



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN

**“PROPUESTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PARA UNA CASA HABITACIÓN DE INTERÉS SOCIAL POR
MEDIO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO (ENERGÍA EÓLICA)
UBICADA EN EL ISTMO DE TEHUANTEPEC, OAXACA”.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

PRESENTA:

JOSUÉ ARTURO REYES ÁLVAREZ

ASESOR:

ING. JOSÉ ARMANDO TORRES RUPERTO

MÉXICO, D.F.

2009



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.

PRESIDENTE:

ING. ABEL ÁNGEL LÓPEZ MARTÍNEZ

VOCAL:

ING. JOSÉ LUIS TERÁN PÉREZ

SECRETARIO:

MTRO PABLO MIGUEL PAVÍA ORTIZ

SINODALES SUPLENTES:

MTRO. FRANCISCO MEJÍA MEZA

ING. JOSÉ ARMANDO TORRES RUPERTO (ASESOR)

AGRADECIMIENTO.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, LA CUAL ME HA FORMADO PROFESIONALMENTE.

A MI MADRE GRACIAS POR TODO EL APOYO QUE ME HA BRINDADO Y TODA LA CONFIANZA QUE DEPOSITO EN MI Y GRACIAS A SUS CONSEJOS QUE TANTO ME SIRVIERON PARA LOGRAR ESTA META. LA QUIERO MUCHO

A MIS HERMANOS POR LOS ANIMOS QUE ME ECHARON (VAMOS SI SE PUEDE)

A MI NOVIA GABY POR QUE GRACIAS A SU APOYO Y REGAÑOS HE PODIDO REALIZAR ESTE TRABAJO Y MUCHAS OTRAS COSAS Y GRACIAS POR QUERERME TANTO TE AMO

A MI PROFESOR EL MAESTRO PABLO MIGUEL PAVÍA ORTIZ QUE GRACIAS A TODOS SUS CONSEJOS ESTOY EN ESTE CAMINO Y QUE SABE QUE EN MI CUENTA CON UN VERDADERO AMIGO.

A MI ASESOR POR DEDICARME EL TIEMPO

Y A TODOS AQUELLOS QUE NO MENCIONO PERO QUE ME BRINDARON CONSEJOS Y ME APOYARON MIL GRACIAS

A MI JURADO:

ING. ABEL ÁNGEL LÓPEZ MARTÍNEZ

ING. JOSÉ LUIS TERÁN PÉREZ

MTRO. PABLO MIGUEL PAVÍA ORTIZ

MTRO. FRANCISCO MEJÍA MEZA

ING. JOSÉ ARMANDO TORRES RUPERTO (ASESOR)

ÍNDICE

PÁGINA

INTRODUCCIÓN.

I. ENERGÍA EÓLICA	1
I.1. ¿Qué es la energía eólica?	2
I.2. Historia de la energía eólica	3
I.3. Generación del viento	10
I.4. Tipos de aerogeneradores	17
II. GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA	20
II.1. Capacidad de generación en el mundo	22
II.2. Capacidad de generación en México	29
II.3. Sistemas de generación de energía eólica	33
II.4. Aerogeneradores (componentes)	37
II.5. Fabricación de aerogeneradores en México	39
II.6. Usos de los aerogeneradores en México	41
III. CONSUMO DE ENERGÍA EN LA VIVIENDA	46
III.1. Ubicación de la propuesta	47
III.2. Tipos de vivienda en la zona	51
III.3. Descripción de la casa (prototipo propuesto)	56
III.4. Análisis del consumo	60
III.5. Propuesta de consumo alternativo	62

IV. ANÁLISIS DE LA PROPUESTA	64
IV.1. Ventajas de la energía eólica	65
IV.2. Desventajas de la energía eólica	67
IV. 3. Impacto visual	68
IV.4. Impacto ambiental	69
IV.5. Rentabilidad	70
CONCLUSIONES.	73
BIBLIOGRAFÍA.	75

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es proponer otro tipo de energía que no sean los métodos convencionales en este caso energía alternativa como lo es la eólica y aprovecharla como una fuente de energía limpia.

Se pretende saber que tan confiable es y si se puede combinar con otros tipos de energía como son los métodos convencionales.

Se explicara que es la energía eólica conociendo sus orígenes, la capacidad de generación de energía eólica como está constituido un aerogenerador, producción y usos, se analizan los consumos de energía en una vivienda tipo y se realizara una propuesta de utilización de energía eólica, para disminuir el consumo de energía eléctrica de la red convencional, la propuesta está localizada en Tehuantepec, Oaxaca.

El tema ha sido poco estudiado, por lo que la información, es escaza, razón por la cual las fuentes fueron de primera mano y de estudio de la zona de forma directa. El uso y mantenimiento de los aerogeneradores está a cargo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para la generación de tipo industrial.

En el primer capítulo se explica que es la energía eólica, así como su historia, los diferentes usos del viento en la vida cotidiana. Así como el comportamiento natural del viento.

En el segundo capítulo se analizaran los sistemas de generación, utilizados tanto en México, como en el mundo, así mismo la partes que forman un aerogenerador, se mencionaran algunas empresas que fabrican aerogeneradores a pequeña escala, y su utilización en nuestro país.

En el tercer capítulo se estudiara la propuesta de una vivienda de interés social, en la que habitan una familia de cuatro integrantes que cuenta con los servicios básicos, ubicada en Tehuantepec, Oaxaca. La propuesta

consiste en que en la vivienda se utilizó la energía eólica para los consumos domésticos necesarios y así obtener beneficio en el ahorro de energía eléctrica.

En el cuarto y último capítulo se analizarán las ventajas y desventajas de la energía eólica, así como el impacto ambiental. Así como el ahorro que significa para una familia promedio el invertir en un aerogenerador. Y el apoyo a la energía eólica como desarrollo sustentable para las diferentes regiones de la República en las que es posible la utilización de dicha energía.

Sin embargo se hace hincapié en el desarrollo de aerogeneradores para el uso de energía doméstica como complemento parcial de la energía eléctrica siendo los beneficiarios directos las comunidades nativas de las diferentes zonas donde el recurso eólico es favorable.

En el análisis de la propuesta se hace un comparativo de energía utilizada por una familia de cuatro integrantes haciendo la comparación del recibo de luz con lo que pudieran gastar utilizando como complemento la energía eólica.

Capítulo I

ENERGÍA EÓLICA

Objetivo: Conocer de los orígenes y desarrollo del recurso natural aplicado a los aerogeneradores

I.1. ¿Qué es la energía eólica?

El término eólico viene del latín Aeolicus, perteneciente o relativo a Éolo, dios de los vientos en la mitología griega y por tanto perteneciente o relativo al viento.

La energía eólica es la que se obtiene por medio del viento, es decir mediante la utilización de la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, está relacionada con el movimiento de las masas de aire que desplazan desde áreas de alta presión hacia áreas adyacentes de baja presión.



**Figura 1 Molino de viento en el municipio de Camuñas
(Provincia de Toledo, España).**

I.2. Historia de la energía eólica

El aprovechamiento de la energía eólica data de las épocas más remotas de la humanidad (En el año 4,500 A. C. los egipcios ya navegaban a vela.) una de las primeras noticias que se tiene se refiere a un molino que se construyó en el siglo II A. C. para proporcionar aire a un órgano. Los molinos más antiguos que se conocen eran de eje vertical.

En el siglo VIII aparecieron en Europa, procedentes del Este, grandes molinos de eje horizontal con cuatro aspas. Fabricados principalmente por los holandeses, lo cual les hizo alcanzar una gran firmeza, pese a que, debido a las dimensiones de sus aspas distaban mucho de recoger en máximo de potencia. Necesitaban una regulación de la orientación de la tela. Siempre sucede esto en los molinos de viento de eje horizontal que deben de trabajar siempre de frente al viento. Estos molinos eran muy adecuados para vientos de velocidades de 5 m/s (20 Km/h).

En los siglos XII-XIII empieza a generalizarse el uso de los molinos de viento para la elevación de agua y la molienda de grano, los más antiguos aparecieron en Turquía, en Irán y en Afganistán, a principios del siglo XII. Europa se llenó a su vez de molinos, sobre todo en Bélgica y en los Países Bajos. Los molinos de Holanda tienen 4 aspas de lona, mientras que los de Baleares y Portugal tienen 6, y los de Grecia, 12. Los molinos con gran número de palas trabajan a velocidades de rotación relativamente bajas y tienen un funcionamiento útil a partir de velocidades del viento del orden de 2 m/s. Todos estos molinos se mantuvieron hasta bien entrado el siglo XIX.

El desarrollo de los molinos de viento se interrumpe con la revolución industrial y la utilización masiva de vapor, la electricidad y los combustibles fósiles como fuentes de energía motriz. Es hasta la segunda mitad del siglo XIX cuando tiene lugar uno de los más importantes avances en la tecnología del aprovechamiento del viento, con la aparición del popular “Molino multipala tipo Americano” (Figura2), utilizado para bombeo de agua prácticamente en todo el mundo, y sus características marcaron el diseño de los modernos generadores eólicos.



Figura2 Molino multipala tipo Americano.

Entre las guerras mundiales fue cuando aparecieron, como consecuencia de los progresos técnicos de las hélices de aviación, y con ellas los proyectos de grandes aerogeneradores de dos o tres palas. Se procedió a construir únicamente los de dos, ya que resultan más baratos. Incluso se pensó en utilizar una única pala equilibrada con un contrapeso. Actualmente predominan los molinos tripalas. Estos aerogeneradores giran más

rápidamente que los multipalas, lo que constituye una ventaja cuando se trata de alimentar máquinas de gran velocidad de rotación como los alternadores eléctricos. Los grandes aerogeneradores están situados en lo alto de una torre de acero.

Los aerogeneradores de eje vertical tienen la ventaja de adaptarse a cualquier dirección del viento. Por ello se los llama penémonos (todos los vientos). No precisan dispositivos de orientación. En su forma más moderna derivan todos ellos del inventado en 1925 por el Ingeniero Francés Darrieus, Patentado en Estados Unidos y luego caído en un olvido casi total. Su estudio volvió a iniciarse en Canadá en 1973 y en Estados Unidos a partir de 1975. Las máquinas pequeñas, de 1 a 60 Kw, pueden construirse a un precio inferior al de los molinos de viento clásicos de eje horizontal. En Estados Unidos, los laboratorios Sandia en Albuquerque, Nuevo México estudian y comercializan los molinos de viento Darrieus.

