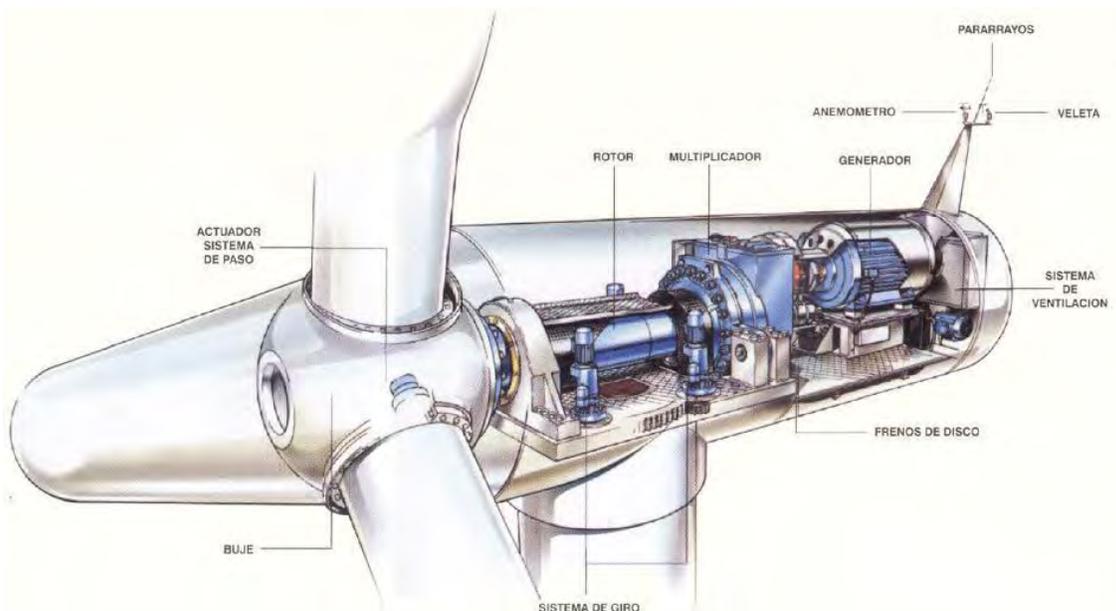
GENERADOR EÓLICO

*Veleta*

El conocer la dirección del viento es una parte importante para los aerogeneradores. Una veleta es una herramienta para medir la dirección del viento y probablemente fue uno de los primeros instrumentos meteorológicos que se usó. Para determinar la dirección del viento, la veleta gira y apunta en la dirección desde la que viene el viento y generalmente tiene dos partes o extremos: uno que generalmente tiene la forma de una flecha y que voltea hacia el viento y otro extremo que es más ancho para que atrape la brisa. La flecha apuntará hacia la dirección desde la que sopla el viento, así que si está apuntando hacia el este, significa que el viento viene del este. Además, la dirección del viento es desde donde sopla el viento.

*Mástil*

Es la parte del aerogenerador que soporta la góndola que contiene el generador eléctrico.



Capítulo 3 Imagen 2

Componentes de un aerogenerador

Fuente: [www.renovables-energia.com/2009/09/componentes-de-un-aerogenerador/](http://www.renovables-energia.com/2009/09/componentes-de-un-aerogenerador/)

### 3.2 AEROGENERADORES

La sociedad americana de energía eólica liberó su informe en julio 8, siguiendo un estudio en el que el Departamento de Energía, propuso una meta en la que el 20% de la electricidad en los Estados Unidos sería generada por medio de energía eólica. Esta misma sociedad dio una calificación de B al total de la generación por medio de energía eólica, el cual es un marcador que indica el grado de infraestructura en los Estados Unidos. La calificación más alta en el reporte fue una A, otorgado al desarrollo tecnológico.

Esto no es una gran sorpresa, durante varios años, el gobierno, los investigadores de energía alternativas han invertido tiempo y dinero en desarrollar mejores tecnologías, más limpias y más eficientes en la producción de energía. Aquí se presentan 10 diseños de turbinas de viento de última tecnología que puede ayudar a que los Estados Unidos vuelvan a ser un estudiante de 10 para el 2030.

#### 1. *WhalePower.*

##### *¿Qué es?*

La compañía Whale Power ha rediseñado las típicas cuchillas suaves en una turbina, añadiendo una serie de surcos, basándose en los tubérculos y protuberancias en las aletas de las ballenas jorobadas. La compañía dice que este nuevo diseño de cuchilla podrá incrementar la producción anual de electricidad para los campos eólicos en un 20%.

##### *¿Cómo funciona?*

Las ballenas jorobadas inclinan sus aletas en ángulos suaves para una mejor circulación en el agua. Mucha inclinación, sin embargo, tiene el efecto opuesto y se pierde circulación, conocida como entrada de pérdida. Las protuberancias previenen esta pérdida, permitiendo inclinaciones más pronunciadas. Las estructuras en las cuchillas de la turbina Whale Power permiten que dichas cuchillas tengan ángulos más inclinados sin entrada de pérdida o arrastre.

GENERADOR EÓLICO

Durante vientos suaves, las cuchillas con ángulos inclinados pueden teóricamente generar una mayor potencia. Las pruebas de túnel de viento publicadas por Frank Fish, presidente y fundador de Whale Power, y por el experto en dinámica de fluidos de la Universidad de Duke, Laurens Howle, en 2004, indican que, en algunos casos, la adición de protuberancias en el modelo final disminuye el ángulo de entrada de pérdida hasta en un 40%.

*¿Dónde encontrarlo?*

Las pruebas en este tipo de turbina comenzaron en 2007 en el Instituto de Energía Eólica de Canadá en la isla Prince Edward. Una compañía canadiense de ventilación, Envira-North Systems, será la primera en usar la tecnología de protuberancias en ventiladores industriales.



Capítulo 3 Imagen 2

Whale Power

Fuente: [www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines/](http://www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines/)

GENERADOR EÓLICO

2. *Quiet Revolution qr5*

*¿Qué es?*

La turbina qr5 está diseñada para un ambiente urbano con bajas velocidades de viento así como cambios de dirección.

*¿Cómo funciona?*

Las turbinas de viento tradicionales están diseñadas para capturar los vientos horizontales y deben rotar para seguir los cambios en la dirección del viento. El diseño en forma de hélice del qr5 permite a la turbina coleccionar el viento de todas direcciones en la misma proporción.

*¿Dónde encontrarlo?*

La primera turbina qr5 fue instalada en Dagenham, un suburbio de Londres, en marzo del 2007. A finales de 2008 más de 70 turbinas habían sido instaladas a lo largo del Reino Unido, cada una de estas unidades genera entre 4000 y 10000 kw/hr por año, de acuerdo a informes de la compañía.



Capítulo 3 Imagen 3  
Quiet Revolution

Fuente: [www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines/](http://www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines/)

GENERADOR EÓLICO

3. *Windspire*

*¿Qué es?*

Windspire es una turbina de viento vertical, similar al Quiet Revolution. Esta turbina de 30 pies de alto por 4 pies de ancho genera 2000 kw/hr con velocidades de viento de 12 mph, y puede soportar arriba de 105 mph.

*¿Cómo funciona?*

Windspire tiene una hélice alta y delgada sin rotor. La potencia eléctrica se genera cuando el viento gira sus perfiles verticales.

*¿Dónde encontrarlo?*

Estas turbinas de viento han sido instaladas en casas, museos, negocios y escuelas. Por ejemplo, la residencia del gobernador de Michigan tiene una turbina de viento, y la universidad de Quinnipiac en Connecticut está planeando el uso de turbinas para ayudar a energizar sus instalaciones.



Capítulo 3 Imagen 4

Windspire

Fuente: [www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines](http://www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines)

GENERADOR EÓLICO

4. *Mageen Air Rotor System (MARS)*

*¿Qué es?*

MARS es una turbina de gran altitud que se mantiene a flote con helio y tiene una forma de dirigible. Puede mantenerse estacionada arriba de los 1000 pies de altitud.

*¿Cómo funciona?*

MARS rota alrededor de un eje horizontal mientras el viento golpea las membranas a lo largo de su estructura. La rotación genera electricidad, la cual es transferida a la superficie por un conductor.

*¿Dónde encontrarlo?*

MARS se encuentra aún en proceso de prueba, pero se estima que será liberado para el uso comercial en el 2009 o 2010. Las localizaciones sugeridas para esta turbina incluyen plataformas petroleras, islas y minas.



Capítulo 3 Imagen 5  
MAGEEN Air Rotor System

Fuente: [www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines](http://www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines)

GENERADOR EÓLICO

5. *Windbelt*

*¿Qué es?*

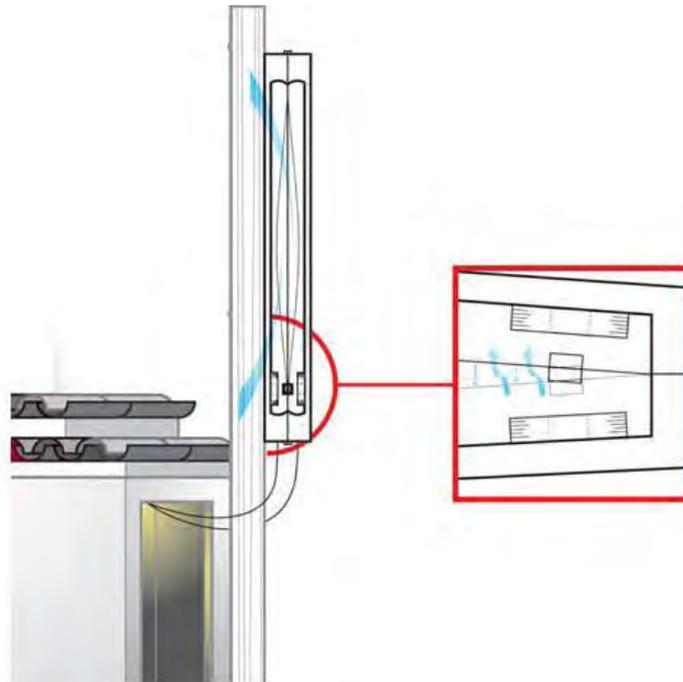
El Windbelt, creado por el ganador del premio PM Breakthrough, es una turbina de viento de pequeña escala que puede generar 40 mW con vientos de 10 mph y solo cuesta dos dólares. La meta es ayudar a las personas pobres a energizar sus casas de forma económica y segura.

*¿Cómo funciona?*

Un par de imanes fijados en una membrana oscilan entre dos bobinas para generar electricidad.

*¿Dónde encontrarlo?*

Esta turbina de viento está implementada en países del tercer mundo, con instalaciones en Haití y Guatemala.



Capítulo 3 Imagen 6

Windbelt

Fuente: [www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines](http://www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines)

GENERADOR EÓLICO

*6. Honeywell wind turbine*

*¿Qué es?*

Honeywell es una turbina para azoteas que trabaja con velocidades de viento a partir de 2 mph.

*¿Cómo funciona?*

La turbina Honeywell no tiene engranes como las turbinas de viento tradicionales. En lugar de eso, produce la energía de imanes colocados en las puntas de sus cuchillas y en el encubrimiento de éstas. Esto da como resultado una menor resistencia y una mayor generación.

*¿Dónde encontrarlo?*

La Honeywell está diseñada para casas y negocios. Y estará disponible en las ferreterías ACE este verano.



Capítulo 3 Imagen 7

Honeywell

Fuente: [www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines](http://www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines)

GENERADOR EÓLICO

7. WePOWER

*¿Qué es?*

WePOWER es una turbina de viento de eje vertical que opera en forma silenciosa y tiene un alto rendimiento con bajas velocidades de viento.

*¿Cómo funciona?*

A diferencia de muchas turbinas que dependen únicamente de la sustentación (en el caso de las turbinas tradicionales de tres cuchillas) o del arrastre (usado en los anemómetros), WePOWER usa una combinación de ambos. Su perfil único le permite generar energía con velocidades de viento bajas.

*¿Dónde encontrarlo?*

En el garaje de Jay Leno, por supuesto. Las turbinas WePOWER son usadas también en granjas, casas, repetidoras de celular y edificios.



Capítulo 3 Imagen 8

WePower

Fuente: [www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines](http://www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines)

GENERADOR EÓLICO

*8. Aerogenerador espiral de caracol*

*¿Qué es?*

Esta turbina de eje vertical usa propulsión de arrastre para empujar una cuchilla que está diseñada en forma de una espiral intrincada.

*¿Cómo funciona?*

La turbina usa veletas de aluminio que forman una espiral intrincada la cual da a la cuchilla un área extremadamente alta para capturar el viento y rotar.

*¿Dónde encontrarlo?*

El diseño aún está en desarrollo.



Capitulo 3 Imagen 9

Aerogenerador espiral de caracol

Fuente: [www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines](http://www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines)

GENERADOR EÓLICO

*9. Architectural Wind*

*¿Qué es?*

Architectural Wind es una pequeña turbina de viento que puede ser montada en la parte superior de un edificio.

*¿Cómo funciona?*

Cuando el viento pega al edificio, la resistencia crea un área de flujo de aire acelerado en el lado recto del edificio. Esta turbina de viento atrapa el viento más rápido conforme circula por el muro.

*¿Dónde encontrarlo?*

Varios edificios han instalado este tipo de turbinas, incluyendo el centro oceánico de Maui en Hawaii y el aeropuerto internacional Logan en Boston.



Capítulo 3 Imagen 10  
Architectural Wind

Fuente: [www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines](http://www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines)

GENERADOR EÓLICO

10. Sky Serpent

*¿Qué es?*

El Sky Serpent hace uso de múltiples rotores integrados a un solo generador.

*¿Cómo funciona?*

Las turbinas multi-rotores anteriores tenían muchos problemas porque sus rotores sólo captaban el viento generado por el giro de los rotores contiguos. Los rotores del Sky Serpent están espaciados y angulados para asegurar que cada uno capte el viento.

*¿Dónde encontrarlo?*

Estas turbinas están siendo construidas y probadas en California, en parte financiadas por la Comisión de Energía de California.



Capítulo 3 Imagen 11  
Sky Serpent

Fuente: [www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines](http://www.mechanicalengineeringblog.com/1378-top-10-wind-turbines)

GENERADOR EÓLICO

### 3.3 AEROGENERADOR “DONQI”

En este capítulo presentamos al aerogenerador marca DonQi, hablamos sobre el principio de funcionamiento en el que se basa, descripción, funcionamiento, las diferentes formas de instalación y dónde se ha instalado primeramente en el mundo así como en México.



Capítulo 3 Imagen 12

DonQi

Fuente: [www.jetsongreen.com/2011/08/donqi-urban-windmill-residentia.html](http://www.jetsongreen.com/2011/08/donqi-urban-windmill-residentia.html)

El aerogenerador urbano DonQi puede cubrir parte del consumo actual de energía tanto en su hogar como en una oficina. La energía que no se autoconsume, se envía a la compañía eléctrica local (México CFE).

Con base en el rendimiento de una velocidad media del viento de 4,5 m/s, es posible recuperar la inversión dentro de 10 años sin subsidios y financiamientos de las construcciones. Adicionalmente, después del período de amortización se puede generar una gran parte de sus requerimientos de energía de forma totalmente gratuita. Recuerde que actualmente el consumo extra de la energía golpea enormemente en el presupuesto de los hogares y negocios.

### 3.3.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

#### *Definición*

El Tubo de Venturi creado por el físico e inventor italiano Giovanni Battista Venturi, es un dispositivo para medir el gasto o pérdida de presión de un fluido, es decir, la cantidad de flujo por unidad de tiempo. En esencia, éste es una tubería corta recta, o garganta, entre dos tramos cónicos, donde a partir de una diferencia de presión entre el lugar por donde entra la corriente y el punto, calibrable, de mínima sección del tubo, en donde su parte ancha final actúa como difusor.

Es importante conocer la relación que existe entre los distintos diámetros que tiene el tubo, ya que dependiendo de los mismos es que se va a obtener la presión deseada a la entrada y a la salida del mismo para que pueda cumplir la función para la cual está construido.

La principal ventaja del Venturi estriba en que sólo pierde un 10 - 20% de la diferencia de presión entre la entrada y la garganta. Esto se consigue por el cono divergente que desacelera la corriente.

Deduciendo se puede decir que un Tubo de Venturi típico consta, como ya se dijo anteriormente, de una admisión cilíndrica, un cono convergente, una garganta y un cono divergente. La entrada convergente tiene un ángulo incluido de alrededor de 21º, y el cono divergente de 7 a 8º. La finalidad del cono divergente es reducir la pérdida global de presión en el medidor; su eliminación no tendrá efecto sobre el coeficiente de descarga. La presión se detecta a través de una serie de agujeros en la admisión y la garganta; estos agujeros conducen a una cámara angular, y las dos cámaras están conectadas a un sensor de diferencial de presión.

GENERADOR EÓLICO

3.3.2 DESCRIPCIÓN

El aerogenerador cuenta con una turbina tipo “Venturi” que aumenta la sensibilidad para capturar la energía del viento a bajas velocidades, obteniendo mayor rendimiento por  $m^2$  de aire, con un arranque de 2.5 m/s y con una productividad de 1.75 kW a velocidad potencial del viento de 14 m/s.



Capítulo 3 Imagen 13  
Carcasa metálica del DonQi

Su instalación es segura, puede ser en una vivienda, oficinas o en instalaciones donde se utilice la energía eléctrica, además la turbina con el mástil de 1.5 m pesa 110 Kg, su turbina tiene longitud de 1 m y diámetro de 2 m; tiene una veleta que se adapta fácilmente a la dirección del viento, girando en su propio eje a 360°, para lograr mayor eficiencia mientras que otros aerogeneradores en el mercado actual carecen de ella.