El primer aerogenerador que fue construido en Francia, en 1929, pero se rompió a causa de una violenta tormenta. La compañía electromecánica construyó e instaló en Bourget un aerogenerador de dos palas de 20 metros de diámetro. El aparato fue destruido por las ráfagas de viento.

En 1931, Rusia puso en funcionamiento, frente al mar Muerto, un aerogenerador de 30 metros, que tenía que proporcionar 100 Kw a la red de Sebastopol, la media durante dos años fue de 32 Kw

En 1941 los estadounidenses y más concretamente la NASA construyó un bipala de 53 metros de diámetro, previsto para una potencia máxima de 1,250 Kw que se instaló en Vermont, en el NORESTE de los Estados Unidos. Las primeras pruebas, iniciadas en octubre de 1941 continuaron durante unos 15 meses. Un pequeño incidente en 1943 bloqueó la máquina durante dos años, ya que las dificultades ligadas a la guerra retrasaron la fabricación de piezas nuevas. Vuelto a poner en marcha, el aerogenerador proporcionó corriente al sector durante veintitrés días, luego se rompió una de las palas y se abandonó el proyecto.

En 1975 se pusieron en servicio los aerogeneradores con unas palas de metal con un diámetro de 38 metros, produciendo 100 Kw

En 1977 se construyó otro que tenía 200 Kw La GENERAL ELECTRIC termina el bipala Mod. 1 en 1978 que con un diámetro de 60 metros acciona un alternador de 2 MW. Mientras la BOEING estudia el Mod. 2, ideal para los vientos medios de las grandes llanuras, que con 91 metros de diámetro produce 2,5 MW, con palas de acero.

En Francia, un vasto programa patrocinado por la Electricité de France, ha realizado un estudio del viento en todas las regiones y ha construido varios grandes aerogeneradores experimentales. El aerogenerador "Best, Romani" tripala de 30 m de diámetro con chapas de aleación ligera fue instalado. Podía proporcionar 800 Kw a la red con un viento de 60 Km/h. Esta máquina experimental aportó entre 1958 y 1962 un gran número de informaciones sobre su funcionamiento en condiciones reales de

explotación. La compañía Neyrpic instaló dos aerogeneradores de tres palas. El primero de 21 metros de diámetro y que producía 130 Kw de potencia, funcionó hasta marzo de 1966. El otro, de 35 metros y previsto para producir 1,000 Kw, proporcionó una potencia satisfactoria durante las pruebas, pero a la ruptura de un palier en 1964 hizo que se abandonase el programa de estudios.

Entre 1955 y 1957 en Alemania se construyó un aerogenerador de dos palas de 34 metros de diámetro, de fibra de vidrio, a 80 Km. al Este de Stuttgart. Esta máquina funcionó hasta 1968.

En 1957 Dinamarca construyó el "Gedser Mill", hélice de tres palas de 24 metros de diámetro que funcionó hasta 1968. Producía 200 Kw con una velocidad del viento en el eje de la máquina de 15 m/s.

El bajo precio del petróleo determinó entonces la suspensión total de los grandes proyectos en todo el mundo. Pero en los años 70, coincidiendo con la primera crisis del petróleo, se inicia una nueva etapa en el aprovechamiento de la energía del viento. Las aplicaciones de las modernas tecnologías, y en especial de las desarrolladas para la aviación, ha dado como resultado la aparición de una nueva generación de máquinas eólicas muy perfeccionadas, y que permiten su explotación, bajo criterios de rentabilidad económica, en zonas de potencial eólico elevado.

A principios de los años 70, los norteamericanos, enfrentados al aumento de los problemas de abastecimiento de energía iniciaron un amplio

programa para explotar la energía eólica. En aquel momento se estimaba, en efecto, que esta energía renovable podría, aparte de sus aplicaciones tradicionales, proporcionar Kw/h a las redes eléctricas a un precio igual o inferior al de las centrales térmicas. Ello será pronto una realidad con la puesta en servicio, de grandes aerogeneradores que producirán potencias eléctricas comprendidas entre 2 y 5 MW. Estados Unidos cuenta con numerosos proyectos para la utilización de la energía del viento, incluso en combinación con otras centrales como las hidroeléctricas.

Algunos molinos alcanzaban dimensiones colosales para aquella época: sus hélices, con un diámetro de varias decenas de metros, están sostenidas por grandes postes. Casi todas las grandes eólicas fueron destruidas del mismo modo tras algunos años de servicio. Es el caso, por ejemplo, de la gran hélice de 31 metros instalada en 1958 en Nogent-le-Roi, un pueblo de Normandía, al Oeste de Francia, destruido por una tormenta en 1963. Montado sobre un trípode metálico, tenía tres palas, situadas a 35 metros por encima del suelo y capaces de girar a 47 r.p.m. Ponía en movimiento un generador eléctrico conectado a la red urbana, o de otra más modesta (18 m.) construida en una isla de Gran Bretaña en 1979: sólo funcionó durante 9 meses.

Los primeros grandes aerogeneradores se encuentran en los Estados Unidos, donde en 1941 había ya un aerogenerador cuya hélice pesaba 7 toneladas y tenía un diámetro de 53 metros. También ésta se rompería durante una tormenta. Desde 1973, y bajo la responsabilidad de la NASA los Estados Unidos han reanudado la construcción de aerogeneradores gigantes.

Las dos más grandes miden 61 y 91 metros de diámetro y funcionan desde 1978 en Boone (Ohio) y en Barstow (California). Producen de 2,000 a 2,500 Kw de electricidad.

El florecimiento californiano de la energía eólica se debió en gran parte a una política fiscal favorable y a los altos precios que pagaban las eléctricas por la energía de origen eólico a mediados de los años 1980. Ambos incentivos se han suprimido, pero la energía de origen eólico continúa creciendo en California, si bien a un ritmo más lento. Los parques eólicos de Altamont eran, se decía con malicia, refugio contra los impuestos. La verdad es que los primeros años fueron difíciles. Los incentivos fiscales estimularon la rápida construcción de aerogeneradores cuyo diseño no se había sometido a pruebas rigurosas, y las averías se repetían. Hoy, resueltos la mayoría de los problemas, la economía de la generación eólica ha mejorado notablemente. Desde 1981, el coste de la energía eléctrica generada por fuerza eólica ha caído en casi un orden de magnitud. Salvo las paletas de material compuesto ligero y las turbinas controladas por microprocesador, los aerogeneradores comerciales de Altamont no incorporan novedades substanciales, aerodinámicas o de proyecto, respecto a los que se construyeron hace 50 años.

La reducción de costos de la energía eólica se debe sobre todo, a la experiencia de los años, que lleva consigo la introducción de métodos normalizados. En las industrias, los fabricantes se aplicaron a las técnicas de producción en masa; en el campo, los especialistas aprendieron a escoger los

emplazamientos mejores y a acomodar el calendario de mantenimiento a los períodos de poco viento.

I.3. Generación del viento.

El viento es el desplazamiento horizontal de las masas de aire, causada por las diferencias de presión atmosférica, atribuidas a la variación de temperatura sobre las diversas partes de la superficie terrestre. Es decir, las distintas temperaturas existentes en la tierra y en la atmósfera, por la desigualdad distribución del calentamiento solar y las diferentes propiedades térmicas de la superficie terrestre y oceánica, producen corrientes de aire. Las masas de aire más caliente tienden a subir y en su lugar se ubican masas de aire más denso y frío. Durante el día, el agua de los océanos permanece relativamente más fría que la superficie terrestre. De la radiación solar que incide sobre la superficie del agua se emplea parte en el calentamiento, y parte en evaporación, pero debido a la gran capacidad del agua de absorber calor, la temperatura de las capas superficiales apenas varía y lo mismo ocurre con la temperatura del aire que se encuentra en contacto con ellas.

Sobre la tierra, en cambio la radiación solar que se recibe sobre el suelo se traduce en una elevación de la temperatura, tanto la corteza terrestre como en el aire circundante. El aire caliente se dilata pierde presión y es reemplazado por el aire fresco que viene del mar.

En la noche el ciclo se invierte. La corteza terrestre se enfría más rápidamente, mientras que el agua del mar conserva mejor el calor

acumulado a lo largo del día. En las montañas ocurre un proceso parecido. Unas laderas reciben más insolación que otras, en función de su orientación y pendiente. El calentamiento del suelo es desigual, y los desplazamientos del aire tienden a compensar las diferencias de presión.

A escala planetaria, la zona ecuatorial recibe la máxima radiación solar mientras que en las zonas polares apenas se perciben sus efectos. En una tierra sin rotación, las diferencias térmicas entre la zona Ecuatorial y las Polares producirían un movimiento circulatorio del aire. El aire en las zonas cálidas ascendería a las capas altas de la atmósfera, siendo reemplazado por el aire más frío proveniente de los polos.

El aire cálido a su vez se desplazaría hacia los polos por las capas altas de la atmósfera, completando la circulación. Debido a la diferencia de la superficie entre dos paralelos próximos al polo y otros dos próximos al Ecuador, las zonas de aire ascendente estarían comprendidas entre latitudes de 0° a 30° y las de aire descendente entre 30° a los 90° , de forma que se equilibran los volúmenes de aire desplazado en una dirección y otra.



Figura 3 Esquema de circulación del aire a escala planetaria en los sistemas en rotación, en el que se produce un circuito por hemisferio.

Sí consideramos el movimiento de rotación de la tierra, el modelo de circulación global del aire sobre el planeta se hace mucho más complicado. En el Hemisferio Norte, el movimiento del aire en las capas altas de la atmósfera tiende a desviarse hacia el Este, por efecto de las fuerzas de inercia de Coriolis, y en las capas más bajas tienden a desviarse hacia el Oeste.

En el Hemisferio Sur ocurre al contrario. Las fuerzas están asociadas a unos ejes de referencia que a su vez están sometidos a un movimiento de rotación.

De esta forma, el ciclo que aparecía en un planeta estático ahora se subdivide. El aire que asciende en la zona calida del Ecuador se dirige hacia el polo a una velocidad media de 2m/s, desviándose hacia el Este a medida que avanza hacia el Norte. Al alcanzar la zona subtropical, su componente transversal es demasiado elevada y desciende, volviendo al Ecuador por la superficie, Figura 4.