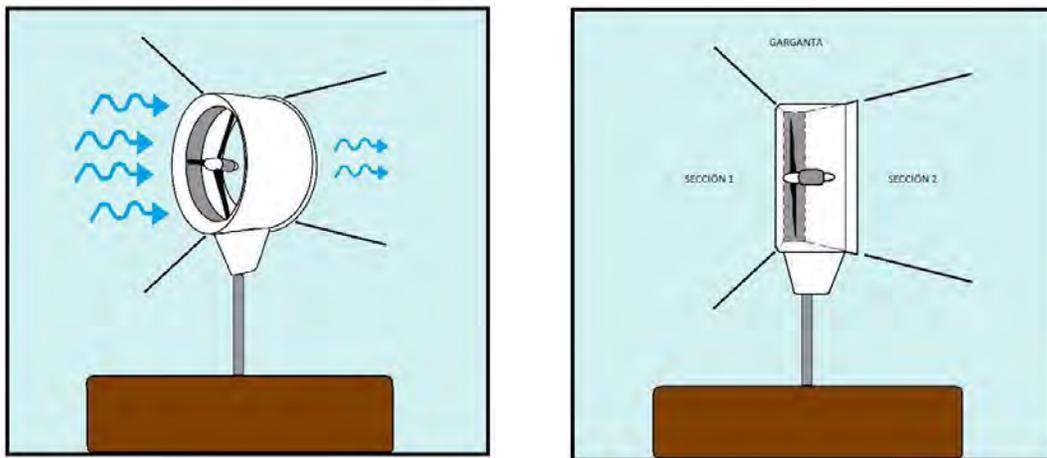
Está diseñado para el entorno urbano, ya que es silencioso, (su nivel de ruido del viento a 5 m/s con distancia de 3 m es menor de 40 dB) y no provoca vibraciones.

Cuenta con un inversor inteligente, en su display muestra gráfica y numéricamente cuánto ha generado de energía al día y total, en unidades kWh, está desarrollado para la conexión a la red monofásica o trifásica dependiendo de las necesidades del usuario, cuenta con freno de rotor automático que se acciona a velocidades mayores de 51 m/s.

### 3.3.3 FUNCIONAMIENTO

En la turbina de Venturi el flujo de viento desde la turbina principal en la sección 1 se hace acelerar a través de la sección angosta llamada garganta, donde disminuye la presión del fluido. Después se expande el flujo a través de la porción divergente o sección 2 al mismo diámetro que la turbina principal.

Si  $V$  es la velocidad del viento y si  $u$  es la velocidad de desplazamiento del extremo del álabe, se tiene que  $u$  es menor que  $V$ . Su rendimiento es máximo si  $u=V/3$ , por ello estas máquinas se caracterizan por ser muy lentas. El eje de la zona motriz es normal a la dirección del viento y una parte solamente del conjunto de álabes es motriz; la otra parte debe estar provista de un dispositivo que anule o disminuya el efecto del viento.



Capítulo 3 Imagen 14  
Efecto Venturi

El generador DonQi, extrae la energía directamente por medio de álabes que se desplazan con la presión en la misma dirección del viento, donde para obtener una gran potencia se tiene una sección de toma muy importante. Por el número de álabes tiene una velocidad media angular, obteniéndose un torque de partida media también, así mismo con un excelente rendimiento.

### GENERADOR EÓLICO

La turbina del generador hace que se oriente por sí solo por su veleta, la cual tanto la turbina como la veleta eliminan la acción del viento sobre los alabes que se muevan a contracorriente. Tiene un freno colocado cerca de lo álabes que retiene la etapa motriz útil y automáticamente se libera colocándose en bandera en la carrera de retorno, pero no hay choque ni ruido.

#### 3.3.4 INSTALACIÓN

Por su peso y diseño su instalación es segura y rápida, se puede adaptar de acuerdo a las necesidades del consumidor, es por eso que a continuación mostraremos algunas de las formas en las que se instala.

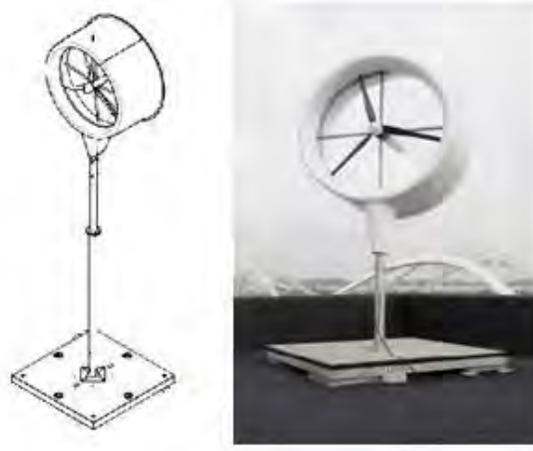


Capítulo 3 Imagen 14  
DonQi instalado sobre techo

GENERADOR EÓLICO

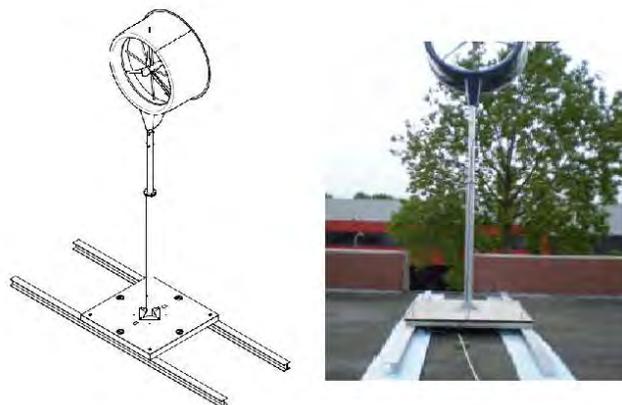
*En techo*

Se coloca una base de concreto aproximadamente de 2x2 m (depende de las necesidades), sobre cual posteriormente se iza el mástil con el aerogenerador.



Capítulo 3 Imagen 15  
DonQi instalado sobre techo

Se puede emplear otro método, el cual, se basa en una estructura de acero en forma de H, donde se montará una base de concreto, previamente fraguada, se izará el mástil junto con el aerogenerador.

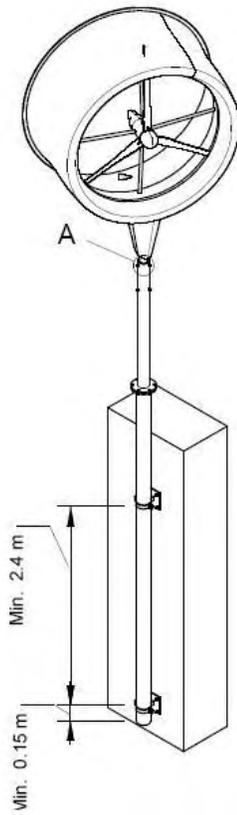


Capítulo 3 Imagen 16  
DonQi instalado sobre estructura de acero

GENERADOR EÓLICO

*En muro*

Principalmente se basa, en sujetar el mástil sobre un muro, con unas abrazaderas.



Capítulo 3 Imagen 17  
DonQi instalado sobre muro

GENERADOR EÓLICO

*En el suelo.*

Fraguando previamente una zapata, que dependerá de la altura del mástil.

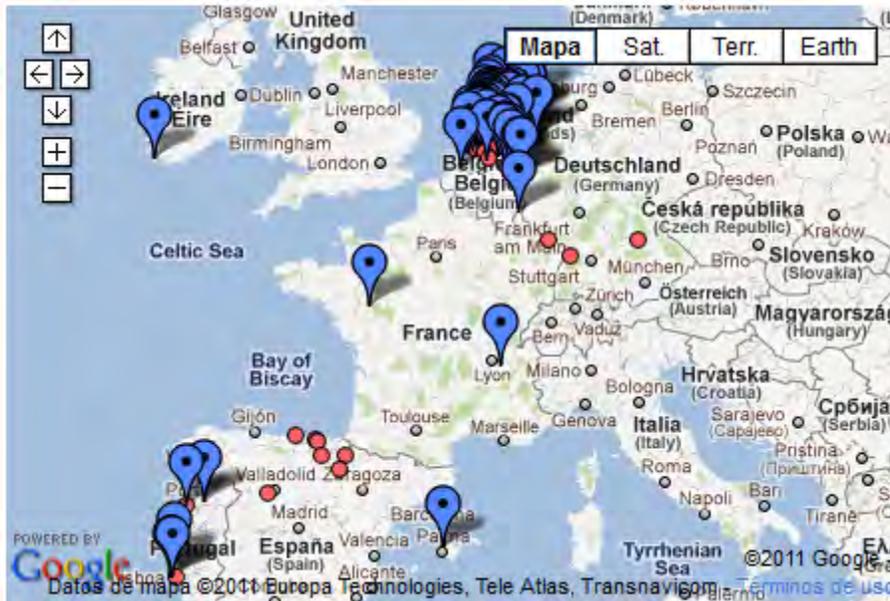


Capítulo 3 Imagen 18  
DonQi instalado en el suelo

Teniendo así, diferentes métodos para instalar el aerogenerador, todo dependerá del entorno donde se colocará, así como, realizar previamente la Ingeniería Estructural.

### 3.3.5 APLICACIONES EN EL MUNDO

En la actualidad, se han instalado miles de aerogeneradores en Europa, donde particularmente existen más en Holanda, ya que ahí tiene su origen el aerogenerador DonQi.



Capítulo 3 Imagen 19

DonQi's en el mundo

Fuente: [donqi.nl/donqi-urban-windmill/donqi-in-the-field.html](http://donqi.nl/donqi-urban-windmill/donqi-in-the-field.html)

La empresa DonQi Quandary Innovations (de donde es originalmente DonQi México) mercadea desde el 2008 una turbina para aplicación en zonas urbanas. Esta turbina fue diseñada en colaboración y supervisión del Laboratorio Holandés Aeroespacial y la Universidad Tecnológica de Delft en la Facultad de Aeroespacial, sección “Energía del viento”<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> [http://xa.yimg.com/kq/groups/19246234/106786255/name/HOLLANDALI\\_FIRMALAR\\_LISTESI.xls](http://xa.yimg.com/kq/groups/19246234/106786255/name/HOLLANDALI_FIRMALAR_LISTESI.xls)  
[http://www.metasus.nl/sector\\_holandese\\_080410.pdf](http://www.metasus.nl/sector_holandese_080410.pdf)

GENERADOR EÓLICO



Capítulo 3 Imagen 20

DonQi Holanda

Fuente: [2.bp.blogspot.com/-bb7rFQr5zCg/Tl0KZg-3Lul/AAAAAAAAAXg/vqjH-VrPnlE/s320/aerogeneradores+3.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-bb7rFQr5zCg/Tl0KZg-3Lul/AAAAAAAAAXg/vqjH-VrPnlE/s320/aerogeneradores+3.jpg)

Meses después de su creación en Holanda, se crea DonQi Iberia, instalando dos aerogeneradores urbanos en la localidad de Vila Real, en Portugal. Las unidades han sido colocadas en el jardín de un particular y la electricidad producida está siendo vendida por el propietario de la red pública bajo un programa especial en portugués para renovables Microproducción<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> [http://www.metasus.nl/metasus\\_exportsuccessen\\_cleanenergy.pdf](http://www.metasus.nl/metasus_exportsuccessen_cleanenergy.pdf)

GENERADOR EÓLICO



Capítulo 3 Imagen 21

DonQi Iberia, Portugal

Fuente: /[www.metasus.nl/metasus\\_exportsuccessen\\_cleanenergy.pdf](http://www.metasus.nl/metasus_exportsuccessen_cleanenergy.pdf)

Posteriormente DonQi Iberia Independent Energy ha instalado en la sede del Departamento de Innovación, Empresa y Empleo del Gobierno de Navarra en Pamplona el primer aerogenerador urbano de España<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup><http://www.mundoenergia.com/noticias/empresas/donqi-iberia-instala-el-primero-aerogenerador-urbano-en-espana-200912182727/>

## ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

---

### GENERADOR EÓLICO



Capítulo 3 Imagen 22  
DonQi Iberia, España

Fuente:[www.uncetaecosolutions.com/themed/unceta/files/photos/org/033/051/ORG\\_donqi3\\_gobierno\\_navarra\\_1.jpg](http://www.uncetaecosolutions.com/themed/unceta/files/photos/org/033/051/ORG_donqi3_gobierno_navarra_1.jpg)

En el año 2010 se instala por primera vez en México y se crea DonQi México.

GENERADOR EÓLICO



Capitulo 3 Imagen 23  
DonQi México

### 3.4 CONCLUSIÓN

Este capítulo habla sobre las principales características de un aerogenerador así como la reseña del equipo que se utiliza en el estudio, para la presente tesis, describiendo también equipos que se encuentran en el mercado y prototipos en estudio.

#### **Fuentes Capítulo 3:**

[www.renovables-energia.com](http://www.renovables-energia.com)

[www.mechanicalengineeringblog.com](http://www.mechanicalengineeringblog.com)

[www.jetsongreen.com](http://www.jetsongreen.com)

[donqi.nl](http://donqi.nl)

[2.bp.blogspot.com](http://2.bp.blogspot.com)

[www.metasus.nl](http://www.metasus.nl)

[www.uncetaecosolutions.com](http://www.uncetaecosolutions.com)

[xa.yimg.com](http://xa.yimg.com)

[www.mundoenergia.com](http://www.mundoenergia.com)

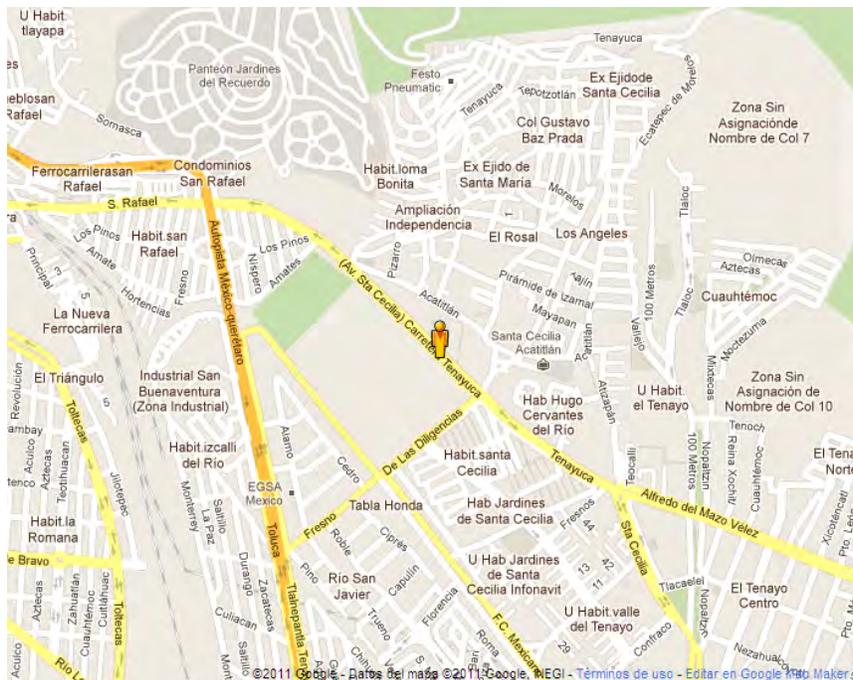
EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR

## CAPÍTULO 4 EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR

En base al beneficio de esta tesis, se realizó un convenio con Comisión Federal de Electricidad en sección del “Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico” (Anexo A), con la finalidad de realizar el estudio del aerogenerador marca DonQi, para analizar el comportamiento de dicho equipo en la zona metropolitana de México.

### 4.1 UBICACIÓN

Dicho proyecto se llevó a cabo en las instalaciones de CFE-PAESE Tenayuca, ubicadas en Avenida San Rafael No. 211 – A, Colonia Santa Cecilia, C. P. 54130 TlalnepanTLta, Estado de México.



Capitulo 4 Imagen 1  
Ubicación geográfica CFE-PAESE  
Fuente: [www.google.maps](http://www.google.maps)

EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR



Capítulo 4 Imagen 1  
Oficinas CFE-PAESE Tenayuca  
Fuente: [www.google.maps](http://www.google.maps)

## 4.2 CARACTERÍSTICAS

### 4.2.1 CONDICIONES EÓLICAS

Normalmente, el sólo hecho de observar la naturaleza resulta de excelente ayuda a la hora de encontrar un emplazamiento apropiado para el aerogenerador.

Los árboles y matorrales de la zona serán una buena pista para saber cuál es la dirección de viento dominante, en el caso de las zonas urbanas es importante ver los edificios.

Los datos meteorológicos, obtenidos en forma de rosa de los vientos durante un plazo de 30 años, sean probablemente su mejor guía, aunque rara vez estos datos son recogidos directamente en su emplazamiento, por lo que hay que ser muy prudente al utilizarlos, aunque, sólo nos preocuparemos por las turbulencias, ya que el equipo cuenta con una veleta que se adapta a la dirección del viento.

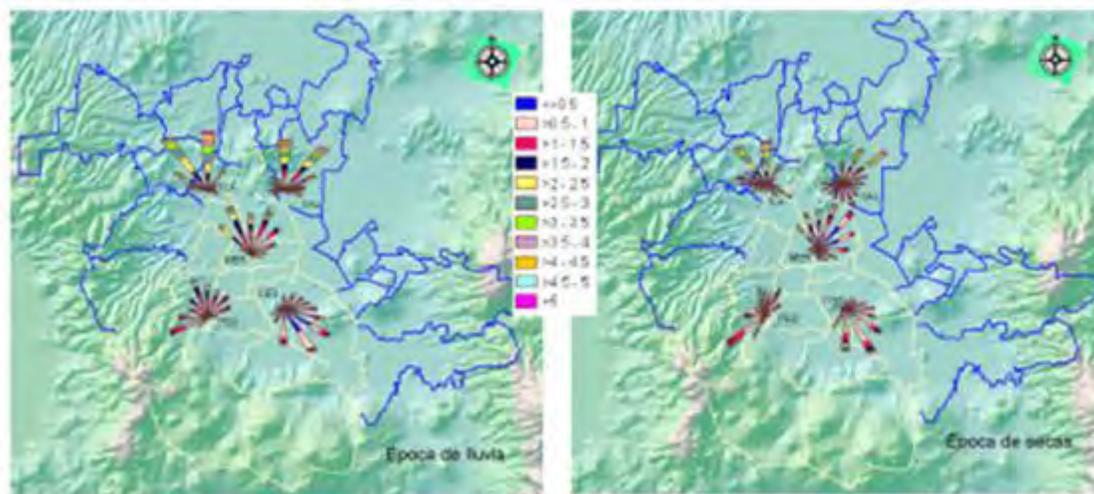
En el Anexo B se muestran las velocidades medidas en Tenayuca, hora por hora para cada día de los meses Enero a Junio.

EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR

*En zona Norte del valle de México*

La entrada principal del viento troposférico al Valle de México se ubica en la zona norte donde el terreno es llano a excepción de la pequeña Sierra de Guadalupe. Las masas de viento de los sistemas meteorológicos interactúan con la orografía del Valle para producir flujos, confluencias, convergencias y remolinos que provocan el arrastre, la remoción o la acumulación de los contaminantes del aire.

En la *imagen 2* se presentan las Rosas de Viento de cinco estaciones del Sistema de Monitoreo Atmosférico para el año 2004 (Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Cerro de la Estrella y Pedregal). En ellas se puede observar que la dirección preponderante del viento tiene una componente principal del Norte y que sólo en la estación Cerro de la Estrella los vientos dominantes presentan una fuerte componente del sur, debido a la cercanía de las cadenas montañosas.



Capítulo 4 Imagen 2  
Rosas de viento promedio anual por temporada 2004  
Fuente: Dirección de inventario de emisiones y fuentes estacionaria

Uno de los resultados de la campaña MCMA 2003, desarrollada por el Dr. Mario Molina, identificó 3 patrones de circulación del viento (véase imagen 3):

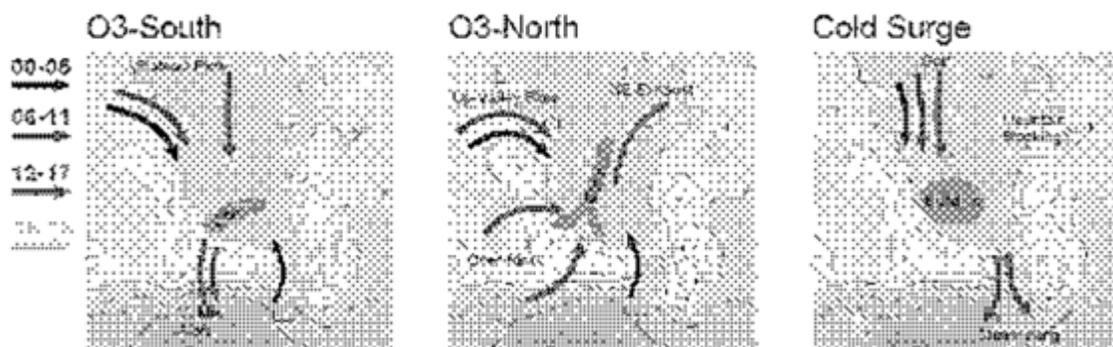
s

EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR

O3 -South: Ocurrencia de altos niveles de ozono en el sur de la ZMVM. Fenómeno de transporte dominante hacia el sur.

O3-North: Ocurrencia de altos niveles de ozono en el norte de la ZMVM. El flujo de salida dominante se dirige al Noreste de la cuenca y se presentan vientos que provienen del sur.

Cold Surge: Días asociados con fenómenos como “El Norte”, caracterizados por frentes fríos provenientes del Golfo de México y lluvia por las tardes. Se forma un canal de flujo en el pasaje de Chalco con vientos dominantes del norte.



(Las flechas indican los horarios de circulación del viento. Fuente: Foy B. et al, 2006)

Capítulo 4 Imagen 3

Patrones de flujo de viento en la ZMVM

Fuente: Dirección de inventario de emisiones y fuentes estacionarias

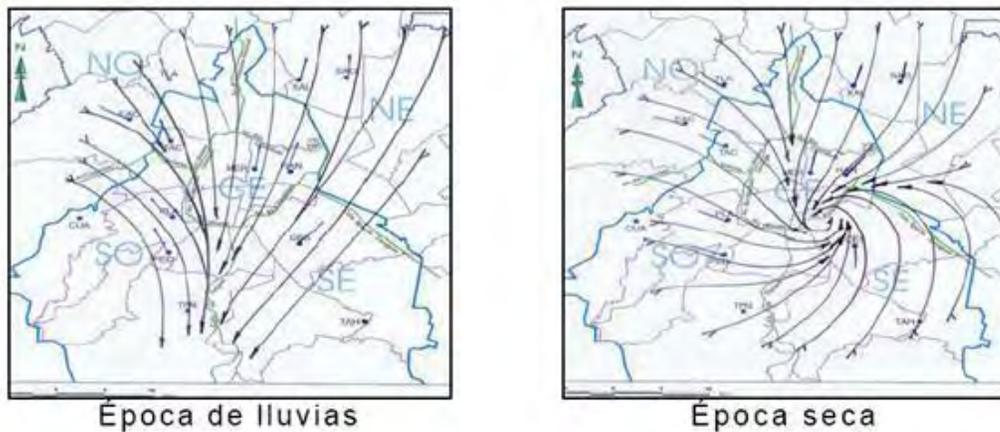
La ventilación de la ZMVM es muy rápida especialmente para 2 de los 3 episodios estudiados: O3-North y Cold Surge. Se encontró que el tiempo de residencia para el 50% de las partículas es menor a 7 horas y que el tiempo de transporte a escala regional para el 50% de las partículas es de 2 a 2.5 días. Sin embargo, para el episodio O3-South, se observaron grandes cantidades de recirculación y tiempos de residencia más largos por la mezcla vigorosa del viento para llevar hacia el sur los contaminantes (Foy B. et al, 2006)4.

EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR

4.2.2 CAMPO DE VIENTO

En la *imagen 4* se muestran los *campos de viento promedio* para las épocas seca y de lluvia; se observa que durante la temporada húmeda (verano), el flujo tiene una intensa componente del norte en todo el valle.

Por otro lado, la temporada seca presenta una característica importante: un vórtice (remolino) se forma muy cerca del centro del Distrito Federal, lo cual se debe al efecto conocido como “Isla de Calor”, situación meteorológica generada por el aumento de la temperatura del suelo de tipo urbano, con materiales de construcción de cemento y asfalto, en contraste con las áreas forestales que la circundan.



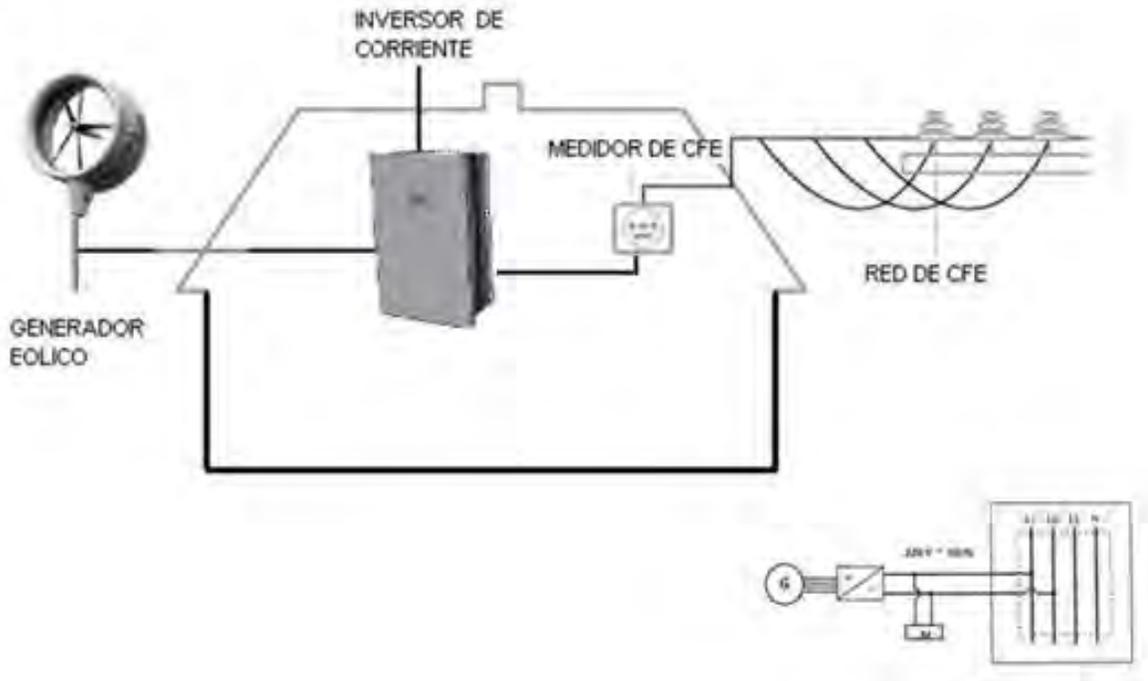
Capítulo 4 Imagen 4  
Campos de viento promedio por época  
Fuente: Dirección de inventario de emisiones y fuentes estacionarias

4.2.3 CONDICIONES DE SUELO

La viabilidad tanto de realizar las cimentaciones de las turbinas como de la instalación en la techumbre de una vivienda o edificio deben considerarse en cualquier proyecto de aerogenerador.

Es este proyecto la instalación se realizará sobre una malla metálica, que se localiza en la parte superior de una bodega, que es utilizada como oficinas.

### 4.3 CONEXIÓN A LA RED



Capítulo 4 Imagen 5  
Conexión a la red eléctrica

El titular de un aerogenerador DonQi requiere interconectarse con el Sistema Eléctrico Nacional, en el que previamente debe seguir las directrices de los modelos de contrato entre el suministrador y el generador (Anexo C1), el titular posteriormente firma un contrato de interconexión con el Suministrador, la Comisión Federal de Electricidad (CFE). El contrato que se utiliza es para:

EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR

Fuentes de energía renovable y cogeneración a pequeña escala



Capítulo 4 Diagrama 1  
Contratos de Interconexión para Fuentes de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña Escala  
Fuente: [www.renovables.gob.mx](http://www.renovables.gob.mx)

El “Contrato de Interconexión para Fuentes de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña Escala (CIFER-PE)” lo pueden aplicar personas físicas o morales (Anexo C2). La Capacidad máxima instalada no puede exceder 10 kW para usuarios en tarifas residenciales y 30 kW para aquellos en tarifas generales en baja tensión. Este tipo de contrato no permite portear energía a otros centros de consumo. El contrato entre el generador y la Comisión Federal de Electricidad (Suministrador) tiene vigencia indefinida y no requiere de un permiso de generación de energía eléctrica de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), toda vez que es un contrato anexo al de suministro normal. El contrato establece la medición neta (Netmetering) entre la energía eléctrica entregada por el Suministrador al Generador y la energía eléctrica entregada por el Generador al Suministrador.

EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR

El concepto de medición neta consiste en un medidor bidireccional, el cual registra tanto la cantidad de energía eléctrica entregada a la red por parte del Generador, como la entregada por el Suministrador al centro de consumo del Generador. La característica principal de este esquema de compensación de energía eléctrica es, que el Suministrador calcula la diferencia entre ambos registros para facturar el consumo, teniendo en cuenta el contrato de suministro normal. (CIFER-PE, Cláusula Novena).



Si el Generador entregó más energía eléctrica de la que consumió, esta se guarda como un crédito a su favor y puede ser compensada cada mes dentro de un periodo máximo de 12 meses móviles, en caso contrario será cancelado



Si la diferencia entre la energía suministrada y la generada es cero, entonces el Generador sólo pagará el mínimo establecido en el contrato de suministro normal.



Cuando el Suministrador haya proporcionado más energía eléctrica de la que el Generador abasteció con su propio sistema, incluso después de haber utilizado cualquier crédito de meses anteriores a favor del Generador, este tiene que pagar esta diferencia con base en el Acuerdo de Tarifas vigente.

Capítulo 4 Diagrama  
Medición neta

Fuente: [www.renovables.gob.mx](http://www.renovables.gob.mx)

En el marco regulatorio vigente están contemplados los mecanismos de contraprestación / remuneración por la energía eléctrica generada a partir de fuentes renovables de energía y cogeneración; para los casos de pequeña y mediana escala se realiza mediante la compensación automática de energía, mientras que para los proyectos de mayor escala, el Permisionario puede decidir entre vender la energía sobrante al Suministrador o acumularla para meses posteriores. Asimismo, se tiene la figura de un banco de energía donde se realizan las compensaciones de energía de lo generado contra lo demandado y consumido.

EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR

4.4 EQUIPO

Aerogenerador Marca DonQi

**donQi Urban Windmill**  
Aerogenerador Urbano donQi – 1,75 KW

contacto: donQi Mexico  
Teléfono/ Fax: 55 52 50 01 30 / 55 52 03 93 50  
Email: info@donqlmx, ventas@donqlmx  
País: México

Referencias – molino donQi

Sitio	Utilización	País
Anhem	Agencia de Energía	Holanda
Róterdam	Privada	Holanda
Ámsterdam	Betronic	Holanda
Róterdam	Proyecto OVG	Holanda




**Ficha Técnica:**

POTENCIAL	Unidades	
1) Potencia Nominal	1750	W
2) Velocidad del viento (para Pnominal)	14	m/s
3) Velocidad de puesta en marcha	2,5	m/s
4) Velocidad de paro	30	m/s
5) Velocidad máxima suportada	51	m/s
DIMENSIONES		
6) Peso total (rotor + palas)	110	Kg
7) Diámetro de la turbina	2	m
8) Largo de la turbina	1	m
9) Área del rotor	1,77	m <sup>2</sup>
10) Altura del mástil estándar (Acero inoxidable RVS 304, diám. 114 x 6 mm)	1 a 5m	m
INFORMACIÓN ADICIONAL		
11) Máximo rpm	2500	rpm
12) Sistema de bloqueo (v > 51 m/s)	Regulación de sobrecarga por el generador - frenado automático del rotor	
13) Número de palas	3	
14) Material de las palas	Fibra de vidrio reforzada	
15) Turbina	Diseño en venturi, eje horizontal, ABS inoxidable	
16) Inversor (incluye cables de conexión CC y CA)	Betronic Winverter (IP44, Conformidad CE)	
17) Tensión de salida del Generador	400	V (CC)
18) Tensión de salida del inversor (monofásica)	230	V (AC)
19) Mín. temperatura de operación	- 20	° C
20) Máx. temperatura de operación	+ 75	° C
21) Nivel de ruido a una distancia de 3m de la turbina (velocidad viento = 5 m/s)	< 40	DB
22) Autonomía en arranque	Si	
23) Adaptación a la dirección del viento	Aleta incorporada gestiona giro hacia 360º	
24) Tiempo de vida	20	años
25) Garantía	Inversor – 5 años Turbina – 2 años	

**Producción anual:**

Velocidad Viento (m/s)	Producción (KW.h/año)
1	20
2	140
3	435
4	985
4,5	1.380
5	1.850
5,5	2.380
6	2.970
7	4.210
8	5.410
9	6.470
10	7.310
11	7.920
12	8.310
13	8.500
14	8.530

**Curva de Potencia:**

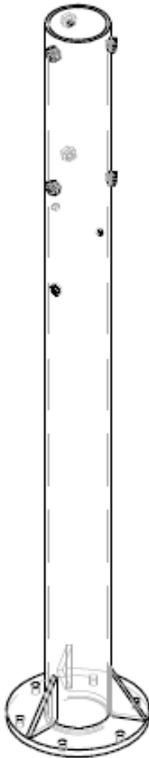


Solicite más información o haga su reserva en [www.donqi.mx](http://www.donqi.mx)

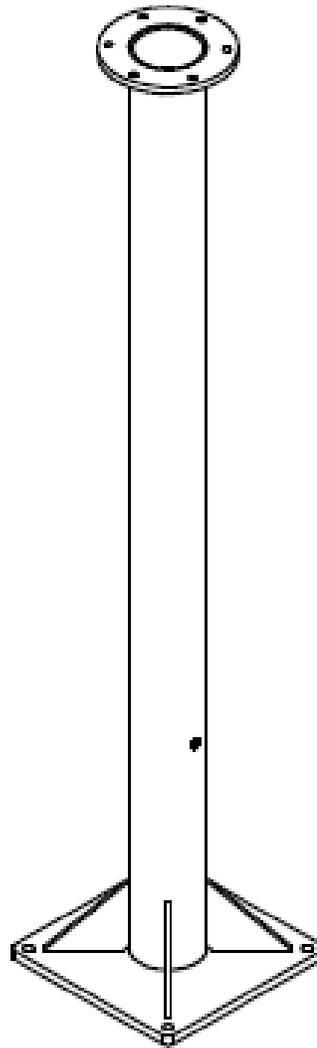
EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR

*Mástil*

El equipo cuenta con un mástil de 1.5 m base, aumentaremos esta altura, con una extensión de 2.5 m, para tener 4 m de altura total.