Por encima de este ciclo subtropical se forma otro de características semejantes, aunque en este caso es el aire cálido que ha descendido en la zona subtropical el que se desplaza por una superficie terrestre hasta que alcanza la zona subpolar, en donde vuelve a ascender enlazando con el ciclo polar.



Figura 4 Esquema de circulación del aire a escala planetaria en un sistema rotacional, en el que se producen tres circuitos independientes por cada hemisferio.

Este modelo de circulación más complicado que el anterior, todavía se ve perturbado por la formación de torbellinos que se generan en zonas de interrelación de los diferentes ciclos. Que se van incrementando hasta que la circulación se rompe, produciendo torbellinos que se mueven en forma independiente. Estos núcleos borrascosos se generan periódicamente y transportan grandes masas de aire frío hacia el sur, alterándolas condiciones climáticas en zonas de latitud inferior.

En realidad, la superficie de la tierra varía considerablemente, con grandes océanos y enormes masas de tierra. Estas superficies afectan el flujo del aire debido a variaciones en los campos de presión, la absorción de radiación solar, y a la cantidad de humedad disponible. Los océanos actúan como grandes sumideros de energía; sin embargo, el movimiento del aire es algunas veces emparejado con la circulación del océano. Todos estos efectos conducen a diferencias de presión, las cuales afectan los vientos globales y muchos de los vientos regionales persistentes, tal como ocurre en los monzones (vientos de la zona intertropical cuya orientación se invierte a su paso por el Ecuador). Además, el calentamiento por enfriamiento local puede causar vientos locales persistentes de temporada o de base diaria. Esto incluye brisas marinas o vientos de montaña.

A pequeña escala la circulación esférica puede ser dividida en secundaria y terciaria. Las circulaciones secundarias ocurren si los centros de alta o baja presión son causados por el calentamiento o enfriamiento de la parte baja de la atmósfera, estas son: Huracanes, Monzones, Ciclones extra tropicales.

Las circulaciones terciarias son de pequeña escala, circulaciones locales caracterizadas por vientos locales, como los siguientes: Brisas de tierra y marinas, vientos de valles y montañas, monzones de flujo, vientos Foehn (vientos secos de gran temperatura sobre vientos bajos en las cordilleras), tormentas y tornados.



Figura 5 Circulación del aire en el valle y las montañas.

En la figura 5 se muestran ejemplos de circulación terciaria. Durante el día el aire caliente de la ladera sube y reemplaza al aire fresco y pesado sobre el valle. En la noche la dirección es inversa, el aire frío desciende por la ladera y reemplaza al aire tibio del valle.

I.4. Tipos de aerogeneradores.

Se distinguen dos grandes categorías de motores eólicos, se diferencian por la disposición de su eje: horizontal y vertical. Los motores eólicos de eje horizontal son los más extendidos; exigen una orientación continua de su eje, que debe mantenerse paralelo a la dirección del viento; sólo en esta posición las aspas o las palas estarán de cara al viento permanentemente. Los pequeños motores eólicos de eje horizontal (gama de potencia de 0,5 a 50 Kw) suelen estar equipados con gran número de palas, en cuyo caso pertenecen al tipo americano que es, de hecho, el tipo de numerosos molinos tradicionales, como el molino de las Baleares (de seis aspas) o el molino griego (de doce aspas). Este tipo de motor eólico tiene la ventaja de que puede funcionar con vientos de baja intensidad.

Los grandes motores eólicos de eje horizontal están equipados con hélices de tres o dos palas. Estos molinos de hélice se han beneficiado de los progresos técnicos de la aeronáutica para la realización de palas muy grandes (de hasta 100 m de longitud) y pueden suministrar potencias elevadas: típicamente de 100 Kw a varios MW. Sólo funcionan bien cuando soplan vientos de gran intensidad, en cuyo caso ofrecen un excelente rendimiento. Su principal problema, es la fatiga mecánica de los elementos estructurales, que ha desembocado en la rotura de palas en diversos motores eólicos experimentales.



FIGURA 6 AEROGENERADOR DE EJE ORIZONTAL

Los motores eólicos de eje vertical son los más antiguos que se utilizaron, sin duda por su sencillez de funcionamiento que no requiere ninguna orientación del eje; sin embargo presentan el inconveniente de tener un rendimiento menos elevado que los de eje horizontal. Estaban prácticamente abandonados durante los años 60, E.U.A. y Canadá pusieron a punto una nueva concepción de los motores eólicos de eje vertical, inventada en 1925 por el ingeniero francés Darrieus; se trata de un molino cuyas palas tienen el mismo aspecto que la parte móvil de un batidor de huevos. Los motores eólicos de Darrieus serían adecuados para la producción de pequeñas potencias, inferiores a 50 Kw



FIGURA 7 AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL

Dado que la energía eólica es variable en el tiempo, su aplicación privilegiada es el bombeo del agua, que puede realizarse en cualquier momento y permite un almacenamiento sencillo en caso de desfase entre la manifestación de la necesidad y la disponibilidad de la energía: basta con almacenar el agua bombeada en un depósito. Para la producción de la electricidad, cabe distinguir dos casos: el de las pequeñas instalaciones autónomas y el de las grandes instalaciones conectadas a una red. Las grandes instalaciones pueden prescindir de un sistema de almacenamiento de la electricidad producida, en tanto que esta producción represente sólo una pequeña parte de su capacidad total.

Capítulo II

GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA

Objetivo: Conocer la capacidad de generación de la energía eléctrica por medio de la energía eólica, así como conocer las características básicas de un aerogenerador y sus usos.

La energía eólica es la manifestación como consecuencia de la energía solar esto es porque gracias a los cambios de temperatura podemos obtener, una variación en el movimiento de los vientos debido a la densidad que presentan los mismos.

Estas variaciones de velocidad en los vientos son en porcentajes mayores o menores, según las variables que estemos manejando (altura, capacidad del aerogenerador) y nos dan la posibilidad, de aprovechar a través de generadores eólicos la fuerza del viento y convertirla en Energía.

Las zonas factibles para generar energía eléctrica por medio del viento son aquellas cercanas a la costa, donde se registran fuertes vientos, que pueden ser utilizados como materia prima para generar la energía eléctrica.

II.1. Capacidad de generación en el mundo.

La Capacidad de Energía Eólica Mundial es de 47.616 MW. España, Alemania e India son mercados líderes, Australia-Pacífico muestra el más alto índice de crecimiento.

El mercado mundial para la generación eólica de electricidad, una vez más mostró un desarrollo muy dinámico en el año 2004. En este año se añadieron 8,321 MW de nueva capacidad, convirtiéndose en un nuevo récord contra los 8,129 MW que se añadieron en 2003.

El nuevo líder en instalación es España con 2,061 MW, obteniendo por primera vez la posición número uno sobre Alemania (2,020 MW). Alemania, sin embargo, permanece como país líder en términos de su capacidad total, representando un tercio de las instalaciones de energía eólica. India se ha convertido en el tercer mercado mundial de energía eólica en términos de nuevas instalaciones (875 MW). Los países asiáticos esperan convertirse pronto en líderes por encima de los países líderes anteriores, como Dinamarca, con un incremento de solamente 7 MW, y colocarse en el número cuatro también en términos de capacidad total. La región Australia - Pacífico mostró la más alta tasa de crecimiento de todos los continentes. La capacidad instalada alcanzó 557 MW comparado con 233 MW en 2003, igualando una tasa de crecimiento de 135%.

Sin embargo, la tasa global de crecimiento decayó de un 26% en 2003, a un 21% en 2004. Esto es debido al hecho de que la industria del viento ha perdido fuerza, especialmente en los mercados tradicionales como Dinamarca, USA y Alemania.

En el año 2004, un proceso claro de diversificación puede observarse de acuerdo a la distribución de las nuevas acciones del mercado, mientras que en 2003, solo 10 ciudades tuvieron nuevas instalaciones de más de 100 MW, en 2004, 19 ciudades sumaron más de 100 MW. Aún se puede notar, que los cinco mercados líderes, Alemania, España, Estados Unidos, Dinamarca e India dominan el mercado total con instalaciones de 37,7 GW. Sin embargo, su participación cayó en 2004, de 82% a un 79%. En términos de capacidad adicional, la participación de los cinco más altos mercados (5,337 MW), alcanzaron 64% del mercado mundial, después de haber obtenido un 79% en 2003.

Este proceso de diversificación extenderá las bases de la industria eólica y fortalecerá las capacidades nacionales en muchas partes del mundo. Por lo tanto, un desarrollo aún más fuerte y dinámico del uso de energía eólica mundial se espera en un futuro cercano.

EUROPA

Europa permanece como el continente líder en términos de capacidad instalada con 34.6 GW (72.7 % de la capacidad mundial). Alemania perdió su posición número uno en Europa y en el mundo por primera vez, desde hace más de una década cuando sobrepasó a Dinamarca. España, después de su legislación mejorada en 2004, se ha convertido en el mercado eólico líder en términos de capacidad adicional y representa ahora un sexto de la capacidad eólica mundial (8,263 MW).

En Europa en el año pasado surgieron muchos mercados de tamaño mediano mayores a 100 MW. En Noruega, Irlanda, Portugal y Francia se pudieron observar las tasas de crecimiento más altas (mayores al 50 %).



Figura 8 Continente Europeo

AMERICA

El continente americano representó 7336 MW o un 15.4 % de la capacidad eólica global. En Norteamérica, el mercado de Estados Unidos después de un año récord en 2003, se desaceleró en 2004 debido a un retraso en la prolongación del crédito al impuesto de la producción con una capacidad adicional de sólo 370 MW (tasa de crecimiento de sólo 5.8 %) después de 1,685 MW en el 2003; por lo tanto, Estados Unidos ha perdido la posición número dos en capacidad total con España y aún ha alcanzado a Japón en términos de nueva capacidad. Canadá ha mantenido muy bien su posición y tuvo una tasa de crecimiento de 38 % (122 MW añadidos). Sin embargo, el mercado estadounidense después de la prolongación del crédito al impuesto de la producción (por dos años) tendrá tasas de crecimiento significativas en 2005.