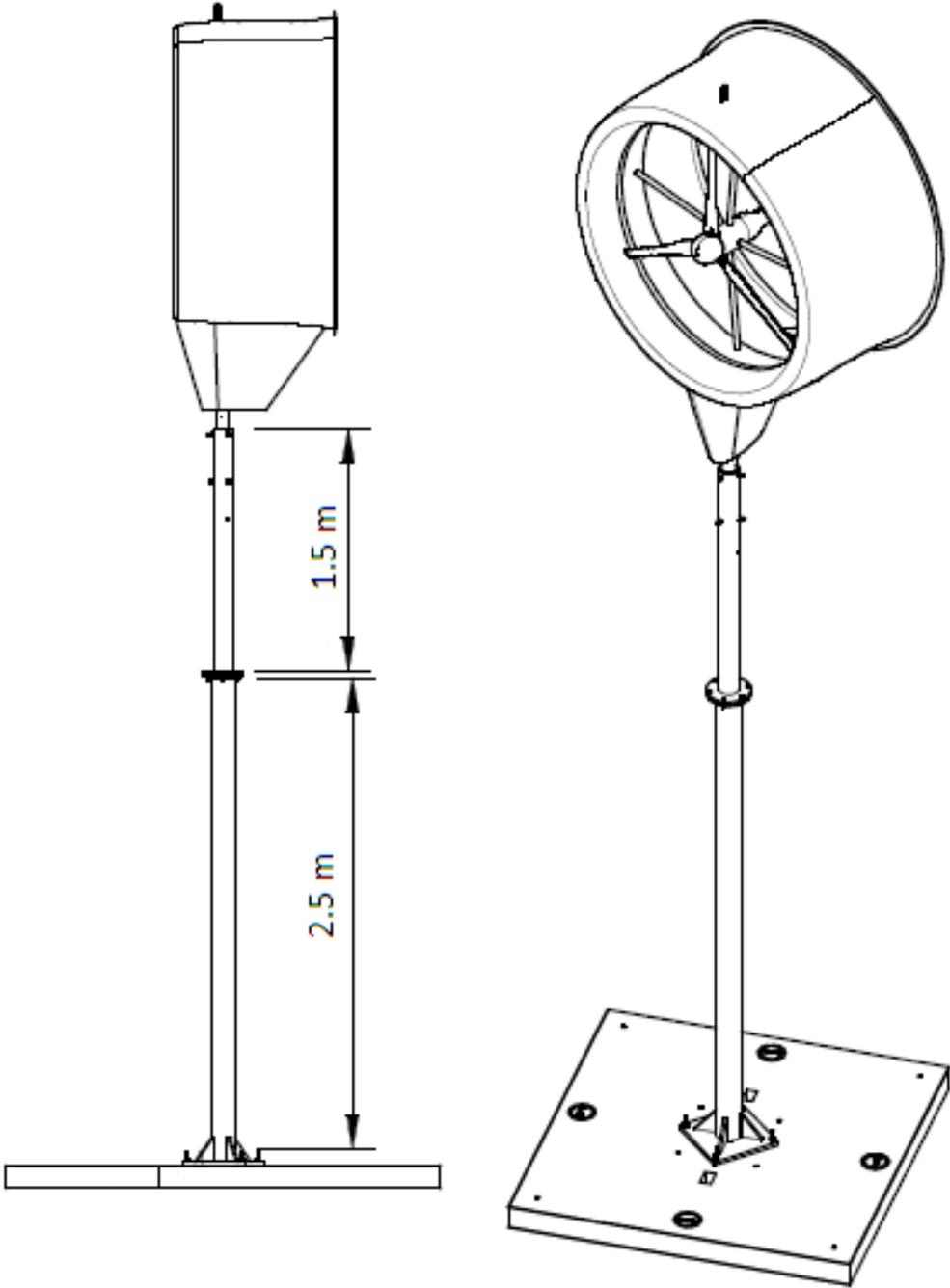


Capítulo 4 Imagen 7  
Mástil 1.5 m



Capítulo 4 Imagen 8  
Mástil 2.5 m

EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR



Capítulo 4 Imagen 9  
Estructura del aerogenerador

EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR

## 4.5 EQUIPO DE MEDICIÓN

### *Analizador de redes*

Utilizamos un *analizador de redes* el cual fue proporcionado por CFE, las características del equipo (medición y comunicación) que deben cumplir se exponen en el Anexo C3.

Para determinar la calidad, cantidad, el flujo y optimización de las redes eléctricas, se utilizan los llamados *Analizadores de Redes* que son instrumentos capaces de analizar las propiedades anteriormente mencionadas de las redes eléctricas, y especialmente aquellas propiedades asociadas con la reflexión y la transmisión de señales eléctricas, conocidas como parámetros de dispersión (Parámetros-S).

### *Estación meteorológica*

Se instaló una estación marca Davis, para obtener información precisa del potencial eólico de la zona en donde se realizó el estudio.



Capítulo 4 Imagen 10  
Estación meteorológica marca Davis  
Fuente: [www.vantagevue.com](http://www.vantagevue.com)

EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR

4.6 INSTALACIÓN

- Se analizó la viabilidad de la estructura en donde se colocaría el aerogenerador marca DonQi, localizando una rejilla metálica el cual se consideró el lugar idóneo para su instalación.



Capítulo 4 Imagen 10  
Base de la estructura

**EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR**

- Utilizando una grúa de CFE, se procedió a subir el equipo, ya que estamos hablando de una altura de 12 m, la turbina tipo Venturi tuvo cierto balanceo al momento de ser elevada, sin embargo se controló de manera eficaz para no provocar ningún accidente. Personal de instalación se encontraba en la parte superior de la bodega para poder guiar al operador, así como para colocar el equipo en un área segura.



**Capítulo 4 Imagen 11**  
**Elevación del equipo**

**EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR**

- Se realizaron los preparativos para la instalación, iniciando con el corte de la rejilla, para poder reforzar la estructura con una placa de acero, y así poder sostener el mástil.



**Capítulo 4 Imagen 12**  
**Corte de rejilla**

**EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR**

- Se colocó la base del mástil de 2.5 m de altura, sujetando la brida de la misma a la placa de acero apoyándonos de barrenos.
- Se armó una estructura de andamio de 8 m de altura alrededor del mástil, para poder colocar la segunda parte del mismo y así poder emplazar el aerogenerador.



**Capítulo 4 Imagen 13**  
**Estructura del andamio**

**EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR**

- Ya instalada la segunda parte del mástil, se izó el aerogenerador para empotrarlo al mástil, apoyándonos de una polea, la cual se colocó en la parte del superior de la estructura del andamio.



**Capítulo 4 Imagen 14  
Izamiento del aerogenerador**

**EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR**

- Se utilizó un cable control con una longitud de 40 m, donde se conectó al Inversor marca DonQi, y su salida al medidor que se enlazó a la red eléctrica, los cuales se instalaron en el cuarto de máquinas.



**Capítulo 4 Imagen 15  
Inversor marca DonQi**

EMPLAZAMIENTO DEL AEROGENERADOR

- Se ubicó a unos metros del aerogenerador la estación meteorológica, instalada sobre un tripié.



Capítulo 4 Imagen 6  
Aerogenerador y estación meteorológica

## **4.7 CONCLUSIÓN**

La instalación del aerogenerador así como del equipo de medición, se realizó en forma y tiempo, de acuerdo a los requisitos técnicos para la interconexión con el Suministrador, la Comisión Federal de Electricidad (Anexo C4).

### **Fuentes Capítulo 4:**

[www.google.maps](http://www.google.maps)

Dirección de inventario de emisiones y fuentes estacionarias

[www.renovables.com](http://www.renovables.com)

[www.vantagevue.com](http://www.vantagevue.com)

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es posible utilizar el viento en zonas urbanas para generar electricidad, mediante aerogeneradores que ya hay en el mercado, con características desarrolladas para tener mayor eficiencia en dichas zonas.

La energía eólica de baja potencia constituye una importante opción de energía, ya que tiene ventajas importantes frente a otras tecnologías, como es la posibilidad de ubicar sus instalaciones casi en cualquier sitio con un potencial eólico moderado, pero sin perder de vista que es necesario caracterizar el recurso eólico antes de seleccionar la turbina para ser instalada en determinada zona.

Es por esta razón, que en la presente tesis podemos decir que el aerogenerador marca DonQi, que estuvo bajo estudio 6 meses, tuvo una generación de **28 010 Watts/hr**, por lo que podemos decir que el potencial eólico con el que contamos en Tlalnepantla, Estado de México, es bajo para la generación potencial (anexo B), que nos ofrece esta tecnología; sin embargo pudimos estudiar el equipo, de tal forma que corroboramos la información que se proporciona en la ficha técnica, en el aspecto de viento-generación y así, como se observó en el capítulo 2, México cuenta con zonas importantes en energía eólica, en las cuales debe ser más factible utilizar esta tecnología en dichas zonas.

Su instalación es sencilla teniendo diferentes maneras de realizarla, y no necesita mantenimiento, haciéndolo más agradable para el consumidor.

En lo ambiental, la utilización de energías renovables es un motor para ayudar a disminuir el cambio climático y minimizar la dependencia de combustibles fósiles contribuyendo a la conservación de recursos naturales.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se espera que este tipo sistema de suministro de energía eléctrica tenga una importante contribución en factor económico, puesto que el desarrollo de energías renovables (eólico, solar e hídrico), representa la creación de pequeñas y medianas empresas, la generación de nuevos empleos, un mayor desarrollo científico y tecnológico así como la posibilidad de generar mayor intercambio comercial y cultural con otros países que están impulsando la utilización de energías renovables.

Finalmente, recomendar incluir planes educativos que motiven a los jóvenes al desarrollo de aerogeneradores más eficientes para vientos a bajas velocidades.

Anexo A Convenio DonQi México y Comisión Federal de Electricidad



# ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO "VENTURI" PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

## Anexo B

### Anexo B Mediciones de viento Tenayuca, Estado de México

		Enero																													
Hrs.	Prom.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1.3																														
2	1.2	0.7	1.0	1.3	0.7	1.8	1.7	1.2	1.4	2.3	1.2	0.4	3.2	2.0	2.3	1.0	0.7	1.5	1.2	2.1	0.7	0.8	1.0	2.7	1.4	0.6	0.9	0.9	1.4	0.6	1.9
3	1.2	0.9	0.5	1.0	0.5	1.1	0.3	1.2	1.7	2.1	1.1	0.8	3.8	1.6	0.6	1.0	0.8	1.1	1.6	1.8	1.8	1.7	1.2	2.5	1.7	0.7	0.4	1.1	0.5	0.9	2.0
4	1.2	1.0	0.9	0.8	1.1	0.6	0.8	0.4	1.4	2.6	1.7	1.3	3.6	1.7	1.2	1.1	1.3	1.0	1.5	0.3	1.1	1.7	1.2	3.2	1.1	0.8	1.2	1.0	0.5	0.6	1.4
5	1.3	1.5	0.3	1.7	1.2	1.0	1.7	1.1	1.1	2.8	1.1	0.9	3.0	0.7	0.7	0.3	1.5	0.8	1.6	1.3	0.3	1.3	1.2	3.1	1.5	0.8	0.9	1.2	0.8	1.1	0.3
6	1.3	0.7	1.6	1.3	0.6	0.9	1.0	1.7	1.5	3.1	1.4	0.8	3.0	0.2	1.2	0.5	0.8	1.5	1.6	1.3	0.9	1.4	0.9	2.7	1.5	1.3	0.8	1.3	1.0	1.4	0.8
7	1.3	0.6	1.4	1.2	1.2	1.0	0.3	0.9	1.8	3.2	1.0	1.0	3.5	0.5	0.2	1.6	1.2	0.8	1.5	0.8	1.0	1.2	1.4	3.2	1.7	1.6	0.9	1.2	1.2	1.5	0.5
8	1.3	1.1	0.9	1.1	0.8	2.0	1.4	0.9	1.4	2.2	1.9	1.2	3.9	1.1	0.1	1.3	0.9	0.9	1.4	1.3	0.9	1.4	1.4	2.5	1.5	1.5	0.6	1.4	0.8	1.1	1.0
9	0.7	1.4	1.4	1.3	0.9	1.6	1.2	1.4	1.2	1.6	1.7	1.4	3.3	1.3	0.2	1.3	0.8	1.5	1.5	1.0	1.1	1.2	1.4	2.5	1.3	1.4	0.7	0.7	0.4	1.4	1.3
10	0.9	0.9	0.6	0.4	0.7	0.4	0.7	0.6	0.7	1.3	0.5	0.5	3.3	1.9	0.3	0.0	0.4	0.4	0.7	0.7	0.6	0.4	0.2	1.2	0.3	0.5	0.1	0.6	0.4	0.3	0.8
11	1.5	0.3	0.4	0.6	0.6	0.4	0.3	0.8	0.5	2.9	0.3	0.7	3.0	1.7	0.8	1.3	0.5	0.7	0.4	0.5	0.8	0.8	1.1	1.3	2.0	0.6	1.2	0.7	0.4	0.3	0.5
12	1.6	1.0	1.0	1.5	1.1	1.5	1.4	1.0	1.1	3.4	1.3	3.0	2.3	1.5	0.8	1.8	1.1	1.5	1.3	1.1	1.6	0.6	1.5	2.7	1.8	1.3	1.2	1.3	0.4	1.3	2.1
13	1.8	0.8	0.7	1.7	1.6	1.4	0.9	1.2	1.4	2.5	2.2	2.9	2.0	1.0	1.2	1.7	3.0	0.7	1.3	1.7	2.0	1.4	0.8	3.9	1.9	1.0	2.0	1.9	1.1	1.9	1.9
14	1.9	0.5	1.0	1.4	1.3	0.9	1.9	0.8	1.2	2.8	2.5	2.5	1.7	0.9	2.0	1.7	3.8	1.7	1.6	2.4	2.1	1.3	0.8	3.2	2.4	0.7	1.2	1.8	1.0	2.0	1.7
15	2.0	0.9	1.8	1.3	1.2	1.0	2.2	0.8	2.0	2.6	1.7	2.9	1.2	1.4	2.0	2.0	3.6	1.4	1.4	0.7	1.9	3.8	1.9	3.2	1.6	1.5	1.2	1.4	1.5	1.7	1.6
16	2.3	2.2	2.0	2.0	1.2	1.9	2.1	1.3	1.5	2.5	1.5	3.3	1.3	1.0	1.7	1.8	2.0	2.0	1.3	2.5	4.1	4.3	1.0	2.7	1.9	1.5	2.7	0.6	0.9	2.4	2.0
17	2.6	2.1	1.5	2.0	0.8	2.5	3.2	1.4	3.4	4.1	1.5	4.2	2.6	0.6	1.5	0.4	2.8	1.5	2.0	3.4	3.1	4.4	2.1	3.4	2.4	1.3	2.7	1.2	1.5	1.7	1.6
18	2.8	1.5	2.2	1.4	1.0	2.6	2.8	1.0	4.3	4.4	1.4	4.8	3.7	0.8	1.0	2.5	4.0	1.5	1.6	2.8	3.3	3.8	3.2	4.5	3.5	2.4	2.4	1.3	1.5	3.5	1.6
19	2.6	0.6	2.4	3.1	1.1	2.6	3.4	0.4	4.3	4.0	2.1	5.0	3.7	2.4	2.6	2.3	3.5	1.1	2.1	2.9	3.8	3.5	2.9	4.6	4.0	2.9	2.4	2.4	1.4	2.8	2.8
20	2.3	1.3	0.4	2.4	1.5	1.9	3.0	1.3	3.4	3.3	2.0	4.8	4.2	2.2	2.3	2.3	3.2	1.5	1.9	4.3	2.4	3.2	2.8	4.0	3.4	4.1	3.1	2.7	1.2	1.9	2.7
21	2.1	0.1	4.4	0.5	2.8	1.1	1.8	0.8	2.8	2.2	2.5	4.3	4.7	2.4	1.8	1.4	2.1	1.6	0.6	4.9	0.3	2.0	1.2	4.8	3.1	4.1	2.2	1.4	2.5	1.8	2.7
22	1.9	0.9	3.4	1.3	2.9	1.4	2.0	1.2	4.3	1.1	2.4	4.2	4.4	3.2	1.2	1.9	2.1	0.7	0.7	3.4	1.3	1.5	1.9	2.8	3.1	3.4	2.5	0.5	1.6	1.8	0.6
23	1.6	0.6	2.2	1.9	2.4	2.3	2.3	1.3	3.2	1.3	2.0	4.2	4.2	3.5	1.7	1.7	1.5	0.5	1.6	0.5	1.3	1.4	2.7	2.0	2.0	0.4	2.8	1.3	1.2	3.3	1.4
24	1.4	1.7	0.8	1.1	2.3	2.2	1.3	0.9	3.3	0.3	1.5	3.9	3.0	3.1	1.0	1.0	1.0	0.7	2.3	2.1	1.9	0.4	2.4	0.7	1.0	1.6	1.7	0.9	1.2	2.9	0.8

## ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO "VENTURI" PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