Figura 9 Continente Americano

ASIA

Asia, representó 4,726 MW o 9.9 % del mercado de energía eólica global en 2004 (en 2003, su participación era 8.2 %), India una vez más es el mercado líder en el continente asiático, con capacidad adicional de 875 MW y una tasa de crecimiento de 42 %. Entre los países líderes en Asia se encuentra Japón (896 MW), que tuvo la tasa de crecimiento más alta en Asia (77.1 %) colocándose entre los mercados asiáticos más grandes, y China (764 MW) quien después de la Conferencia Mundial de Energía Eólica en 2004 y la reciente aprobación de la legislación con respecto a la energía renovable, espera tener un sustancial crecimiento en un futuro cercano. Es interesante mencionar que Japón con una capacidad adicional de 390 MW ha alcanzado a Estados Unidos y representó el cuarto mercado de energía eólica a nivel mundial con respecto a nuevas instalaciones. Otro mercado interesante en los años venideros será Pakistán donde el gobierno ha aprobado un programa muy ambicioso de energía eólica.



Figura 10 Continente Asiático

AUSTRALIA / PACIFICO

En 2004 la región Asia-Pacífico ha sido la más dinámica a nivel mundial. Australia al igual que Nueva Zelanda fueron los mercados con las tasas más altas de crecimiento global, Australia casi duplicando (de 197 MW a 379 MW) y Nueva Zelanda más que cuadruplicando de (36 MW a 168 MW) en su capacidad instalada. Juntos, ambos países han instalado 547 MW comparado con 233 MW en 2003 alcanzando una tasa de crecimiento de 135%. La Conferencia Mundial de Energía Eólica (WWEC) en 2005 en Melbourne, discutirá como continuar y extender este desarrollo dinámico de la industria eólica en la región, y fuera de ella.



Figura 11 Continente Australiano

AFRICA

En África a finales de 2004 se instalaron 392 MW. Egipto pudo conservar su posición número uno en el continente africano, con instalaciones totales actuales de 300 MW. Solamente se logró un pequeño progreso en el resto de los países africanos, sin embargo, se esperan nuevas instalaciones en un futuro cercano, en Marruecos, Egipto, Túnez y Sudáfrica. Considerando la gran necesidad de abastecimiento de energía sustentable en mucho países africanos, se tendrán que desarrollar e implementar estrategias de desarrollo, que incluyan aplicaciones autónomas tan pronto como sea posible, con objeto de aprovechar los enormes potenciales eólicos para el beneficio de la gente africana, de los cuales una minoría tienen acceso a la red pública.



Figura 12 Continente Africano

II.2. Capacidad de generación en México.

El conocimiento del recurso energético eólico en México está a nivel exploratorio y de reconocimiento, sin embargo, las mediciones puntuales o de pequeñas redes anemométricas, realizadas principalmente por el Instituto de Investigación Eólica (IIE) y algunas otras entidades o empresas, han servido para confirmar a nivel de pre factibilidad, la existencia de vientos técnicamente aprovechables y económicamente viables en las siguientes regiones:



Figura 13 Mapa de ubicación de las regiones.

Sur del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca.

Esta región contiene un área del orden de 1000 km. cuadrados expuesta a vientos muy intensos, dado un fenómeno monzónico entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec, donde aflora una corriente marina anormalmente caliente, originando un gradiente térmico y de presión que da lugar a un intenso viento del norte desde el otoño hasta la primavera. Esta región, considerando la infraestructura eléctrica existente y otros usos del suelo, podría asimilar una capacidad instalada del orden de los 2000 a 3000 MW, con un factor de planta medio de 0.45. En las zonas más propicias, con factores de planta del 0.6 anual y de 0.9 o más en el otoño e invierno. En las inmediaciones del poblado de La Venta, Oaxaca, se instaló en 1994 la primera mini central eoloeléctrica en México, con una capacidad de 1,575 Kw, constituida por siete aerogeneradores de 225 Kw

Península de Baja California.

Esta península, es interesante eoloenergéticamente por varias razones, su extensión geográfica, su baja densidad poblacional y eléctricamente alimentada por sistemas aislados, cuando eólicamente es una barrera natural perpendicular a los vientos occidentales, que en sus montañas e innumerables pasos puede proporcionar muchos sitios con potencial explotable. El poblado de la Rumorosa y zonas aledañas, así como el paso entre la Sierra de Juárez y la Sierra de San Pedro Mártir, por donde cruza la carretera y la línea eléctrica de Ensenada a San Felipe en el Golfo de California, son regiones identificadas con alto potencial eólico, que son

indicativas de lo que puede encontrarse en muchos otros lugares de la península.

Península de Yucatán.

La franca exposición de la península a los vientos alisios de primavera y verano, incrementados en su costa oriental por la brisa marina, y a los nortes en el invierno, hacen de Cabo Catoche, la costa de Quintana Roo y el oriente de Cozumel, zonas con potencial eólico interesante, para contribuir significativamente a los requerimientos de la península en apoyo de su generación termoeléctrica.

Altiplano norte.

Desde la región central de Zacatecas a la frontera con los Estados Unidos, el norte del país se ve influenciado por la corriente de chorro (de octubre a marzo), intensa y persistente, que como viento del poniente al impactar la Sierra Madre Occidental da lugar a innumerables sitios con potencial explotable. En la parte norte del estado de Coahuila existen áreas sumamente ventosas.

Región Central.

En la región central del altiplano, prevalecen los vientos alisios de verano, desde Tlaxcala a Guanajuato, que en Pachuca, la bella airosa, son más conocidos. Estos vientos complementan estacionalmente, a los del altiplano norte y los del sur del Istmo de Tehuantepec. La complejidad orográfica de esta región, debe dar lugar a la existencia de innumerables pasos y mesetas donde el viento sea energéticamente aprovechable.

Las costas del país.

El extenso litoral mexicano y sus islas, presenta por lo menos condiciones para generación eléctrica en pequeña escala y almacenamiento en baterías, sistemas híbridos diesel-eólicos y en otros, generación interconectada. La generación eoloelectrica en gran escala en las costas para la producción de hidrógeno, constituirá una de las principales aplicaciones a mediados del próximo siglo.

A mediados del próximo siglo, cuando las termoeléctricas a combustóleo y carbón sean historia, y la población en México se establezca alrededor de los 130 millones de mexicanos, nuestro sistema eléctrico deberá alcanzar del orden de los 125,000 MW instalados, en esas condiciones, la energía eólica podrá contribuir con la generación eléctrica de el orden de 30,000 MW instalados de aerogeneradores, un gran porcentaje de ellos produciendo hidrógeno para centrales turbogas.

II.3. Sistemas de generación de energía eólica.

La energía eólica, es una atractiva alternativa renovable de generación eléctrica, que ha tenido un desarrollo considerable en los países de primer mundo. No obstante, este avance vertiginoso puede traer consecuencias desfavorables, de las cuales no se habla comúnmente. México posee amplio potencial para desarrollar la generación de energía eoloeléctrica, con más de 40,000 MW instalados. La región del Istmo de Tehuantepec en el Estado de Oaxaca es un sitio excepcional, con velocidades superiores a 6.5 m/s y un potencial estimado de más de 15,000 MW. A la planta existente de 84.5 MW, actualmente, se espera tener hacia 2014, una capacidad adicional de 588 MW.

El desarrollo sostenible, ha sido empleado desde hace más de 30 años en un esfuerzo de integrar todo tipo de necesidades dispares, como la erradicación de la pobreza, el desarrollo económico, el mejoramiento de las leyes y normas que afectan a la sociedad o para la conservación o restauración de los recursos naturales, previamente dañados por actividades del hombre.

La energía eólica, es al mismo tiempo una solución y una opción para el desarrollo sostenible. Por un lado hace posible que el desarrollo siga el modelo de sostenibilidad, y por otro es una importante fuente que no contribuye a la contaminación del aire, ni origina grandes daños al ambiente.

Las tendencias energéticas actuales, como las energías renovables crean propuestas para lograr a las metas del desarrollo sostenible. Para lograr una nueva propuesta energética se tiene que contemplar:

*Uso eficiente de la energía, en especial por parte del consumidor final.

*Aumento del uso de las fuentes de energía renovables.

*Uso de nuevas tecnologías para reducir el consumo de combustibles fósiles.

El desarrollo sostenible, es indispensable para que la humanidad pueda lograr un mundo duradero. La pobreza, es uno de los problemas mayores y más urgente del mundo. El vínculo pobreza-energía no ha sido suficientemente atendido a pesar de que la energía tiene una importancia vital para satisfacer las necesidades básicas de la humanidad, en particular, nutrición y salud. Un gran número de personas no disfruta de los beneficios de las fuentes de energía y aparatos modernos.

Las opciones renovables en México, constituyen una alternativa sustancial en la búsqueda de tecnologías para la demanda futura. Para la agenda del sector público, de Comisión Federal de Electricidad existen varios proyectos de este tipo, que ayudarían a crear energías sostenibles. Cabe destacar que la reestructuración del sector energético, ha desembocado en la participación cada vez mayor de la inversión privada nacional y extranjera bajo diferentes esquemas, promoviendo así la construcción y ampliación del servicio eléctrico nacional.

La energía eólica en México, inició con una serie de proyectos experimentales, de los cuales se recabó información como la constitución del

mapa eólico nacional, reconociendo las zonas de la región del Istmo de Tehuantepec, Las penínsulas de Baja California y Yucatán, la región central de Zacatecas, la región del altiplano y las costas como zonas afines para su explotación. De este estudio, se ha evaluado que se tiene un potencial técnico y económicamente aprovechable, según Comisión Federal de Energía, sólo para la zona de Oaxaca superior a los 5000 MW, mientras que estudios del Gobierno de Oaxaca en conjunto con el Instituto de Investigaciones Eléctricas y la National Renewable Energy Laboratory (NREL) hablan de 33,000 MW.

El Istmo de Tehuantepec, alberga los proyectos de La Venta I y La Venta II. Esta región está comprendida dentro de los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas. Es la zona continental más estrecha de la República Mexicana. Es reconocida, históricamente, como un área estratégica de la economía global, dado su alto potencial para reducir los costos de transportación de materia prima, como de manufactura a los mercados de Asia, Estados Unidos y Europa, así como su vasta biodiversidad. La región alberga bosques y selvas tropicales, de los más importantes de México, uno de los yacimientos de hierro más grande y la mayor disponibilidad de agua del país, en sus litorales se extrae gran cantidad de la producción de petróleo. Se le considera una zona con alto potencial eólico en el mundo en la cual se estiman valores de las velocidades del viento en el estado de Oaxaca de 6.1 a superiores de 8.5 [m/s] en una superficie de 8800km².

La comunidad de La Venta, Oaxaca, es una de las zonas de mayor crecimiento eólico esperado. La proyección a futuro de la región considera la construcción de las plantas La Venta III, IV, V, VI y VII (en proyección) con una capacidad cada una de 101 MW. Estas plantas suponen un gran avance en la generación, con 592 MW, que equivaldrían al 2.6% de la red nacional.

Las centrales de los proyectos I y II de La Ventase localiza en la localidad del mismo nombre, a unos treinta kilómetros al noroeste de la ciudad de Juchitán, Oaxaca, su cabecera municipal. Esta agencia de 1,814 habitantes, se encuentra al pie de la carretera Panamericana. Su principal fuente de ingresos es la agricultura, mayoritariamente de sorgo. Esta zona se conoce por su continuo flujo de migrantes, tanto provenientes de la frontera Sur, como de emigración interna. Existen importantes poblaciones indígenas zapotecas en el lugar.

II.4 Aerogeneradores (componentes).

Un Aerogenerador, es un dispositivo mecánico que convierte la energía del viento en electricidad. Los aerogeneradores, se diseñan para convertir la energía del viento (energía cinética) en la energía mecánica, movimiento de un eje. Luego en los generadores de la turbina, ésta energía mecánica se convierte en electricidad. La electricidad generada se puede almacenar en baterías, o utilizar directamente.

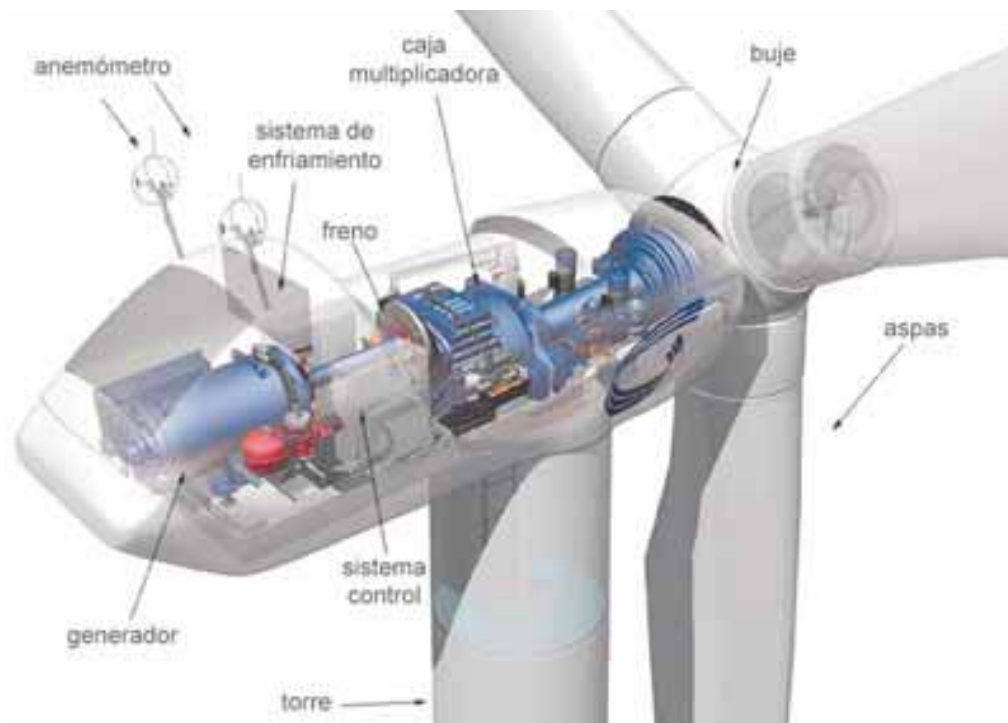


Figura 14 Partes de un Aerogenerador

Rotor

Las palas del rotor, se diseñan para que giren con el viento, moviendo el generador de la turbina. Las turbinas del viento modernas de gran escala típicamente se equipan de rotores de tres palas, y su longitud dependerá del tamaño del generador.

Generador

Este es quien genera la electricidad, cuando hay suficiente viento como para rotar las paletas. La electricidad se transfiere a la siguiente etapa usando el cableado (para el almacenaje, envió a la red o para el uso directo). Las turbinas de gran escala generalmente contienen generadores con capacidades entre 600 kilovatios y 2 MW.

Torre

La torre eleva el montaje de las turbinas sobre las corrientes de aire turbulentas cerca de la tierra y permite capturar un viento de mayor velocidad. El diseño de la torre es particularmente crítico, pues deben ser tan altas como sea económicamente posible, también deben ser robustas, permitir el acceso a la turbina para su mantenimiento (dependiendo del tamaño), pero no agregar costo innecesario al sistema. Un aspecto particularmente importante del diseño de torres es la eliminación de la resonancia entre la gama de frecuencias de las paletas que rotan y la frecuencia de resonancia de la torre.

Una instalación eólica a gran escala, llamada granja eólica o parque eólico, consiste en una colección de estas turbinas.

Hay dos factores principales, que hay que considerar al momento de realizar un emplazamiento de aerogeneradores. Estos son la localización donde se ubicarán las turbinas y el otro es la altura que tendrán las torres.

II.5. Fabricación de aerogeneradores en México.

En México no se construyen generadores a nivel industrial, únicamente se dedican a micro generadores

ARIAN SOLAR, S. A. de C. V.

Desarrollo de proyectos e instalación de paneles fotovoltaicos, calentadores solares, aerogeneradores eólicos y centrales termo solares para cualquier aplicación que requiera de electricidad o agua caliente.

CASOLAR

Venta y fabricación de calentadores solares industriales para agua: hogar, hoteles, albercas, industria. Además de controladores automáticos para sistemas solares y luminarias solares.

Distribución y venta de equipos fotovoltaicos y eólicos.

CRYPLANT

Venta, suministro e instalación de equipos fotovoltaicos, calentadores solares y pequeñas máquinas eólicas. Especialistas en equipos de bombeo fotovoltaico.

FUERZA EÓLICA S. A. DE C.V.

Fabricantes nacionales de aerogeneradores, venta y distribución.

HELIOTÉCNICA S.A. DE C.V

Venta de colectores solares planos, módulos fotovoltaicos y aerogeneradores. Diseño de sistemas.

INELECSA

Proyecta, diseña, instala y promueve el uso de la energía renovable del sol y el viento, en aplicaciones como bombeo de agua, electrificación, alumbrado público, calentamiento de agua, entre otras muchas.

IUMERYC- Industrias Unidas de México en Energía Renovable y Construcción

Distribución e instalación de sistemas fotovoltaicos, sistemas eólicos, sistemas híbridos (sfv/eólico).

RESPA SOLAR, S.A. DE C.V.

Venta de equipo y refacciones, aerogeneradores, paneles controladores, inversores y baterías solares.

SISTEMAS ELECTRÓNICOS DEL NORTE

Distribuidor de paneles solares, energía mini-hidráulica y energía eólica, bombas de agua solares sumergibles y superficiales diseño, asesoría y mantenimiento.

SUNSOLUTIONS DE MEXICO, SA DE CV

Venta y distribución de tecnologías de energía renovable, como: sistemas fotovoltaicos, aerogeneradores.

II.6. Usos de los aerogeneradores en México...

A nivel gubernamental, la Compañía Federal de Electricidad, reporta que las principales fuentes de producción de energía eléctrica son las centrales eólicas de La Ventosa en Oaxaca y Guerrero Negro en Baja California Sur. Principales proyectos eólicos gubernamentales desarrollados en México:

La Venta, Oaxaca. Este proyecto fue una de las primeras centrales eólicas en México. Se ubica en el estado de Oaxaca, en el Istmo de

Tehuantepec. Dicho proyecto fue puesto en marcha en 1994 y fue la primera planta en ser integrada a la red eléctrica en México y América Latina. En términos generales, La Venta ha tenido buenos resultados en comparación con otras centrales eólicas del mundo, y actualmente están en fase de diseño los proyectos La Venta III y IV. El potencial existente ha llevado a que esta zona sea considerada para ser integrada al Sistema Nacional de Electricidad como otra fuente de energía eléctrica.

Guerrero Negro, Baja California Sur. El proyecto eólico se ubica en el municipio de Mulegé, en las afueras de la población de Guerrero Negro, en el estado de Baja California Sur, dentro de la zona de Reserva de la Biosfera de Vizcaíno. Tiene una capacidad de 600MW y consta de un solo aerogenerador que opera de forma automática. El factor de planta promedio con el que opera la planta fue 18% y en términos generales ha mostrado eficiencia para proporcionar electricidad a las poblaciones aledañas.

Otro proyecto reportado en Baja California Sur se ubica en el área El Cardón, donde se han instalado 15 aeroturbinas, que alcanzan un factor de aire-turbina de 25%, por lo cual es un sitio considerado favorable para el desarrollo de energía eólica a nivel rural.

San Juanico, Baja California Sur. El proyecto se ubica en la comunidad San Juanico, localizado en el litoral del Océano Pacífico, en el municipio de Comendú, Baja California Sur, donde el servicio de electricidad ha mejorado el nivel de vida de las poblaciones. La planta eólica está constituida por 3 sistemas que operan en paralelo: con energía solar,

eólica y termoeléctrica a partir de diesel. Esta planta híbrida trabaja con 100kW de viento, utilizando aerogeneradores de 10kW cada uno, celdas solares de 17kW y un motor generador diesel de 80kW.

Puerto Alcatraz, Baja California Sur y Norte. Este proyecto se ubica en las áreas de Baja California Sur y Norte, y el objetivo para establecerlo fue el de incrementar la calidad de vida de los habitantes de poblados aislados como Puerto Alcatraz, localizado en la isla Santa Margarita. La planta de Puerto Alcatraz tiene una capacidad de 77,3kW y esta constituida por 3 aerogeneradores de 5kW cada uno, 2 arreglos fotovoltaicos de 1,15kW cada uno, y una máquina diesel de 60kW. Además, cuentan también con una batería de 200kWh, 120V CD y un inversor de 15kW.

Lo anterior, lleva a considerar el desarrollo de la energía eoloeléctrica en ambientes como las islas, en lugares donde la generación eólica es una buena alternativa de obtener electricidad de una forma limpia, relativamente barata y socialmente aceptable, que cubra los requerimientos de las poblaciones nativas y el turismo.