### Anexo B

		Febrero																										
Hrs.	Prom.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	1.1	2.1	1.3	2.7	1.4	1.3	1.2	0.8	0.1	1.2	1.1	1.1	1.0	1.8	1.4	0.7	1.2	0.4	1.5	0.9	0.6	0.9	1.2	1.2	0.8	0.8	0.9	0.8
2	1.1	2.4	0.3	1.7	1.6	0.8	1.3	1.0	0.1	0.9	1.1	1.3	1.0	1.6	0.4	0.8	0.8	1.0	1.1	0.5	1.2	0.9	1.2	1.2	1.3	1.2	1.3	1.1
3	1.1	1.4	1.0	0.7	1.3	0.3	0.7	0.9	0.7	1.2	1.6	1.0	0.8	1.1	1.4	0.8	1.5	1.8	1.5	1.6	1.6	1.5	1.1	0.9	1.4	0.9	0.9	0.9
4	1.2	1.3	1.5	1.1	1.0	1.7	1.1	1.1	0.8	1.0	1.0	1.3	0.9	1.7	0.7	1.2	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	1.3	1.3	1.4	0.9	1.1
5	1.3	1.4	1.6	1.0	0.7	2.0	1.8	1.2	1.0	1.1	1.5	0.8	1.1	2.0	1.2	1.4	1.5	1.5	1.8	1.3	1.4	1.0	1.0	1.1	1.5	1.3	0.4	0.8
6	1.2	0.5	1.5	0.2	1.2	1.5	1.9	1.0	1.0	0.9	1.3	1.2	0.9	1.9	1.5	1.5	1.0	1.6	0.9	1.6	1.4	1.3	1.6	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1
7	1.2	0.7	1.5	0.9	0.9	1.9	0.6	0.9	1.4	1.2	1.3	0.9	0.7	1.4	1.3	1.3	1.6	1.1	0.7	1.4	1.6	1.5	1.4	1.5	1.0	1.5	0.9	1.1
8	1.1	0.5	1.0	0.9	0.7	2.2	1.6	1.4	1.4	1.2	0.8	0.9	0.5	0.6	1.6	1.5	0.9	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0	0.9	1.2	0.9	1.0	1.2
9	0.6	1.7	0.4	0.3	1.2	2.2	2.8	0.5	0.2	0.7	0.1	0.4	0.2	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.7	0.2	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.3	0.5	0.1
10	1.2	1.3	1.5	1.9	2.2	2.9	3.0	0.7	1.0	1.1	1.4	0.8	0.9	0.6	1.2	1.2	0.6	1.2	0.6	0.8	1.2	0.7	0.9	0.5	1.2	1.7	0.5	1.0
11	1.5	2.1	2.5	2.2	1.5	1.1	2.0	1.6	1.7	1.0	1.4	1.0	1.9	1.1	2.0	1.5	1.1	0.9	0.8	1.2	1.6	1.1	1.5	1.2	1.7	2.3	1.3	1.6
12	1.7	2.6	2.1	1.8	2.5	2.8	3.3	0.7	1.5	1.4	1.6	0.9	2.4	1.0	3.0	1.3	0.8	0.8	0.6	1.5	1.5	1.3	1.6	0.7	2.2	1.5	1.1	1.8
13	2.0	2.8	1.6	2.2	3.2	3.2	3.9	1.3	1.8	1.3	2.6	1.8	2.9	1.6	2.5	2.5	2.2	1.4	1.4	1.0	0.6	1.7	2.6	0.8	2.2	0.6	1.4	2.0
14	2.3	3.3	1.9	5.6	3.6	3.0	3.4	1.0	2.0	2.3	3.3	1.7	3.1	2.0	2.2	2.6	1.8	3.2	1.4	1.3	1.0	2.1	2.4	2.1	1.1	1.6	1.3	1.7
15	2.5	3.1	2.4	5.5	3.9	2.9	3.9	1.6	3.0	1.6	3.7	1.1	4.1	2.2	1.3	2.6	3.1	2.9	1.8	2.0	0.9	1.9	1.6	1.7	0.9	1.9	1.9	1.8
16	2.3	1.7	2.1	4.4	3.8	4.1	3.5	0.9	3.1	1.6	3.7	1.1	4.3	2.9	1.8	2.5	2.4	3.3	0.9	1.4	1.2	1.4	1.2	1.8	1.3	1.7	1.2	0.5
17	2.3	1.8	2.1	3.2	2.9	3.3	3.6	0.5	2.7	1.2	3.3	0.6	4.1	3.4	2.6	2.9	2.5	3.7	1.0	1.6	1.4	1.5	1.9	1.3	1.9	1.2	1.3	3.8
18	2.6	2.2	3.2	2.7	3.2	3.3	3.4	1.4	2.6	2.2	3.8	1.0	4.6	3.4	2.8	3.4	2.9	3.7	1.4	3.0	1.5	1.2	2.5	1.7	0.5	1.7	1.4	2.8
19	2.6	1.8	3.7	2.5	2.5	2.3	2.3	1.3	2.5	2.8	2.3	1.4	4.5	3.2	3.0	3.0	3.2	3.9	2.9	3.9	2.2	1.4	3.2	1.6	1.9	2.7	1.8	2.0
20	2.4	0.8	2.2	2.5	2.0	2.0	1.6	1.5	2.0	1.3	2.1	2.1	3.9	4.1	2.1	2.2	2.3	2.5	2.9	3.9	2.0	2.4	3.3	1.7	1.8	3.8	3.4	0.4
21	1.9	1.2	1.1	2.5	2.3	1.6	0.6	0.6	1.2	1.1	2.3	3.0	4.0	2.0	2.3	0.8	1.3	0.9	3.3	2.4	2.5	1.3	2.5	1.4	1.7	2.8	1.2	0.5
22	1.8	0.8	1.8	2.1	1.6	1.2	1.0	0.2	1.7	0.9	1.0	3.8	3.4	0.8	2.7	1.1	1.5	1.5	2.2	2.5	1.4	1.5	2.7	0.8	1.3	1.8	3.1	1.3
23	1.6	0.7	2.0	2.1	2.3	1.1	1.5	0.7	1.3	1.6	2.0	2.6	2.9	1.2	1.0	0.9	1.1	1.5	2.0	1.8	0.8	0.8	2.0	1.3	1.8	1.1	2.3	0.5
24	1.3	1.0	1.5	1.7	1.7	1.3	1.5	0.3	1.5	0.6	1.5	1.6	2.0	1.2	0.6	0.4	1.6	1.5	1.3	1.1	1.2	0.7	1.3	1.6	0.1	0.4	1.2	1.2

## ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

### Anexo B

		Marzo																													
Hrs.	Prom.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	1.3	0.3	0.8	0.7	1.2	1.4	1.1	1.2	1.4	5.0	2.3	0.7	0.6	0.7	2.3	2.6	1.7	1.9	1.4	1.1	0.8	2.3	1.2	1.4	1.7	1.1	1.1	0.2	0.9	0.4	
2	1.4	1.0	1.2	1.5	1.2	1.1	0.6	1.1	1.7	4.3	1.9	1.2	1.4	1.0	2.5	2.6	0.5	1.5	1.7	1.1	1.4	1.9	1.0	0.9	1.4	1.2	1.2	1.4	0.9	0.8	
3	1.3	1.1	1.4	1.4	1.4	0.8	1.3	1.3	1.2	3.8	1.3	1.5	1.0	1.0	2.6	1.5	0.4	1.1	1.0	1.7	1.3	0.5	1.2	1.1	0.7	1.1	1.2	0.9	0.9	0.9	
4	1.4	0.7	1.7	1.5	1.6	2.1	1.4	1.2	1.6	2.8	1.1	1.0	1.0	1.5	3.1	1.8	0.9	0.8	1.1	1.6	1.5	1.3	1.3	1.1	1.5	1.6	1.1	1.2	1.0	0.6	
5	1.4	1.7	1.5	1.5	1.6	2.5	1.4	1.0	1.4	0.5	1.1	1.2	1.3	1.3	1.9	0.4	1.3	1.2	1.7	1.4	1.1	1.5	1.6	1.1	1.8	1.1	1.2	1.2	1.5	1.2	
6	1.3	1.4	1.6	1.4	1.3	2.3	1.0	1.2	1.4	1.2	1.3	1.4	1.4	0.8	2.3	0.2	1.4	1.4	1.5	1.5	0.8	1.3	1.0	1.4	1.7	1.0	1.6	1.1	1.4	1.3	
7	1.3	1.6	1.5	1.0	1.5	2.5	1.6	1.2	1.3	1.2	1.4	1.4	1.6	1.3	1.7	0.3	1.1	1.3	1.4	1.2	1.2	1.5	1.2	1.5	1.4	1.5	1.1	1.3	1.4	1.4	
8	1.1	1.2	1.3	1.3	1.1	3.0	1.2	0.8	1.5	0.9	0.9	1.3	1.3	0.9	1.6	0.9	0.8	1.1	1.0	1.3	0.7	0.6	1.2	0.8	1.2	0.9	1.3	0.5	0.4	1.0	
9	0.6	0.6	0.4	0.5	0.1	1.3	0.3	0.5	0.8	3.0	0.2	0.3	0.1	0.6	2.1	1.1	0.2	0.1	0.5	0.5	0.8	0.4	0.4	0.7	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.6	
10	1.2	0.4	0.8	0.9	0.9	0.5	1.4	1.6	2.6	2.6	1.1	1.4	1.3	1.5	1.6	0.6	1.3	0.4	0.9	0.8	1.2	0.5	0.8	1.2	1.2	1.5	1.4	1.0	1.4	1.6	
11	1.4	1.0	1.2	1.4	1.3	1.6	1.6	2.6	0.0	2.7	1.3	1.2	1.9	2.1	0.6	1.6	1.3	1.3	0.7	1.2	1.0	1.6	1.4	1.5	1.0	1.8	1.6	1.8	2.0	1.4	
12	1.6	1.0	1.1	1.1	1.6	1.5	1.6	2.5	0.0	2.9	1.6	1.7	1.2	2.2	1.7	1.7	1.2	0.0	1.8	1.2	1.3	1.5	3.1	1.9	1.0	1.3	1.7	1.9	2.9	1.4	
13	1.9	1.4	1.2	0.6	1.9	1.0	2.1	2.1	0.0	2.2	2.9	3.1	1.2	2.4	2.1	2.1	2.5	0.0	2.3	3.3	1.8	1.5	3.8	2.7	1.3	1.3	1.7	1.9	2.3	1.6	
14	2.0	1.5	2.0	1.7	1.6	1.2	0.6	2.2	0.0	2.4	3.6	1.8	2.0	2.1	3.8	3.1	3.7	0.0	2.1	3.7	2.3	1.9	4.1	2.8	2.1	1.2	1.0	1.7	2.5	1.0	
15	2.2	2.4	2.9	2.3	2.0	1.2	1.2	2.2	1.9	2.9	3.7	1.8	0.9	1.4	5.8	2.6	3.5	0.0	3.5	4.2	3.1	1.9	3.6	2.4	2.6	1.6	1.4	0.7	0.9	0.8	
16	2.1	1.9	1.9	1.9	1.9	0.9	1.2	1.4	2.3	3.6	3.6	0.6	0.7	2.4	3.5	2.5	3.8	0.0	2.4	4.3	2.5	2.0	3.0	2.4	2.4	0.9	2.6	1.0	1.3	2.0	
17	2.6	1.9	2.9	1.4	1.1	1.7	1.1	1.2	3.5	3.2	3.5	1.7	1.9	2.8	4.8	1.8	2.9	3.8	3.2	4.8	2.9	2.9	3.4	2.8	2.9	1.3	3.4	1.3	1.9	3.4	
18	3.1	2.2	3.4	1.2	2.7	3.0	4.2	2.8	4.0	4.2	3.4	2.0	2.4	1.5	4.6	2.7	2.9	5.8	3.8	4.5	3.2	3.1	3.6	2.9	2.8	1.5	3.1	2.3	2.6	3.7	
19	3.2	3.6	3.7	1.2	5.7	0.7	3.7	1.9	3.6	4.6	2.9	2.1	2.4	2.6	2.8	3.8	4.0	5.0	4.1	4.4	3.8	2.9	3.8	3.5	3.0	2.7	3.3	1.9	3.2	2.8	
20	2.7	3.6	3.4	2.5	4.6	1.5	1.9	1.1	3.2	4.1	2.2	3.1	2.5	3.9	1.5	4.4	4.2	4.0	3.9	3.9	3.6	1.3	4.3	3.7	0.5	1.9	1.3	1.2	1.4	2.6	
21	2.3	3.1	0.7	1.2	2.8	1.1	0.4	2.2	3.4	3.4	2.5	2.5	3.4	2.8	2.0	3.8	3.7	3.0	2.5	3.1	3.5	0.6	3.3	2.2	2.0	0.4	0.8	1.7	0.5	2.1	
22	1.8	2.3	1.0	0.7	1.4	0.4	0.9	1.4	4.5	3.5	2.0	2.6	2.9	3.2	1.6	3.9	2.9	2.0	2.1	2.0	3.3	1.1	2.1	1.1	0.4	0.3	0.8	1.2	0.5	1.3	
23	1.6	1.5	0.8	0.8	1.5	0.9	1.4	1.2	4.6	2.5	1.2	2.1	1.6	3.1	2.8	2.3	2.7	1.7	2.4	1.4	2.5	1.0	0.9	0.8	0.7	1.0	1.0	1.0	1.3	1.4	
24	1.4	0.8	0.6	1.1	1.3	0.9	1.0	0.9	3.6	2.2	0.9	1.5	2.2	2.3	3.1	1.8	2.1	0.9	1.5	0.8	2.5	0.9	1.3	1.1	0.9	0.4	0.3	1.5	1.1	0.6	

# ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

## Anexo B

		Abril																												
Hrs.	Prom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	1.3	1.1	1.7	0.6	0.8	2.6	0.7	0.4	1.5	1.1	1.0	1.0	4.0	1.0	1.6	1.0	1.3	1.2	1.0	1.3	0.4	1.4	0.6	0.5	1.1	1.0	0.6	1.3	2.9	1.9
2	1.2	0.9	0.9	1.2	0.7	2.6	1.0	0.7	1.4	0.8	0.8	1.3	3.6	1.3	1.3	1.0	1.6	0.3	0.2	0.7	0.2	1.1	1.2	0.5	1.2	0.8	1.1	0.7	3.0	1.5
3	1.2	0.6	0.8	0.6	0.7	4.0	0.8	0.9	1.3	1.0	1.1	1.1	3.4	1.4	1.1	1.3	1.1	1.1	0.6	1.0	1.0	0.8	0.3	0.8	1.3	0.5	1.2	1.0	2.8	1.0
4	1.2	1.6	1.0	1.2	1.4	2.8	1.6	1.3	1.6	1.1	1.1	1.3	3.1	0.9	1.2	1.2	0.4	0.4	0.8	1.2	1.2	0.7	0.8	1.0	0.5	1.1	1.2	1.2	1.6	1.1
5	1.2	1.4	0.7	1.2	1.3	1.4	1.3	1.5	1.5	1.0	1.3	1.2	3.0	1.3	1.5	1.2	1.6	0.4	0.9	0.9	1.3	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	1.2	0.9	0.7
6	1.3	1.7	0.8	1.1	1.0	0.9	1.0	1.5	0.2	1.7	1.6	1.2	2.9	1.1	1.2	1.1	2.4	0.8	1.2	1.6	1.3	0.9	1.3	1.5	1.1	1.3	1.2	1.2	0.9	1.2
7	1.3	1.2	0.9	0.9	1.0	2.3	1.3	1.5	1.1	1.0	1.5	1.3	3.4	1.2	1.5	0.8	2.4	1.0	0.9	0.5	1.4	0.8	1.2	1.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.5	1.3
8	0.8	0.7	0.7	0.5	0.8	1.8	0.8	0.6	0.3	0.9	0.8	0.7	2.5	0.5	0.8	0.9	1.8	0.3	0.5	0.4	0.4	0.6	0.8	0.6	0.5	0.4	0.9	0.5	2.9	0.5
9	1.0	0.4	0.5	0.9	0.1	2.6	0.6	0.8	1.0	0.3	0.6	0.6	1.8	0.7	0.9	0.8	1.7	0.7	0.8	0.5	0.5	1.1	1.2	1.2	1.0	0.5	0.6	1.2	3.5	1.0
10	1.4	1.3	1.0	1.5	1.4	2.9	1.1	1.0	0.9	1.3	1.6	2.1	1.4	0.7	1.2	1.1	1.6	1.1	1.0	1.5	1.1	1.7	1.1	1.4	1.3	0.7	0.8	1.6	3.0	1.4
11	1.8	1.4	1.7	1.3	2.2	2.1	1.8	1.5	2.6	1.7	1.2	2.9	1.3	1.1	1.5	1.3	1.9	2.0	1.3	1.5	1.4	1.6	1.4	1.3	1.4	3.4	2.0	1.7	2.8	1.4
12	1.7	1.8	2.0	1.8	2.7	1.5	1.8	1.5	2.8	1.8	1.1	3.2	1.3	0.2	1.5	1.3	1.7	1.8	1.8	1.2	2.0	1.2	1.6	1.7	1.9	2.3	0.9	1.8	2.5	1.0
13	1.9	1.8	1.7	1.4	1.7	1.4	1.8	1.8	2.1	3.0	1.9	3.0	1.2	1.6	1.8	1.5	1.3	0.4	2.0	1.8	2.6	2.3	1.5	2.4	2.2	2.4	2.4	2.1	2.7	0.5
14	1.8	1.5	0.6	1.1	1.9	2.0	3.0	1.6	1.9	2.2	0.8	3.2	2.0	2.7	2.5	1.5	1.2	1.0	2.3	1.6	1.6	2.9	1.9	2.6	1.4	2.0	1.7	1.2	1.7	1.9
15	2.0	1.6	0.8	1.0	3.2	0.7	2.8	2.1	2.4	2.8	0.9	4.1	1.6	2.4	2.6	0.6	0.9	3.2	2.8	1.7	1.6	3.3	1.7	2.4	0.9	1.2	0.8	2.5	3.2	2.2
16	2.2	3.6	1.0	0.9	2.6	1.7	1.8	1.4	2.3	3.6	0.8	5.1	2.0	1.3	2.2	2.2	1.4	1.0	2.3	2.0	2.1	1.8	2.3	3.4	2.3	1.3	2.9	2.8	4.1	1.3
17	2.5	4.1	0.7	1.7	2.2	2.2	3.0	1.9	1.9	3.5	1.3	6.6	2.0	1.8	1.9	1.7	3.9	3.0	3.5	2.9	2.4	1.4	2.7	2.9	0.6	1.8	4.2	2.4	5.1	1.1
18	2.6	2.7	2.3	2.1	2.7	2.5	2.2	1.5	1.7	3.6	1.9	6.5	1.0	3.2	2.5	2.5	4.3	2.0	3.0	0.5	1.5	3.0	3.2	3.4	2.4	2.6	3.8	2.4	5.1	2.2
19	2.8	2.1	3.2	2.7	3.1	4.1	2.4	3.6	2.1	3.5	1.8	5.8	1.5	3.9	2.4	1.4	1.2	0.6	2.4	1.4	3.1	4.5	2.6	3.2	2.3	3.1	2.7	2.1	4.9	3.5
20	2.5	2.3	3.4	2.1	3.0	3.4	2.5	3.1	3.1	4.3	0.5	5.1	4.0	4.0	1.7	0.5	0.3	0.6	1.8	1.7	2.8	2.2	4.4	3.1	1.5	2.1	1.9	1.9	4.5	2.0
21	2.3	2.2	2.2	1.5	1.5	3.0	2.4	3.2	2.7	2.6	3.3	5.0	3.7	2.8	1.7	3.3	0.9	1.3	1.5	0.6	3.5	2.2	2.8	1.9	2.0	1.9	1.5	2.3	3.9	1.7
22	1.9	3.4	1.6	0.4	2.1	3.3	0.4	1.3	1.4	1.3	1.3	4.2	2.3	1.7	2.2	3.6	1.7	1.0	1.0	1.6	4.4	1.5	1.7	0.2	1.0	1.1	0.7	2.6	4.3	1.5
23	1.8	2.3	1.6	0.6	2.4	2.1	1.2	1.0	2.6	1.7	0.8	4.0	1.8	2.4	1.4	3.5	1.2	1.4	1.5	1.7	4.0	1.8	1.1	0.9	1.0	1.4	0.6	1.8	3.2	1.4
24	1.4	2.0	1.0	0.5	1.8	1.5	0.9	1.8	1.5	1.1	0.6	3.5	1.5	1.1	1.1	1.9	1.1	1.2	1.3	1.8	0.8	2.4	0.3	0.4	2.3	1.0	1.1	1.5	2.6	0.9

## ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

### Anexo B

		Mayo																													
Hrs.	Prom.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1.2	1.2	1.0	1.1	3.0	1.0	1.0	1.7	2.3	1.2	1.1	1.3	0.8	0.8	1.4	1.3	0.1	0.8	1.4	1.0	0.4	0.5	0.7	0.7	1.1	0.7	1.4	0.2	0.9	0.9	2.7
2	1.0	0.4	0.9	2.1	2.5	1.9	0.9	0.9	2.4	0.4	0.4	1.5	0.5	0.8	1.1	1.0	0.5	0.3	1.7	0.6	0.7	0.8	0.5	0.6	1.3	1.1	0.2	0.2	0.5	0.7	0.3
3	1.0	0.5	1.1	2.6	2.3	2.0	1.0	0.4	1.2	1.4	0.6	1.0	0.3	1.0	1.3	0.1	0.4	1.0	2.5	1.5	1.2	0.4	0.7	1.0	0.3	0.8	0.8	0.4	0.9	0.5	0.5
4	1.1	0.7	0.9	2.6	2.1	0.7	0.8	0.8	1.4	0.8	1.3	0.8	1.1	1.4	1.7	0.9	0.4	0.6	1.7	0.8	0.7	1.6	0.1	1.3	1.0	0.6	1.0	0.6	1.4	1.1	0.6
5	1.0	1.0	0.8	2.9	2.1	1.2	0.9	0.9	0.5	1.2	0.5	0.5	0.9	1.6	0.6	1.3	0.5	0.4	1.9	0.6	1.1	1.2	0.5	1.1	1.2	0.5	0.4	0.7	0.8	0.8	0.7
6	1.0	1.2	1.3	3.0	1.5	0.3	1.1	0.7	1.1	0.9	0.8	0.6	0.7	1.5	1.0	0.4	0.3	0.8	1.4	0.9	0.9	0.6	0.4	1.4	1.4	0.4	1.1	0.9	1.3	0.9	1.1
7	1.0	0.6	1.2	3.1	1.7	0.3	0.8	0.9	1.1	1.2	0.7	1.2	1.0	0.6	0.5	0.5	0.2	0.4	1.1	0.8	1.0	0.9	0.5	1.1	1.3	0.2	1.1	0.6	1.1	0.5	1.0
8	0.7	0.5	0.4	3.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.8	1.0	1.1	0.4	0.2	0.8	0.6	0.2	0.4	0.5	0.1	0.7	0.4	0.1	0.7	0.2	0.3	0.7	0.1	0.4	0.9	1.4
9	1.0	0.8	0.7	3.4	0.5	0.3	1.0	0.6	0.9	0.4	0.9	1.3	1.1	0.8	1.6	1.2	1.2	0.2	1.2	1.7	0.7	0.8	0.8	1.1	0.6	0.7	0.8	0.7	0.5	1.4	0.8
10	1.4	1.1	0.7	4.2	1.0	0.9	1.4	1.1	0.9	1.1	1.0	1.2	1.0	1.4	1.2	1.5	1.6	0.8	1.7	1.6	1.3	0.9	0.8	1.7	1.1	1.0	1.4	0.8	1.5	1.6	1.3
11	1.5	2.1	1.2	3.7	1.7	1.1	0.9	1.5	1.5	1.3	1.1	1.0	1.1	1.5	0.6	1.1	1.5	1.3	1.6	1.9	2.0	1.1	1.8	1.7	1.1	0.9	1.8	0.8	2.1	1.4	1.7
12	1.7	2.8	2.7	2.9	1.2	1.3	1.3	1.8	1.3	1.1	1.1	1.9	1.4	2.3	1.7	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4	1.6	2.0	2.0	1.6	1.4	1.0	1.2	0.5	3.2	2.2	1.6
13	2.0	3.3	2.9	3.3	1.4	2.1	1.5	3.6	2.2	1.6	2.2	1.3	1.5	1.5	1.7	0.7	2.3	0.9	1.3	2.0	1.1	2.1	1.4	2.0	2.0	1.4	2.0	2.2	3.3	2.8	1.6
14	2.3	3.3	2.8	3.3	1.8	2.1	2.8	2.9	2.2	1.4	2.4	1.9	1.0	1.7	2.4	1.5	1.8	1.6	2.8	2.5	1.9	2.1	1.5	2.3	2.7	0.5	2.7	2.7	4.3	2.8	1.2
15	2.4	2.6	3.3	2.5	1.7	1.9	2.6	1.9	2.2	2.0	2.1	1.6	0.7	1.8	2.0	2.1	3.4	1.2	2.2	2.7	1.1	1.7	0.9	2.7	3.6	2.9	2.5	3.4	4.0	2.0	
16	2.5	0.8	4.0	3.6	1.9	4.0	2.2	2.1	1.4	1.7	2.5	1.5	1.2	1.4	3.4	1.6	2.2	1.1	2.5	2.8	1.5	2.1	1.8	3.5	3.1	2.8	2.5	2.9	4.4	3.3	2.4
17	2.8	2.5	4.4	4.4	1.6	2.2	1.5	3.4	1.9	1.4	4.4	1.4	1.7	2.1	3.4	3.0	1.0	0.8	2.9	2.8	3.1	2.2	1.8	3.4	3.9	4.0	3.8	4.0	4.0	4.1	0.0
18	3.0	3.2	5.9	5.1	1.6	0.0	2.2	3.6	3.3	1.2	3.1	0.9	1.3	3.1	3.6	2.5	0.9	1.3	1.2	2.7	3.2	3.7	3.9	4.2	3.5	2.6	3.1	3.7	4.3	4.7	5.1
19	3.4	3.0	5.0	5.3	5.0	4.9	1.7	3.7	3.7	3.5	5.5	1.3	2.7	2.3	2.1	1.6	3.1	2.0	2.5	2.8	2.0	2.9	4.9	4.4	3.5	3.3	2.0	3.4	4.5	4.6	1.6
20	2.8	4.8	4.3	4.2	4.3	0.6	3.5	3.4	2.6	3.9	4.0	0.8	1.9	3.1	1.0	1.1	2.9	0.9	2.7	2.8	1.0	2.3	4.2	3.2	3.0	2.2	2.1	2.8	3.9	4.0	0.4
21	2.2	2.4	4.0	3.7	3.4	1.3	2.2	2.6	1.5	4.1	2.7	0.4	1.5	2.9	1.5	0.5	0.1	2.2	2.3	0.6	1.6	1.1	2.6	3.0	2.6	1.3	1.9	1.4	3.0	3.3	0.6
22	2.0	2.2	4.6	4.0	3.1	0.7	1.9	2.2	1.7	2.5	1.3	0.9	0.4	2.1	2.8	0.7	1.4	2.0	2.9	0.9	1.9	0.5	1.7	1.3	1.2	0.8	0.5	1.7	2.5	3.9	3.4
23	1.9	1.7	4.7	3.7	3.0	1.1	2.1	2.9	1.8	1.2	2.0	1.3	0.9	2.5	2.3	0.7	0.6	1.4	2.3	1.2	1.6	1.4	2.1	0.2	0.8	0.6	1.3	2.2	1.7	3.8	3.2
24	1.5	0.8	3.6	3.4	2.5	0.1	2.1	2.6	0.9	1.0	1.4	1.4	0.5	1.5	2.5	0.1	0.9	0.4	1.7	1.1	0.7	0.8	0.8	0.7	0.4	0.8	0.2	1.1	1.8	3.2	3.0

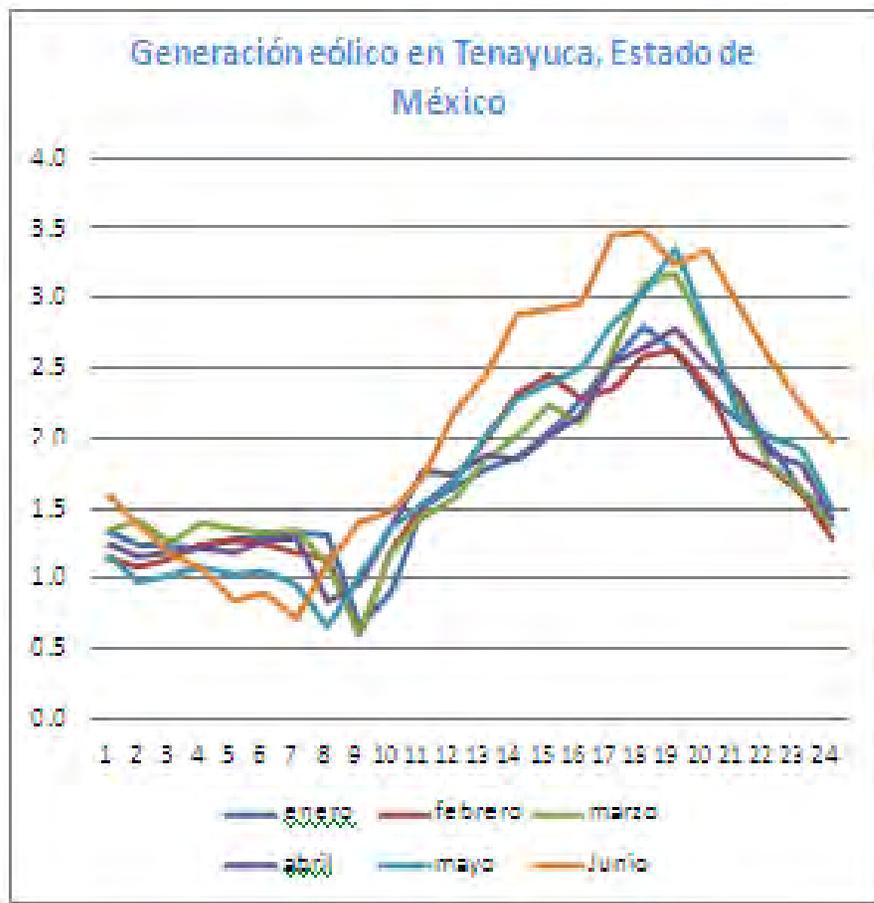
# ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO "VENTURI" PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

## Anexo B

		Junio																												
Hrs.	Prom.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	1.6	3.1	2.1	2.3	2.3	2.5	3.0	1.6	0.7	1.8	0.5	1.1	1.9	2.4	1.4	1.8	2.2	1.7	3.4	3.1	1.0	0.1	0.7	0.9	0.5	0.2	0.2	0.9	1.5	1.7
2	1.4	2.8	0.4	1.9	1.6	2.1	2.3	0.9	0.6	0.5	0.4	1.6	1.7	1.2	1.8	1.2	1.3	1.5	2.8	3.1	0.1	1.4	1.6	0.3	0.3	0.6	0.3	1.3	2.5	2.0
3	1.2	2.3	0.2	1.4	1.6	0.6	2.4	1.2	1.4	0.5	0.0	2.0	1.6	1.2	1.4	1.1	1.1	1.2	2.0	2.4	0.1	1.8	0.6	1.2	0.3	0.2	0.5	0.4	2.0	2.2
4	1.1	2.2	0.3	0.5	1.1	0.4	2.4	1.3	0.5	1.0	0.4	1.6	0.6	1.3	0.1	0.3	0.7	1.3	2.4	2.5	0.9	2.4	0.2	0.7	0.6	0.4	0.2	1.4	1.4	2.1
5	0.8	1.6	0.2	0.1	0.6	0.3	1.3	0.3	1.1	0.5	0.9	1.7	0.6	0.9	0.1	0.3	0.4	0.1	1.5	1.8	1.4	1.8	0.6	2.0	0.6	0.7	0.7	0.9	0.9	1.0
6	0.9	0.9	0.6	0.6	0.3	0.2	1.9	0.2	0.9	0.9	0.4	0.5	0.7	2.2	0.9	0.4	1.5	0.7	2.0	1.1	1.5	1.0	0.1	1.4	0.1	1.1	0.6	0.8	1.5	1.1
7	0.7	0.9	0.9	0.2	0.1	0.1	1.6	0.2	0.2	0.9	0.4	0.1	0.5	2.0	0.5	0.7	0.8	0.3	1.9	0.5	1.5	1.1	0.2	0.8	0.6	0.2	0.2	1.2	1.8	0.8
8	1.1	1.9	1.3	0.6	1.3	0.7	1.3	0.8	0.6	0.8	0.4	0.6	0.4	1.7	1.7	0.8	1.3	0.5	2.3	1.8	1.4	0.7	0.1	1.6	0.5	0.6	1.7	1.8	2.2	2.0
9	1.4	1.9	1.7	0.8	2.6	1.1	1.5	1.0	0.7	0.8	0.5	1.2	0.8	1.6	1.5	1.0	0.7	1.2	3.3	2.3	1.7	0.6	1.2	1.6	0.5	1.4	1.3	2.2	2.6	2.4
10	1.5	2.1	1.4	1.2	1.9	2.0	1.5	1.0	1.4	1.4	0.9	2.0	1.0	1.1	1.7	1.4	0.9	1.3	2.4	1.2	1.3	1.7	1.8	1.5	1.3	1.4	1.7	1.6	1.6	2.3
11	1.7	2.4	2.3	2.7	1.7	3.2	2.6	1.4	1.8	1.4	1.5	1.9	1.5	0.9	1.3	1.2	1.5	1.6	1.7	1.3	1.6	2.1	1.4	1.3	1.1	1.7	1.4	1.6	1.5	3.8
12	2.2	2.9	2.6	3.4	2.7	3.3	3.5	3.4	1.4	2.1	3.3	1.5	1.9	1.9	2.1	3.2	1.8	1.3	1.9	1.6	1.9	1.0	1.4	1.4	1.7	1.9	2.3	1.9	2.0	3.2
13	2.5	3.9	3.7	3.5	4.0	2.9	3.0	3.2	2.1	2.3	3.7	2.7	2.5	2.0	2.4	2.6	1.2	1.7	2.4	1.8	2.1	0.6	2.3	0.2	2.0	1.8	2.5	2.2	3.5	4.3
14	2.9	4.1	3.4	2.9	3.9	3.2	3.6	3.3	3.2	2.5	3.3	3.0	3.8	2.5	2.0	2.8	1.6	2.4	2.3	1.9	3.1	2.3	3.6	3.1	3.1	1.9	2.2	2.2	4.1	4.3
15	2.9	4.7	2.0	3.6	3.6	4.3	2.9	3.4	2.8	3.6	4.8	3.2	3.5	3.1	1.4	2.8	1.5	3.3	3.3	1.9	3.2	1.8	2.5	1.9	3.0	2.4	1.9	2.2	4.9	3.8
16	3.0	5.5	2.8	3.9	4.0	4.7	3.3	2.8	2.2	3.9	5.0	3.6	3.5	1.8	2.8	2.3	1.4	2.6	2.9	1.8	3.3	3.0	3.8	0.9	1.6	1.5	1.4	2.7	5.7	3.5
17	3.4	5.1	2.8	4.0	4.6	5.9	3.3	3.1	2.2	4.1	4.4	4.0	3.3	2.6	3.4	3.1	5.0	4.0	4.0	2.2	3.3	3.2	3.5	0.3	2.2	2.8	3.6	5.1	5.0	2.2
18	3.5	4.7	3.3	3.1	4.5	4.4	3.8	3.0	2.9	4.7	4.8	3.6	3.5	4.1	3.4	3.5	4.2	4.5	4.6	4.4	3.6	3.0	2.5	0.5	1.6	2.1	4.3	3.4	4.5	3.6
19	3.2	4.0	4.0	3.8	5.0	4.3	4.8	4.5	2.6	3.8	3.8	4.3	3.8	5.1	3.3	3.4	0.9	5.5	5.8	3.6	2.7	1.0	0.7	1.1	0.9	0.8	2.6	3.3	3.1	3.2
20	3.3	4.0	4.3	4.8	4.8	4.8	4.3	4.4	3.6	4.4	4.6	4.6	4.8	4.2	4.0	4.5	0.9	5.5	5.7	3.7	1.5	0.1	3.6	0.7	0.9	0.2	2.2	3.5	2.7	2.2
21	2.9	3.0	4.1	3.8	3.9	4.6	3.7	3.3	3.4	4.2	4.2	3.1	4.2	3.4	2.9	3.4	0.1	4.9	5.1	4.1	3.0	0.2	3.6	0.2	0.5	0.4	1.8	2.8	4.0	1.9
22	2.6	3.0	3.2	3.4	3.7	4.0	3.1	2.3	2.4	3.5	3.0	2.1	3.1	3.9	2.2	2.8	1.8	3.7	4.4	3.9	1.4	0.3	2.2	0.5	0.4	1.3	1.9	2.6	3.1	2.8
23	2.2	3.2	2.9	2.6	3.1	3.0	2.5	1.6	3.0	2.9	2.4	2.8	2.7	3.8	2.4	2.9	2.2	3.7	4.2	2.8	0.2	0.5	0.9	0.2	0.8	0.3	1.6	2.5	2.8	1.5
24	2.0	2.7	2.7	2.6	3.1	3.3	1.1	1.9	3.0	1.7	1.2	2.6	2.7	2.6	2.0	2.2	1.9	4.1	3.2	2.1	0.3	0.5	1.0	0.5	0.5	0.1	1.8	1.8	2.6	1.8