La compañía cementera Apasco, adquirió en 1997 un aerogenerador que fue instalado en el municipio de Ramos Arizpe, estado de Coahuila. Este aerogenerador trabaja bajo la modalidad de autoabastecimiento con 38KW a un nivel bajo. Se ha detectado que la zona tiene un gran potencial eólico.

Cozumel Quintana Roo. El proyecto eoloeléctrico que fue presentado ante la autoridad ambiental (Secretaría de Desarrollo Social), en 1994 como una central de 30MW con una estimación de producción anual 75millones de kWh y una disponibilidad de planta de 28,5%. El número de

turbinas a establecer era de 60. Este proyecto fue promovido por la compañía Cozumel 2000 y el gobierno del estado de Quintana Roo, se considera que reduciría la erogación del presupuesto del estado por pago de la energía eléctrica consumida en el alumbrado público, a la par de ser una forma de diversificación del suministro de energía.

A nivel de pequeñas aplicaciones, aunque no exista una clasificación convencional que defina las pequeñas instalaciones o también llamadas micro-eólicas, se considera que son aquellas que tienen una potencia instalada inferior a los 100 Kw

Las máquinas micro-eólicas, aunque sean parecidas a los grandes aerogeneradores, constituyen un sector tecnológicamente diferente del de las máquinas de medio y gran tamaño: el micro-eólico está dirigido a mercados sectoriales muy específicos, con aplicaciones que requieren soluciones técnicas simplificadas y específicamente diseñadas. Generalmente, las instalaciones por debajo de 20-30 Kw se utilizan para producir energía eléctrica para el autoconsumo, mientras que en las de tamaño más grande, una parte de la energía producida se destina generalmente a la venta o para grandes consumidores.

Las posibilidades de expansión del micro-eólico son bastante amplias: aunque con diferentes potencialidades (en términos geográficos y estacionales) el recurso viento, es abundante sobre todo en nuestras costas y las aplicaciones posibles son numerosas. Los lugares en los que se pueden instalar micro instalaciones eólicas son muy diversos, ya que los

aerogeneradores de tamaño pequeño son muy versátiles y se instalan con muchas menos dificultades respecto a los grandes.

Adicionalmente, el impacto medio ambiental del micro-eólico es bastante bajo: las microturbinas tienen un tamaño mucho más pequeño respecto a los grandes aerogeneradores, necesitan espacios limitados y son relativamente poco visibles. Además las turbinas microeólicas están muy avanzadas en términos técnicos, económicos y aplicativos.

Capítulo III

CONSUMO DE ENERGÍA EN LA VIVIENDA

III.1. Ubicación de la propuesta.

Está comprendida en la región del Istmo de Tehuantepec, Se localiza a 16° 17' de latitud Norte y 95° 25' de latitud Oeste con una altura de 40 metros sobre el nivel del mar. Colinda al Norte con los municipios de Santa María Jalapa del Marqués, Santa María Mixtequilla y Magdalena Tlacotepec; al Sur con el Océano Pacífico; al Oeste con San Pedro Huamelula, San Miguel Tenango y Magdalena Tequisistlán; al Este con San Pedro Comitancillo, San Blas Atempa y Salina Cruz.

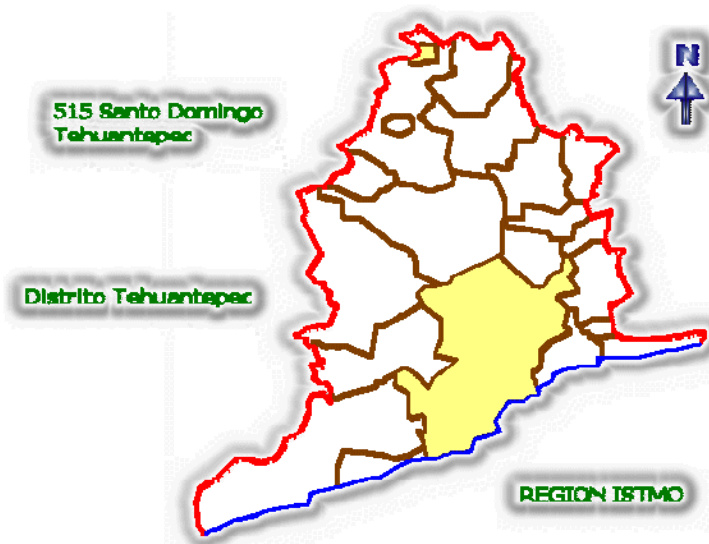


Figura 15 La superficie es de 965.8 km²

Orografía

Cuenta con el cerro de El Zacatal que tiene una altura de 1,040 metros, cerro de la Marimba de 1,257 metros, cerro Guiengola con una altura de 1,257 metros y el cerro de Tecuani el cual tiene una altura de 700 metros. Dentro de la Ciudad de Tehuantepec existen varias colinas que llevan por nombre: El Tigre, en zapoteco DANI'I GUIE BE'EDXE que tiene una altitud de 420 metros, Cruz Padre López de 334 metros en el barrio Jamar, el del barrio Santa María Reoloteja llamado El

Zopilote el cual tiene una altura de 214 metros, el del barrio Vixhana que tiene 134 metros, sobresale al Poniente de la ciudad el denominado La Cueva que tiene una altura de 335 metros sobre el nivel del mar.

Hidrografía

Tehuantepec cuenta con un solo río, el cual atraviesa la Ciudad y la divide, su nombre es Tehuantepec y en zapoteco es Guigu Roo Guisii, dicho río nace en las inmediaciones de la Sierra de Miahuatlán y desemboca en la Bahía la Ventosa al Oriente de Salina Cruz.

Clima

Cálido húmedo con lluvias en las estaciones de primavera, verano y otoño con fuertes aires de norte a sur y viceversa.

Principales Ecosistemas

Flora

La vegetación es abundante, siendo las principales Guanacaste, roble, grisíña, granadillo, mango, chicozapote, cocos, plátanos, hierba de cáncer, ruda y malva.

Fauna

Venado, armadillo, conejo, liebre, águila, ceniztli, iguanas y codorniz.

PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

Grupos Étnicos

El grupo étnico existente es el zapoteco.

Evolución Demográfica

Cuenta con 53,168 habitantes de los cuales 25,796 son hombres y 27,372 son mujeres.

Religión

Se practica la Católica y Evangélica.

INFRAESTRUCTURA SOCIAL Y DE COMUNICACIONES

Educación

La ciudad de Tehuantepec que es la cabecera municipal cuenta con:

- 26 centros preescolares.
- 38 escuelas primarias formales.
- 5 secundarias.
- 7 escuelas preparatorias.
- Una escuela de enfermería.

10 escuelas primarias bilingües.

8 escuelas Telesecundarias.

Asimismo, Tehuantepec cuenta con un centro de capacitación para el trabajo ICAPET y en puerta la Universidad Tecnológica.

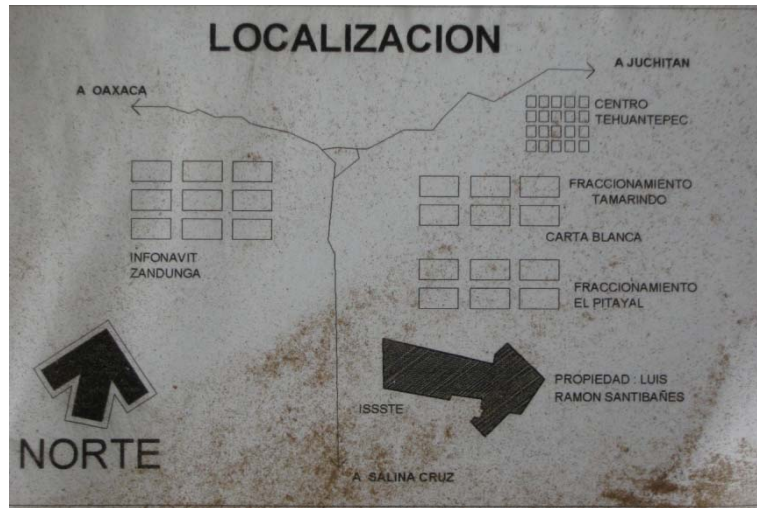
Salud

En la cabecera municipal se encuentran los siguientes servicios: Un centro de Salud "B", el hospital Regional del ISSSTE, un centro del seguro Social para consultas Generales y una Subdelegación de la Cruz Roja. Y en las agencias municipales como son Morro Mazatán, Santa Gertrudis Miramar, Rincón Bamba, Rincón Moreno, Col. Jordán, San Luis Rey, Santa Teresa y Nativitas Coatlán, reciben la

visita de un médico de Servicios de Salud de Oaxaca un día a la semana y tienen a una enfermera de base.

Abasto

Cuenta con 4 mercados, tiene también un tianguis los días miércoles en el barrio Guichivere y los domingos en el Barrio Santa María Reoloteca, una tienda del ISSSTE y diversas tiendas de autoservicio.



Figuran 16 Croquis de localización de la vivienda



Figura 17 Predio en donde se realiza el desarrollo guiengola.

III.2. Tipos de vivienda en la zona...

En esta zona se encontraron una gran variedad de viviendas de diversos tipos sociales, existen diferentes desarrollos, uno de ellos es “La Punta” que se muestra en la Fig. 18, en este desarrollo se podría llevar a cabo esta propuesta ya que de ser factible, sería un gran ahorro para estas viviendas.



Figura 18 Desarrollo habitacional de interés social llamado “la punta”

Cerca de esta zona encontramos viviendas de interés medio, las cuales se muestran las siguientes imágenes



Figura 19 Casa habitación de interés medio

En la siguiente imagen nos damos cuenta del tipo de vialidades que existen y podemos observar que no existen predios muy grandes .



Figura 20 Calle ubicada en la zona

Existen también locales comerciales, los cuales podrían ser una opción para este tipo de energía ya que en este tipo de establecimientos se consume más energía.



Figura 21 Comercio en la zona “La casa del pueblo istmeño”



Figura 22 Casa de interes medio en remodelación



Figura 23 Casa con un nivel mas alto economicamente

ACTIVIDAD ECONÓMICA

Agricultura

Se cultiva frijol, maíz, sorgo, ajonjolí, melón, sandía, pepino, calabaza, cacahuete y flores.

Ganadería

Se cría ganado bovino, porcino y caprino.

Caza y Pesca

Se practica para el auto consumo de la población.

Industria

Cuentan con una purificadora de agua, una fábrica de hielo, 1 fábrica de cal hidra y 1 industria de radiodifusión.

Turismo

La industria turística está muy desarrollada. En la cabecera municipal de Tehuantepec, se pueden apreciar construcciones coloniales, del siglo XVI.

Comercio

Cuenta con locales comerciales, en los que encuentran artículos de primera necesidad y segunda necesidad.

III.3. Descripción de la casa (prototipo propuesto).

La vivienda es de interés social y es construida por promotora y urbanizadora del noroeste s.a. de c.v. el proyecto se llama “fraccionamiento GUIENGOLA” y este proyecto se encuentra ubicado en Santo Domingo Tehuantepec, Oaxaca



Fig. 24. Tomada de la maqueta de la propuesta.

La vivienda cuenta con un lote de 60 m² , 30.5 m² son de construcción y cuenta con una recámara, cocina, baño, sala, comedor y patio de servicio.

Acabados:

Techo: losa de concreto armado, acabado en yeso duro. Pintura viníl-acrítica (sólo en baño).

Pisos: losa de cimentación acabado en pulido integral.

Muros: pasta texturizada con color integral, pintura de esmalte en baño y cocina.

Cocina: tarja y azulejo en zona húmeda.

Baño: azulejo antiderrapante en zona húmeda.

Cancelería: de aluminio.

Puertas: de acceso de intercomunicación.

Patio de servicio: con piso de concreto escobillado y pared divisoria de lotes con block de 1.5 metros de altura. Lavadero y boiler.



Figura 25 frente de la vivienda.

CUADRO DE AREAS	ANCHO	LARGO	SUPERFICIE
SALA COMEDOR	5.19	2.71	14.065
COCINA	2.59	1.21	3.134
BAÑO	2.20	1.21	2.662
RECAMARA	2.70	2.71	7.317
SUPERFICIE TOTAL			27.178
TOTAL DE AREA CONSTRUIDA			30.50



Figura 26 Aerogenerador propuesto

Su instalación se llevará a cabo por la constructora de la vivienda como un accesorio para suministrar luz pero no por eso dejamos de conectarnos a la red de Comision Federal de Electricidad. (Es una alternativa)

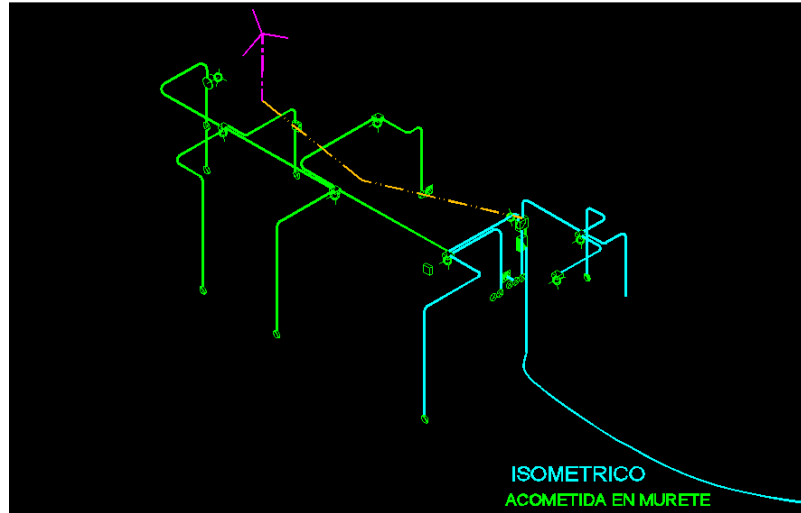
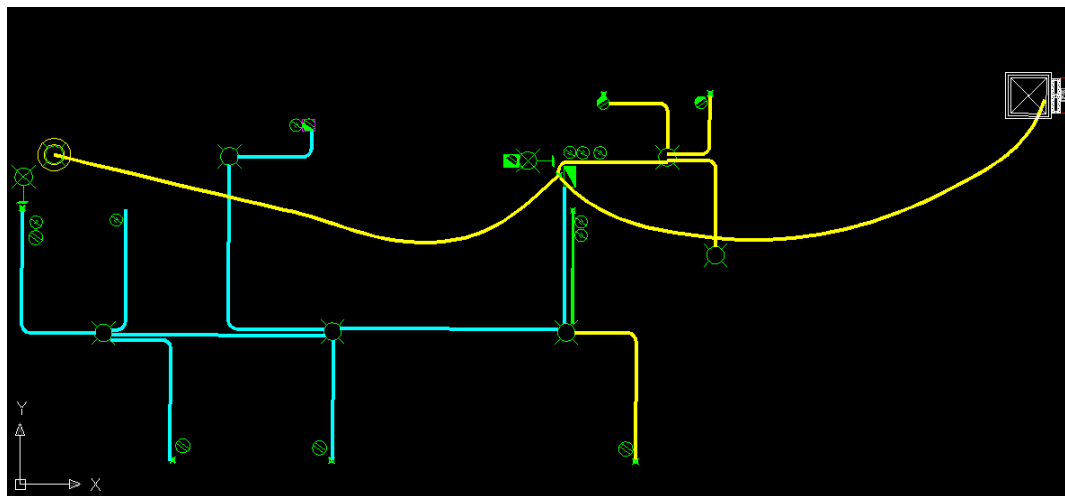


Figura 26 a Isométrico de la instalación de luz de la vivienda



Plano de instalación de luz de la vivienda

Analizando este recibo se encontró que existe un consumo diario de 6.5 watts lo que significa que en dos meses (60días).

$$60 \text{ días} \times 6.5 \text{ watts} = 390 \text{ watts}$$

Costo por watts = 0.567 (tarifa básica indicada en el recibo)

Pasando los 300watts la tarifa es de = 0.668

Multiplico $300 \times 0.567 = 170.4$ pesos

Y multiplico $90 \times 0.668 = 60.12$ pesos

Costo real de la luz 230.52 pesos + el 15% de I.V.A. (34.578) = 265.098

Ese costo es de dos meses, si a esto lo multiplicamos para ser anual sería

$$265.098 \times 6 = 1590.588 \text{ pesos anual}$$

Como este tipo de vivienda se vende a plazos, de 20 a 30 años tendríamos lo siguiente:

$$1590.588 \times 20 = 31,811.76 \text{ pesos}$$

Esta cantidad, sería lo que se pagaría de luz en un lapso de 20 años lo cual aumentaría a la mensualidad de la vivienda.

Implementando esta propuesta, las familias podrían ahorrar dinero, ya que el costo de este generador está por debajo del costo que se pagaría.

III.5. Propuesta de consumo alternativo.

La propuesta de consumo alternativo para este tipo de vivienda, le da un beneficio a la población de escasos recursos ya que este tipo de energía se le puede ofrecer al cliente al momento de adquirir su vivienda, pues el costo del aerogenerador no es muy alto y se pueden obtener bastantes beneficios, siendo uno de ellos el ahorro en el recibo de luz del lugar.

En este tipo de viviendas encontramos que algunos de los principales aparatos eléctricos que existen son: en primer lugar el refrigerador, televisión, radio, lavadora, además de que la casa cuenta con ocho focos y siete contactos.

Se propone que se instale un aerogenerador pequeño, que cubra con esta necesidad y se deja también la opción de conectarse a la red cuando el viento esté muy bajo, este aerogenerador será el WHISPER 500 el cual tiene una dimencion del rotor de 4.5 m, cuenta con un peso de 70 kg y produce una cantidad de 3000 watts a 10.5 m/s, las aspas son de fibra de carbono compuesto (2), el cuerpo es de aluminio para protegerlo, contra la corrosión. Es libre de mantenimiento, solamente se cambian baleros cada 5 años y no son muy caros. Tiene una garantía de 5 años y cuesta alrededor de los \$25,000 pesos, esto depende de el lugar o la empresa a la que se le compre.

Esto lleva a que es una buena inversión ya que se ahorraría el pago bimestral de luz desahogando así las mensualidades de adquisición de la vivienda



Capítulo IV

ANÁLISIS DE LA PROPUESTA

IV.1. Ventajas de la energía eólica.

No requiere una combustión que produzca Bióxido de carbono (CO₂), por lo que no contribuye a la contaminación del viento.

Puede instalarse en zonas donde no existen redes de electricidad, por ejemplo en zonas desérticas, próximas a la costa.

Es limpia, por que utiliza la fuerza del viento como materia prima resultado de los cambios de la densidad del aire provocando movimiento de las capas en la atmosfera consecuencia del calentamiento del aire.

Es económica . Dados los actuales costos del gas y del petróleo, será más económica la generación de electricidad mediante el poder del viento.

Es segura . A diferencia de las centrales nucleares, los parques eólicos no son considerados blanco de los terroristas.

Es popular. La energía del viento es una de las tecnologías de energía más populares y ampliamente aceptada a nivel mundial. La encuestas de opinión arrojan que más de ocho de cada diez de las personas encuestadas, están en el favor de energía del viento, y menos de uno de cada diez (alrededor de 5%) está contra él.

Su instalación es rápida, entre 6 meses y un año. (En sistemas industriales y para la propuesta un día dejando la preparación.

Su inclusión en un sistema ínter ligado permite, cuando las condiciones del viento son adecuadas, ahorrar combustible en las centrales térmicas y/o agua en los embalses de las centrales hidroeléctricas.

Su utilización combinada con otros tipos de energía, habitualmente la solar, permite la auto alimentación de viviendas, terminando así con la necesidad de conectarse a redes de suministro, pudiendo lograrse autonomías superiores a las 82 horas, sin alimentación desde ninguno de los 2 sistemas.

Posibilidad de construir parques eólicos en el mar, donde el viento es más fuerte, más constante y el impacto social es menor, aunque aumentan los costos de instalación y mantenimiento.

IV.2. Desventajas de la energía eólica.

Técnicamente, uno de los mayores inconvenientes de los aerogeneradores es el llamado hueco de tensión (variación de voltaje). Ante uno de estos fenómenos, las protecciones de los aerogeneradores con motores de jaula de ardilla se desconectan de la red, para evitar ser dañados y, por tanto provocan nuevas perturbaciones en la red, en este caso, de falta de suministro. Este problema se soluciona bien mediante la modificación eléctrica de los aerogeneradores, lo que resulta bastante costoso.

Debido a la falta de seguridad en la existencia de viento, la energía eólica no puede ser utilizada como única fuente de energía eléctrica.