Anexo B

Tabla y gráfica de valores promedio mensuales



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
hrs	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.
1	1.3	1.1	1.3	1.3	1.2	1.6
2	1.2	1.1	1.4	1.2	1.0	1.4
3	1.2	1.1	1.3	1.2	1.0	1.2
4	1.2	1.2	1.4	1.2	1.1	1.1
5	1.3	1.3	1.4	1.2	1.0	0.8
6	1.3	1.2	1.3	1.3	1.0	0.9
7	1.3	1.2	1.3	1.3	1.0	0.7
8	1.3	1.1	1.1	0.8	0.7	1.1
9	0.7	0.6	0.6	1.0	1.0	1.4
10	0.9	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5
11	1.5	1.5	1.4	1.8	1.5	1.7
12	1.6	1.7	1.6	1.7	1.7	2.2
13	1.8	2.0	1.9	1.9	2.0	2.5
14	1.9	2.3	2.0	1.8	2.3	2.9
15	2.0	2.5	2.2	2.0	2.4	2.9
16	2.3	2.3	2.1	2.2	2.5	3.0
17	2.6	2.3	2.6	2.5	2.8	3.4
18	2.8	2.6	3.1	2.6	3.0	3.5
19	2.6	2.6	3.2	2.8	3.4	3.2
20	2.3	2.4	2.7	2.5	2.8	3.3
21	2.1	1.9	2.3	2.3	2.2	2.9
22	1.9	1.8	1.8	1.9	2.0	2.6
23	1.6	1.6	1.6	1.8	1.9	2.2
24	1.4	1.3	1.4	1.4	1.5	2.0

**Anexo C1** *Directrices que deberán seguir los modelos de contrato entre los  
suministradores y los generadores que utilicen energías renovables.*

Jueves 20 de agosto de 2009

DIARIO OFICIAL

(Segunda Sección)

**DIRECTRICES QUE DEBERAN SEGUIR LOS MODELOS DE CONTRATO ENTRE LOS  
SUMINISTRADORES Y LOS GENERADORES QUE UTILICEN ENERGÍAS RENOVABLES**

**PRIMERA.-** Los modelos de contrato entre los suministradores y los pequeños productores y productores independientes de energía que utilicen energías renovables deberán desarrollar, como mínimo, los contenidos normativos siguientes:

1. Premio
2. Declaraciones del suministrador y del permisionario sobre su plena capacidad para suscribir el contrato
3. Definiciones y reglas de Interpretación
4. Descripción de las instalaciones (podrá ir en el cuerpo de la licitación o en anexos, e incluir, entre otros):
  - a. Ubicación
  - b. Interconexión con el Sistema Eléctrico del suministrador
  - c. Especificaciones técnicas y requerimientos de tecnología, diseño, Ingeniería, suministro, construcción, pruebas, operación, mantenimiento, reportes, etc.
  - d. Permisos
  - e. Requisitos de capacidad y experiencia
5. Objeto del contrato
6. Declaraciones y garantías del suministrador y del permisionario
7. Fechas y plazos:
  - a. Fecha de inicio
  - b. Plazo del contrato
  - c. Calendario y fechas de eventos críticos
  - d. Fecha de operación comercial
8. Obligaciones del suministrador y del permisionario con anterioridad a la fecha de operación comercial
9. Lineamientos para las pruebas de desempeño y de puesta en servicio
10. Compromiso de compraventa de energía eléctrica o, de proceder y de acuerdo al resultado de las pruebas, compromiso de capacidad de generación de energía eléctrica y compraventa de energía eléctrica asociada, así como la facultad de construir capacidad en exceso
11. Cálculo de pagos
12. Obligaciones del suministrador y del permisionario después de la fecha de operación comercial
  - a. Despacho
  - b. Operación y mantenimiento
  - c. Medición
  - d. Facturación y pago
13. Administración del contrato: coordinadores o comité de coordinación
14. Promoción, desarrollo, trámite de la obtención y aprovechamiento de las reducciones certificadas de emisiones que, en su caso, se generen por la ejecución del proyecto
15. Derecho aplicable y solución de controversias
16. Impuestos

# ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

## Anexo C1

(Segunda Sección)

DIARIO OFICIAL

Jueves 20 de agosto de 2009

17. Seguros
18. Terminación por reestructuración del mercado
19. Cláusulas sobre eventos de Incumplimientos:
  - a. Terminación anticipada
  - b. Incumplimiento y recursos: eventos y consecuencias de Incumplimiento, derecho de Intervención del suministrador, renuncia y rescisión
  - c. Adquisición de los activos del proyecto del permisionario por parte del suministrador
  - d. Responsabilidad e Indemnización
  - e. Caso fortuito o fuerza mayor y obligación de notificar
20. Cláusulas generales procedentes:
  - a. Cesión, gravamen o transferencia, total o parcial, del contrato o cualquiera de los derechos u obligaciones derivadas del mismo
  - b. Cambios en la estructura societaria del permisionario
  - c. Adecuaciones por cambio en la ley
  - d. Integración nacional
  - e. Relación entre las partes
  - f. Integridad: totalidad del contrato
  - g. Confidencialidad
  - h. Notificaciones
  - i. Disposiciones varias

**SEGUNDA.-** Los modelos de contrato entre los suministradores y los exportadores de energía eléctrica que utilicen energías renovables deberán desarrollar, como mínimo, los contenidos normativos siguientes:

1. Proemio
2. Declaraciones del suministrador y del permisionario sobre su plena capacidad para suscribir el contrato
3. Definiciones y reglas de Interpretación
4. Objeto del contrato
5. Declaraciones y garantías del suministrador y del permisionario
6. Descripción de las instalaciones (podrá ir en el cuerpo de la licitación o en anexos, e incluir, entre otros):
  - a. Ubicación
  - b. Interconexión con el Sistema Eléctrico del suministrador
  - c. Especificaciones técnicas y requerimientos de tecnología, diseño, ingeniería, suministro, construcción, pruebas, operación, mantenimiento, reportes, etc.
7. Fechas y plazos:
  - a. Fecha de inicio
  - b. Plazo del contrato
  - c. Calendario y fechas de eventos críticos
  - d. Fecha de operación comercial
8. Entregas de energía por el permisionario y por el suministrador

# ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

## Anexo C1

Jueves 20 de agosto de 2009

DIARIO OFICIAL

(Segunda Sección)

9. Interrupción de servicios
10. Derecho aplicable y resolución de controversias
11. Impuestos
12. Obligaciones del suministrador y del permisionario después de la fecha de operación comercial
  - a. Despacho
  - b. Interconexión (punto de interconexión y punto de carga)
  - c. Operación y mantenimiento
  - d. Medición
13. Compensaciones por servicios complementarios de reserva operativa y reserva suplementaria, resultado de la relación del permisionario de exportación y el sistema eléctrico del país importador
14. Etiqueta electrónica y administración de la exportación Compromiso de compraventa de energía eléctrica o, de proceder y de acuerdo al resultado de las pruebas, compromiso de capacidad de generación de energía eléctrica y compraventa de energía eléctrica asociada, así como la facultad de construir capacidad en exceso
16. Cláusulas sobre eventos de incumplimientos:
  - a. Terminación anticipada
  - b. Incumplimiento y recursos: eventos y consecuencias de incumplimiento, derecho de intervención del suministrador, renuncia y rescisión
  - c. Responsabilidad e indemnización
  - d. Caso fortuito o fuerza mayor y obligación de notificar
18. Administración del contrato: coordinadores
17. Regulación de servicios
18. Pagos
  - a. Servicios conexos y administración del contrato
  - b. Cargos por el sistema eléctrico del país importador
  - c. Energía en el punto de interconexión y punto de carga
  - d. Energía en emergencias
  - e. Energía en periodo de pruebas
18. Cláusulas generales procedentes:
  - a. Cesión, gravamen o transferencia, total o parcial, del contrato o cualquiera de los derechos u obligaciones derivadas del mismo
  - b. Cambios en la estructura societaria del permisionario
  - c. Adecuaciones por cambio en la ley
  - d. Relación entre las partes
  - e. Integridad: totalidad del contrato
  - f. Confidencialidad
  - g. Notificaciones
  - h. Disposiciones varias

**Anexo C2** *Contrato de Interconexión para fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña escala.*

(Primera Sección)

DIARIO OFICIAL

Jueves 8 de abril de 2010

CONTRATO DE INTERCONEXION PARA FUENTE DE ENERGIA RENOVABLE O SISTEMA DE COGENERACION EN PEQUEÑA ESCALA QUE CELEBRAN, POR UNA PARTE LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, DENOMINADA EN LO SUCESIVO EL SUMINISTRADOR, Y POR LA OTRA \_\_\_\_\_, A QUIEN EN LO SUCESIVO SE DENOMINARA EL GENERADOR, REPRESENTADO POR \_\_\_\_\_ EN SU CARACTER DE \_\_\_\_\_, AL TENOR DE LAS SIGUIENTES DECLARACIONES Y CLAUSULAS.

**DECLARACIONES**

**I. Declara el Suministrador que:**

- (a) Es un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, que se rige por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento, y acredita tal carácter en los términos del artículo 8 de la citada Ley.
- (b) Su representante, el señor \_\_\_\_\_ cuenta con todas las facultades necesarias para comparecer a la celebración del presente contrato, según consta en la Escritura Pública número \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, pasada ante la fe del señor licenciado \_\_\_\_\_, Notario Público número \_\_\_\_\_ de la ciudad de \_\_\_\_\_.
- (c) Tiene su domicilio en \_\_\_\_\_, mismo que señala para todos los fines y efectos legales del presente Contrato.
- (d) El presente Contrato es aplicable a todos los Generadores con Fuente de Energía Renovable y Generadores con Sistema de Cogeneración en Pequeña Escala con capacidad hasta de 30 kW, que se interconecten a la red eléctrica del suministrador en tensiones inferiores a 1 kV, y que no requieren hacer uso del Sistema del Suministrador para portear energía a sus cargas.

**II. Declara el Generador que:**

- (a) (Opción 1. persona física): Es una persona física que comparece por su propio derecho con capacidad jurídica para contratar y obligarse en términos del presente Contrato y se identifica con \_\_\_\_\_, expedida por \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_.  
(Opción 2. persona moral): Es una sociedad mexicana, constituida de acuerdo con la Escritura Pública número \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, pasada ante la fe del licenciado \_\_\_\_\_, Notario Público No. \_\_\_\_\_ de la ciudad de \_\_\_\_\_, e inscrita en el Registro Público de Comercio de \_\_\_\_\_ bajo el número \_\_\_\_\_.  
Su representante \_\_\_\_\_, quien actúa con el carácter de \_\_\_\_\_, cuenta con todas las facultades necesarias para la celebración del presente contrato, según se desprende de la Escritura Pública No. \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, pasada ante la fe del señor licenciado \_\_\_\_\_, Notario Público No. \_\_\_\_\_ de la ciudad de \_\_\_\_\_ e inscrita en el Registro Público de Comercio de \_\_\_\_\_ bajo el número \_\_\_\_\_.  
(b) Tiene su domicilio en \_\_\_\_\_, mismo que señala para todos los fines y efectos legales de este Contrato.  
(c) Se obliga a proporcionar al Suministrador, y según sea el caso, acreditar documentalmente con Información Técnica, que cuenta con equipo de cogeneración que cumple con los términos del artículo 36, fracción II, de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

**CLAUSULAS**

**PRIMERA.** Objeto del Contrato. El objeto de este Contrato es realizar y mantener durante la vigencia del mismo, la interconexión entre el Sistema Eléctrico Nacional propiedad del Suministrador y la Fuente de Energía Renovable o el Sistema de Cogeneración en pequeña escala del Generador;

**SEGUNDA.** Definiciones. Los términos que aparecen en este Contrato, ya sea en el propio cuerpo o en cualquiera de sus anexos, con inicial mayúscula y negritas tendrán el significado que se les asigna en esta cláusula segunda. Dicho significado se aplicará al término tanto en singular como en plural.

- **Cogeneración.** Conforme a lo dispuesto en el artículo 36, fracción II, de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica.
- **Contrato.** El presente Contrato para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en pequeña escala incluyendo todos y cada uno de sus anexos.

# ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

## Anexo C2

Jueves 8 de abril de 2010

DIARIO OFICIAL

(Primera Sección)

- **Generador.** La persona física o moral que cuente con un equipo de generación eléctrica con Fuente de Energía Renovable o aquellas personas físicas o morales que cuenten con un Sistema de Cogeneración en Pequeña Escala.
- **Información Técnica:** Información suficiente con la que se deberá demostrar que se cuenta con equipo de cogeneración que se acreditará con copias de alguno de los siguientes documentos: factura, manuales del fabricante, diagramas de proceso, entre otros.
- **Fuente de Energía Renovable:** Generadores de energía renovable como se define en el artículo 3, fracción II, de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.
- **Kilowatt hora (kWh).** Unidad convencional de medida de energía eléctrica.
- **Ley.** La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- **Parte.** El Suministrador de acuerdo a la Ley y la persona física o moral que suscribe el Contrato.
- **Sistema.** El Sistema Eléctrico Nacional propiedad del Suministrador.
- **Sistema de Cogeneración.** Dispositivos que en su conjunto producen energía eléctrica mediante Cogeneración.

**TERCERA. Vigencia del Contrato.** El presente Contrato surtirá sus efectos a partir de la fecha en que sea firmado por ambas Partes y tendrá una duración indefinida.

**CUARTA. Terminación anticipada y rescisión.** El presente Contrato podrá darse por terminado anticipadamente por cualquiera de las causas siguientes:

- a) Por voluntad del Generador, siendo requisito previo la notificación por escrito del Generador al Suministrador con anticipación no menor a treinta (30) días hábiles.
- b) Por necesidades del servicio, siendo requisito previo la notificación por escrito del Suministrador al Generador con anticipación no menor a treinta (30) días hábiles.
- c) Por acuerdo de las Partes.

El presente Contrato podrá rescindirse por contravención a las disposiciones que establece la Ley, su Reglamento y las demás disposiciones aplicables al Contrato, siempre y cuando dicha contravención afecte sustancialmente lo establecido en este Contrato.

Mientras no se rescinda el Contrato, cada Parte seguirá cumpliendo con sus obligaciones respectivas al amparo del mismo.

**QUINTA. Entrega de energía por el Generador.** El Generador se compromete a poner a disposición del Suministrador la energía producida por la Fuente de Energía Renovable o por el Sistema de Cogeneración en pequeña escala, y el Suministrador se compromete a recibirla hasta por un total igual a la energía asociada a la potencia de \_\_\_\_\_kW.

La potencia máxima a instalar dependerá del tipo de servicio, y no podrá ser mayor a lo siguiente:

Para usuarios con servicio de uso residencial: hasta 10 kW.

Para usuarios con servicio de uso general en baja tensión: hasta 30 kW.

**SEXTA. Interconexión.** Las inversiones necesarias para la construcción de las instalaciones o equipos que técnicamente sean necesarios serán a cargo del Generador.

Asimismo, estará a cargo del Generador cualquier modificación que sea necesario realizar a las instalaciones existentes para lograr la interconexión, mismas que, en su caso, realizará bajo la supervisión del Suministrador y previa autorización de éste.