Además de la evidente necesidad de una velocidad mínima en el viento para poder mover las aspas, existe también una limitación superior: una máquina puede estar generando al máximo de su potencia, pero si el viento aumenta lo justo, para sobrepasar las especificaciones del molino, es obligatorio desconectar ese circuito de la red o cambiar la inclinación de las aspas, para que dejen de girar, puesto que con viento de altas velocidades la estructura puede resultar dañada, por los esfuerzos que aparecen en el eje. La consecuencia inmediata, es un descenso evidente de la producción eléctrica, a pesar de haber viento en abundancia, y otro factor más de incertidumbre a la hora de contar con esta energía en la red eléctrica de consumo.

IV.3. Impacto visual.

Éste es un problema muy subjetivo. Ser visible, necesariamente no es igual que ser intruso. Mientras algunas personas expresan su preocupación sobre el efecto que las turbinas eólicas tienen sobre el paisaje, otras sin embargo las perciben como elegantes y bonitas, o como símbolos de un futuro mejor, menos contaminado y de mayor avance tecnológico.

El paisaje que nosotros habitamos está necesariamente moldeado por el hombre y evoluciona con el tiempo. Comparado con otros desarrollos de energía como la nuclear, la carboeléctrica, o las termoeléctricas convencionales y estaciones de gas, los parques eólicos tienen un impacto visual relativamente pequeño. No obstante los sitios dentro de las Áreas Naturales Protegidas o los Parques Nacionales, son lugares improbables para desarrollos eólicos de gran tamaño.

La creciente utilización de las energías renovable y el mayor aprovechamiento de la energía del viento significará, que se tengan más de éstas estructuras visible, en el paisaje a futuro. Todos los organismos que apoyan las energías renovables, creen que la energía del viento es una de las formas ambientalmente más benignas de generar la electricidad que se requiere a diario en la vida cotidiana.

IV.4. Impacto ambiental.

La supervisión de los parques eólicos existentes, sugiere que con la ubicación adecuada de los mismos, no hay efectos adversos en las poblaciones de aves.

Los parques eólicos, no ocasionan un riesgo significativo para las aves.

En los vuelos de aves a través de un parque eólico, solamente 1 de cada 10,000 aves se chocan con un aerogenerador. Esto traduce a 1-2 colisiones por año por cada turbina. Para poner el problema en la perspectiva adecuada, anualmente más de 10 millones de aves colisionan con automóviles.

En cuanto al ruido las turbinas modernas son muy silenciosas, gracias a los adelantos en la tecnología de turbinas de viento, operan silenciosamente sin causar molestias a las personas que viven alejados solamente a unos cientos de metros.

A estas distancias, cualquier ruido originado por los propios aerogeneradores se ahoga con el ruido natural del propio viento en los árboles y en la vegetación, con el susurro propio del viento.

Las personas que han leído en la prensa las exageraciones que se hacen sobre el ruido emitido por los aerogeneradores, se sorprenden cuando visitan un parque y se percatan realmente del nivel de ruido emitido, ya que es mucho menor de lo que se imaginaban.

En Escocia, antes de la construcción de una Central Eólica, 12% de las personas que viven cerca de los sitios en donde se instalaron los aerogeneradores pensaron que las turbinas causarían una molestia del ruido, pero después de la construcción, cuando las personas tenían la experiencia de haber escuchado en operación la central eólica, solamente el 1% de ellos pensó que era ruidoso.

IV. 5. Rentabilidad.

Ninguna Central puede operar todo el tiempo sin parar. Hay realmente mucha confusión sobre la confiabilidad de las diferentes fuentes de electricidad. Muchas fuentes confiables tales como las centrales nucleares, padecen paros inesperados.

Debemos distinguir entre confiabilidad y disponibilidad. Los parques eólicos son confiables, pero dada la característica variante del viento, provoca que este tipo de centrales tengan una baja disponibilidad en comparación con una central convencional que quema combustibles fósiles.

No se puede confiar solamente en las turbinas del viento, para abastecer todas las necesidades de energía eléctrica de manera continua. Pero existen otras tecnologías que se pueden utilizar, como las centrales hidráulicas de rebombeo en las cuales se bombea el agua a la presa superior de almacenamiento que funcionaría algo así como una gran batería en un sistema eléctrico para suministrar energía cuando no sople el viento.

Pequeñas aplicaciones

Aunque no exista una clasificación convencional que defina las pequeñas instalaciones o también llamadas micro-eólicas, se considera que son aquellas que tienen una potencia instalada inferior a los 100 Kw

Las máquinas micro-eólicas, aunque sean parecidas a los grandes aerogeneradores, constituyen un sector tecnológicamente diferente de las máquinas de medio y gran tamaño: el micro-eólico está dirigido a mercados sectoriales muy específicos, con aplicaciones que requieren soluciones técnicas simplificadas y específicamente diseñadas. Generalmente, las instalaciones por debajo de 20-30 Kw se utilizan para producir energía eléctrica para el autoconsumo, mientras que en las de tamaño más grande una parte de la energía producida se destina generalmente a la venta o para grandes consumidores.

Las posibilidades de expansión del micro-eólico, son bastante amplias: aunque con diferentes potencialidades (en términos geográficos y estacionales) el recurso viento es abundante sobre todo en las costas de

nuestro país y las aplicaciones posibles son numerosas. Los lugares en los que se pueden instalar micro instalaciones eólicas son muy diversos, ya que los aerogeneradores de tamaño pequeño son muy versátiles y se instalan con muchas menos dificultades respecto a los grandes.

Adicionalmente el impacto medio ambiental del micro-eólico es bastante bajo: las microturbinas tienen un tamaño mucho más pequeño respecto a los grandes aerogeneradores, necesitan espacios limitados y son relativamente poco visibles. Además las turbinas microeólicas están muy avanzadas en términos técnicos, económicos, de servicio y utilidad.

Muchos mayores son los beneficios: favorecen la generación distribuida de energía eléctrica; evitan el tener que recurrir a otras formas de energía más contaminantes como los son los combustibles fósiles; representan una forma de generación eléctrica distribuida, sencilla y ecológica.

Además, las aplicaciones micro-eólicas están siendo favorecidas por la creciente sensibilidad hacia las problemáticas energéticas y medioambientales. Esta nueva conciencia induce los ciudadanos a buscar una contribución directa a las soluciones sostenibles, adoptando para sus propias exigencias civiles o de pequeña empresa como son el turismo rural, granjas, refugios, usuarios domésticos aislados, segundas viviendas, micro instalaciones de fuentes renovables, en lugar de sistemas de generación tradicionales.

CONCLUSIONES

En los países del primer mundo en su constante búsqueda, han aprovechado la energía eólica debido a su bajo costo para su generación.

A nivel nacional se cuenta con varias zonas eólicas que pueden aprovecharse en beneficio de la comunidad y el turismo. Zonas: Al Sur del Istmo de Tehuantepec, Península de Baja California, Península de Yucatán, Altiplano Norte, Región Central y las Costas del país

El aprovechamiento de la ubicación estratégica de Tehuantepec, Oaxaca, que es un lugar excepcional, con velocidades considerables aptas para generar corriente eléctrica a escala industrial y como consecuencia para utilización para pequeña escala, como es la propuesta del presente trabajo.

La energía eólica es una solución y una opción para el desarrollo sostenible, ya que por un lado hace posible que el desarrollo siga el modelo de sostenibilidad y por otro es una importante fuente que no contribuye a la contaminación del aire y medio ambiente.

La energía eólica satisface las tendencias energéticas actuales como son:

a) Uso eficiente del recurso natural como materia prima en especial por parte del consumidor final para generar su propia energía partiendo del recurso.

b) Aumento y utilización de las fuentes de energía renovable.

c) Uso de nuevas tecnologías para reducir el consumo de combustibles fósiles.

La ubicación de parques eólicos, lleva a considerar que está, es una buena alternativa para obtener electricidad en forma limpia, relativamente barata y socialmente aceptable, que cubra los requerimientos de las poblaciones nativas y el turismo, generando corriente eléctrica a niveles industriales.

Las poblaciones cercanas a estas zonas eólicas podrían tener ahorros a largo plazo, ya que lo verían reflejado directamente en su recibo de luz.

Las constructoras podrían sumar el precio de los aerogeneradores al precio total de la vivienda, para que esté sea amortizado como parte de la misma, ya que por el costo del equipo no refleja un desembolso considerable comparándolo con el costo de la vivienda.

Por lo tanto la propuesta es viable, actualmente existen ya desarrollos donde el empleo de estos novedosos equipos operan satisfactoriamente y van en aumento, pronosticando en el futuro abatir costos en los equipos para beneficio de las personas que viven en la zona de influencia del Istmo de Tehuantepec .

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-“ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ALTERNATIVA EÓLICA Y SOLAR PARA LA ZONA HOTELERA DE HUATULCO, OAXACA”
(TESIS) José Armando Torres Ruperto
FES-ACATLÁN
ACATLÁN, EDO. DE MEX 2004.
- 2.- ENERGIA RENOVABLE EN EL SIGLO XXI MEXICO SENADO DE LA REPUBLICA 2001
Gutiérrez Vera Jorge
145p
- 3.-APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA EOLICA
Gerardo Zapata González
Proyecto Terminal
Universidad Autónoma Metropolitana
Mexico,1986
- 4.-ENERGIA EOLICA PRACTICA:UNA GUIA PARA INSTALACION Y USO DE PEQUEÑOS SISTEMAS EOLICOS.
Paul Gipe
Sevilla España
Progense
2000
- 5.-DISEÑO DE MAQUINAS EOLICAS DE PEQUEÑA POTENCIA
Mario Roseto
Sevilla
Progense 1991

6.-ENERGIA EOLICA

Mario García Galludo
Sevilla
Progense 1987

7.-LA ENERGIA EOLICA: TECNOLOGIA E HISTORIA

Juan Carlos Cadiz
Madrid
1984

8.-PANORAMA ACTUAL DE LA ENERGIA EOLICA

Montes Nora L
Mexico,1987

Web

- 1.- <http://es.wikipedia.org>
- 2.- <http://bidi.unam.mx>
- 3.- <http://www.soliclima.com>
- 4.- <http://www.windpower.org/es/pictures/index.html>
- 5.- <http://www.conae.gob.mx>
- 6.- <http://www.enalmex.com/paginas/eolicos/eolicos.htm>
- 7.-<http://www.elocal.gob.mx.htm>