Las instalaciones y equipos necesarios en el Punto de Interconexión así como los elementos de protección, requeridos para la conexión con el Sistema deberán cumplir con las especificaciones conducentes del Suministrador y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Las características de estas instalaciones y equipos serán las establecidas por el Suministrador.

# ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

## Anexo C2

(Primera Sección)

DIARIO OFICIAL

Jueves 8 de abril de 2010

**SEPTIMA. Medición.** Los medidores y los equipos de medición a ser usados para medir la energía entregada por el Generador al Suministrador y la que entregue el Suministrador al Generador serán instalados por el Suministrador a costa del Generador. Los medidores a instalar tendrán la capacidad de efectuar la medición neta (Net Metering) entre la energía eléctrica entregada por el Suministrador y la energía eléctrica entregada por el Generador al Suministrador. En razón de ello, el Generador únicamente pagará la diferencia entre el costo del equipo necesario para realizar la medición neta y el costo del equipo convencional que instalaría el Suministrador para la entrega de energía eléctrica que corresponda.

El Generador puede instalar y mantener a su propia costa, medidores y equipo de medición de reserva en el Punto de Interconexión adicionales a los mencionados en el párrafo anterior de esta cláusula, siempre y cuando cumplan con las normas y prácticas que tiene establecidas el Suministrador para ese propósito.

**OCTAVA. Contrato de Suministro.** El Generador se obliga a mantener vigente un contrato de suministro de energía eléctrica en la tarifa aplicable durante todo el tiempo que dure la Interconexión de su fuente con la red del Suministrador.

**NOVENA. Facturación y pagos.** Para fines de facturación, el consumo de kWh del Generador, se determinará como la diferencia entre la energía eléctrica entregada por el Suministrador y la entregada por el Generador al Suministrador.

Cuando la diferencia sea negativa, se considerará como un crédito a favor del Generador que podrá ser compensado dentro del periodo de 12 meses siguientes. De no efectuarse la compensación en ese periodo, el crédito será cancelado y el Generador renuncia a cualquier pago por este concepto.

Cuando la diferencia sea positiva, se considerará como un crédito a favor del Suministrador y se facturará en la tarifa aplicable según el contrato mencionado en la cláusula octava.

**DECIMA.** El Generador se obliga a no intervenir ni modificar los equipos en sus instalaciones que están asociados a la desconexión de su fuente de energía, ni a los asociados a la desconexión de sus instalaciones de las instalaciones del Suministrador. En caso contrario, el Generador deberá responder de los daños y perjuicios que cause el Suministrador.

**DECIMA PRIMERA.** Lugar de pago. Todos los pagos se harán en moneda de curso legal en los Estados Unidos Mexicanos en las oficinas de atención al público del Suministrador o en las instituciones o medios que éste establezca.

**DECIMA SEGUNDA.** Supletoriedad. Para lo no establecido en el presente Contrato, se aplicarán las disposiciones del contrato de suministro de energía eléctrica mencionado en la cláusula octava así como lo dispuesto en las disposiciones jurídicas aplicables.

**DECIMA TERCERA.** Modificaciones. Cualquier modificación al presente Contrato deberá formalizarse por escrito y ambas Partes deberán suscribir el convenio correspondiente.

**DECIMA CUARTA.** Caso fortuito y fuerza mayor. Las Partes no serán responsables por el incumplimiento de sus obligaciones cuando el mismo resulte de caso fortuito o fuerza mayor.

**DECIMA QUINTA.** Cesión de derechos. El Generador tiene prohibida la cesión parcial o total de los derechos y obligaciones derivadas del presente Contrato, sin la previa autorización por escrito del Suministrador.

**DECIMA SEXTA.** Legislación y tribunales. El presente Contrato se rige e interpreta por las leyes federales de los Estados Unidos Mexicanos y, en particular, por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento. Las controversias que surjan del presente contrato serán competencia de los tribunales federales en la ciudad \_\_\_\_\_ y al efecto las partes renuncian al diverso fuero que pudiere corresponderles por razón de su domicilio u otras causas.

Este Contrato se firma en \_\_\_ ejemplares en la Ciudad de \_\_\_\_\_, el \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

EL SUMINISTRADOR

EL GENERADOR

Las firmas y antefirmas que anteceden corresponden al Contrato celebrado entre \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (el Suministrador) y \_\_\_\_\_ (el Generador).

## ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

---

### Anexo C2

Jueves 8 de abril de 2010

DIARIO OFICIAL

(Primera Sección)

Luis Alfonso Marcos González De Alba, Secretario Ejecutivo de la Comisión Reguladora de Energía, con fundamento en lo dispuesto por el artículo 36, fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía certifica: Que el presente documento, que consta de veintisiete fojas útiles, es copia fiel de su original que obra en los archivos de esta Secretaría Ejecutiva, como Resolución Núm. RES/054/2010 del 4 de marzo de 2010.

La presente certificación se expide en México, Distrito Federal, a diez de marzo de dos mil diez.- Conste.- Rúbrica.

### Anexo C3 Características de los equipos de medición y comunicación.

#### ANEXO E-RMT

##### Características de los equipos de medición y comunicación.

Medidor electrónico multifunción de 2.5 clase 20 Amperes o 30 clase 200 Amperes, según corresponda a la carga y tipo de medición del cliente, 3 fases, 4 hilos, 3 elementos, 120 volts, conexión estrella, base tipo “S”, forma 98 o 168, debiendo cumplir con lo siguiente:

1. Clase de exactitud de 0,2% de acuerdo a la Especificación CFE G0000-48.
2. Medición de kWh-kW y de kVARh Inductivos y capacitivos.
3. Medición Bidireccional.
4. Con módem interno para comunicación remota a través de línea telefónica de velocidad mínima de 1200 bauds.
5. Con interface de puerto óptico tipo 2 en la parte frontal del medidor, para programar, interrogar y obtener todos los datos del medidor.
6. Programable para que cada fin de mes y estación realicen un restablecimiento de demanda, reteniendo en memoria las lecturas de tarifas horarias (congelamiento de lecturas), para su acceso tanto en pantalla, como mediante el software propietario.
7. Con memoria no volátil para almacenar los datos de programación, configuración y tarifas horarias.
8. Con pantalla que muestre tarifas horarias.
9. Programables para que proporcione valores de:
  - \* 4 diferentes tarifas, 4 diferentes días, 4 diferentes horarios, 4 estaciones y cambio de horario de verano.
  - \* Consumo de energía activa y reactiva, entregada y recibida, para cada una de las 4 tarifas, de los 4 diferentes días, de los 4 diferentes horarios y de las 4 diferentes estaciones.
  - \* Demanda rolada en intervalos de 15 minutos y subintervalos de 5 minutos, para la potencia entregada, en cada una de las 4 tarifas, de los 4 diferentes días, de los 4 diferentes horarios y de las 4 diferentes estaciones.
  - \* Valores totales por tarifa y total de totales.
10. Dispositivo para el restablecimiento de la demanda.
11. Compatible con computadora personal portátil.
12. Memoria masiva para almacenar un mínimo de 2 variables cada 5 minutos un mínimo de 35 días.
13. Reloj calendario programable en base a la frecuencia de la línea o al cristal de cuarzo.
14. Batería de respaldo para el reloj y la memoria masiva con vida útil mínima de 5 años y capacidad mínima para 30 días continuos o 365 días acumulables.
15. Capacidad para colocar el medidor en modo de prueba, ya sea por software o hardware indicando que está operando en este modo.
16. Pantalla para que mediante un dispositivo muestre en forma cíclica la información del modo normal, modo alterno y modo de prueba.

Nota: Estas características son las mínimas requeridas.

De acuerdo o lo indicado en las DECLARACIONES, punto II, inciso c), del Contrato de Interconexión:

Se incluyen en este ANEXO los datos del equipo de medición y comunicación a ser usados para medir en el Punto de Interconexión la Energía Entregada por el Generador al Suministrador y la que entregue el Suministrador al Generador.

Equipo de medición:

1.- Marca del medidor: \_\_\_\_\_

2.- Modelo del medidor: \_\_\_\_\_

3.- No. de medidor: \_\_\_\_\_

4.- Código de medidor: \_\_\_\_\_

5.- Código de lote: \_\_\_\_\_

6.- No. de serie del medidor: \_\_\_\_\_

7.- Fases \_\_\_\_, Hilos \_\_\_\_, Elementos \_\_\_\_, Volts \_\_\_\_, Forma \_\_\_\_, Exactitud: \_\_\_\_

Nota: El medidor será cedido a la CFE para su operación y mantenimiento.

# ANÁLISIS DEL AEROGENERADOR CON TURBINA TIPO “VENTURI” PARA APLICACIONES URBANAS EN MÉXICO

---

## Anexo C3

### Equipo de comunicación:

1.- Tipo de comunicación remota (línea telefónica convencional, celular):

\_\_\_\_\_

2.- No. telefónico:

\_\_\_\_\_

## **Anexo C4** *Requisitos técnicos para la interconexión de fuentes distribuidas de generación en pequeña escala.*

### Requisitos técnicos para la interconexión de fuentes distribuidas de generación en pequeña escala.

#### **1. ALCANCE**

Este documento establece los requisitos y especificaciones técnicas para la interconexión entre una fuente de energía distribuida en pequeña escala y el sistema eléctrico nacional.

#### **2. DEFINICIONES**

##### **Generación Distribuida (GD)**

Equipos e instalaciones de generación eléctrica conectadas al sistema eléctrico nacional por medio de un punto de interconexión.

##### **Sistema Eléctrico**

Equipos e instalaciones que entregan energía eléctrica a una carga.

##### **Sistema Eléctrico Nacional (SEN)**

Sistema eléctrico disponible en toda la república y que entrega energía eléctrica a las redes eléctricas locales.

##### **Sistema Eléctrico Local (SEL)**

Sistema eléctrico contenido enteramente dentro de uno o varios recintos y que no pertenece al Sistema Eléctrico Nacional.

##### **Fuente de Energía Distribuida (FED)**

Fuente de energía eléctrica que no está directamente conectada a los grandes sistemas de transmisión. Las fuentes incluyen generadores y tecnologías de almacenamiento de energía

##### **Fuente de Energía Distribuida en Pequeña Escala.**

Es una fuente de energía distribuida que es interconectada al sistema eléctrico nacional con tensiones menores a 1 kV y en potencias menores o iguales a 30 kW.

##### **Interconexión**

El resultado del proceso de conectar una fuente de energía distribuida al Sistema Eléctrico Nacional.

##### **Isla**

Condición en la cual una porción del sistema eléctrico nacional es energizado únicamente por uno o más sistemas eléctricos locales a través de los puntos de

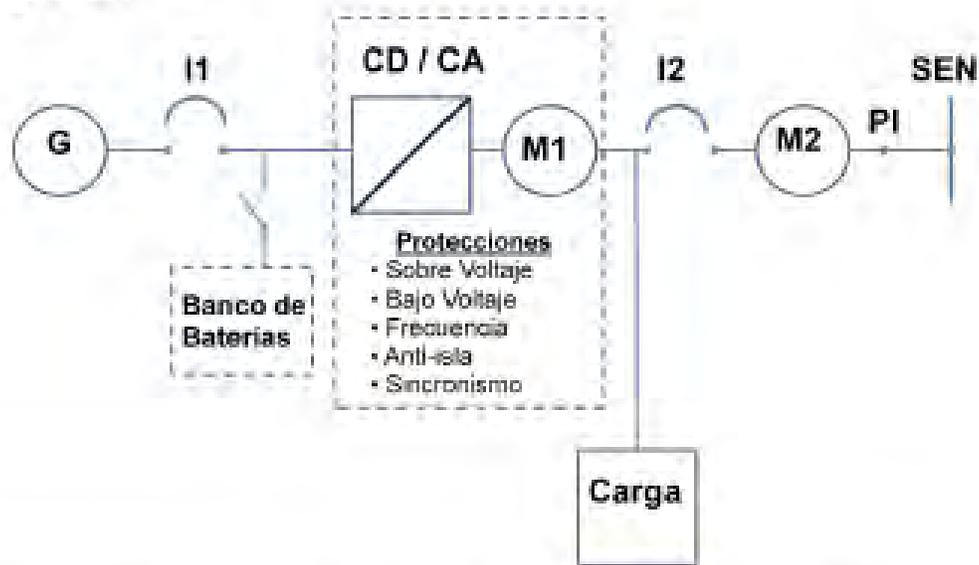
### 3.1.3. Energización del Sistema Eléctrico Nacional

La FED no debe energizar el SEN cuando el SEN esté desenergizado.

### 3.2. Condiciones Anormales de Operación

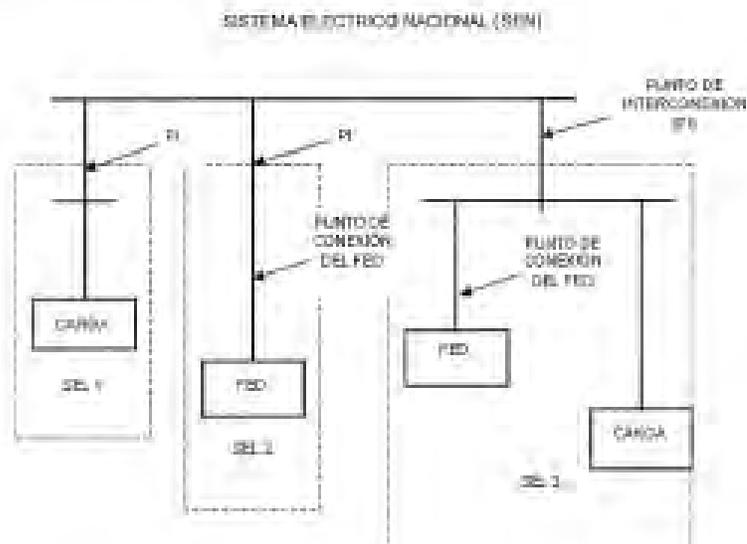
El FED deberá contar con los dispositivos de protección adecuados para desconectarse del SEN en caso de fallas en el propio SEN al cual se encuentra conectado, como se muestra en la figura No.1.

Figura No.1



El uso del banco de baterías es opcional. El convertidor CD/CA es opcional de acuerdo al equipo usado para generar.

Figura No. 2



### 3.2.1 Voltaje

La protección en el PI deberá detectar el valor rms o la frecuencia fundamental del voltaje de alimentación del suministrador de cada fase a neutro. Los tiempos totales de desconexión dependiendo del nivel de voltaje se indican en la Tabla No. 1. Los dispositivos de voltaje podrán ser fijos o ajustables en campo.

Tabla 1. Respuesta a tensiones anormales en el PI.

Rango de tensión (% de la tensión base)	Tiempo de liberación <sup>(1)</sup> (s)
$V < 50$	0.16
$50 \leq V < 88$	2.00
$110 < V < 120$	1.00
$V \geq 120$	0.16

<sup>1</sup> FED  $\leq 30$  kW, tiempo máximo de operación

El voltaje deberá ser detectado en el PI o punto de conexión del FED de acuerdo a la figura No. 2.

La capacidad del fusible o interruptor termomagnético I1 debe ser seleccionado en función de la capacidad del generador, y el I2 debe ser seleccionado en función de la carga del servicio.

### 3.2.2. Frecuencia

Cuando la frecuencia del sistema se encuentre en los rangos dados en la Tabla No.2 la protección en el PI deberá operar con los tiempos totales indicados en la misma. Los dispositivos de frecuencia podrán ser fijos o ajustables en campo. Los ajustes de baja frecuencia deberán ser coordinados con los dispositivos del SEN.

Tabla 2. Respuesta a frecuencias anormales en el PI.

Tamaño de la planta (KW)	Rango de frecuencia (Hz)	Tiempo de liberación <sup>(1)</sup> (s)
$\leq 30$	$> 60.5$	0.16
	$< 59.5$	0.16

<sup>1</sup> FED  $\leq 30$  KW, tiempo máximo de operación

### 3.2.3. Re-Conexión al PI

Después de un disturbio, el FED no deberá reconectarse hasta que el voltaje en el PI esté dentro de los límites pre-establecidos por la CFE y la frecuencia esté entre 59.3 Hz y 60.5 Hz.

Para los casos en que el FED cuente con equipo de reconexión automática deberá ser ajustado de tal manera que la re-conexión se de 5 minutos después de que el voltaje y la frecuencia se hayan restablecido dentro de los límites indicados anteriormente.

### 3.3. Operación en Isla

#### 3.3.1. Operación en Isla No Intencional

Para una operación en isla no-intencional en la que la FED alimenta una parte del SEN en el PI, la FED deberá detectar esta condición y desconectarse del SEN en un tiempo no mayor a medio segundo.

#### 3.3.2 Otros

Debido a la magnitud de la capacidad de generación, este tipo de proyectos no requiere de dispositivos especiales de protección en el SEN

El generador debe asegurarse que sus instalaciones cuenten con dispositivos de control y protección, diseñados para prevenir la formación de una isla eléctrica involuntaria al ocurrir cualquier disturbio eléctrico. No se aceptará el uso de fusibles para proveer esta función.

El medidor M1 que se indica en la figura 1 tiene la función de registrar la generación total en kWh de la FED y deberá ser suministrado por el generador o integrado como parte del FED. El medidor M2 es el medidor de facturación, ambos medidores se describen en el documento “Características de los equipos de medición para generación en pequeña escala”..

El generador será responsable de operar, mantener y reparar sus instalaciones a fin de que éstas cumplan en todo momento con los requisitos de seguridad y confiabilidad de la operación en paralelo con el sistema..