



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“LA ENERGÍA MICRO-EÓLICA COMO OPCIÓN PARA
EL AUTO CONSUMO EN CASAS HABITACIONALES”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

ÁREA: INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA

PRESENTA:

CARLOS ENRIQUE JUÁREZ MORA

ASESOR:

ING. FRANCISCO RAÚL ORTÍZ GONZÁLEZ

SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DE MÉXICO, 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.

DEDICATORIA:

Con devoción para mis padres, hermanos, maestros, amigos y sobre todo con mucho agradecimiento a la UNAM.

El presente trabajo está dedicado a mi familia por su amor incondicional desde el inicio, mi madre y su ternura, mi padre y su sacrificio a mis hermanos en especial a Emiliano, gracias por su apoyo me siento afortunado de poder expresarlo.

A todos mis maestros por su confianza, apoyo y por enseñarme que la base es el trabajo y la constancia especialmente el Ing. Raúl Ortiz González.

A los colegas por su apoyo y sus ánimos en momentos difíciles.

A la UNAM que fue mi cobijo para desarrollarme profesionalmente, siempre habrá respeto y afecto incondicional.

Gracias por su apoyo no los defraudaré.

CONTENIDO



CONTENIDO	PAG.
INTRODUCCIÓN.....	I
CAPÍTULO 1 OFERTA-DEMANDA DE ELECTRICIDAD.	
1.A. ANTECEDENTES.....	1
1.B. PLANTAS GENERADORAS.....	4
1.B.I TERMOELECTRICA.....	4
1.B.II COMBUSTIÓN INTERNA.....	8
1.B.III NUCLEOELÉCTRICA.....	9
1.B.IV HIDROELÉCTRICA.....	10
1.C. PLANTAS ECOLÓGICAS.....	11
1.C.I PLANTA GEOTÉRMICA.....	12
1.C.II CENTRAL DE TURBOGAS.....	15
1.C.III CENTRAL CARBOELÉCTRICA.....	16
1.C.IV CENTRAL DE CICLO COMBINADO.....	17
1.C.V CENTRAL EÓLICA.....	19
CAPÍTULO 2 ENERGÍAS RENOVABLES.	
2.A. ANTECEDENTES.....	22
2.B. BIOENERGÍA.....	22
2.B.I DISPONIBILIDAD DE TIERRAS.....	23
2.B.II BIOCOMBUSTIBLE PARA EL TRANSPORTE.....	24
2.B.III RESIDUOS AGRÍCOLAS.....	25
2.B.IV BAGAZO.....	25
2.B.V DESECHOS DE CEREALES.....	25
2.B.VI DESECHOS DE ANIMALES.....	26
2.B.VII DESECHOS MUNICIPALES.....	26
2.B.VIII IMPACTO AMBIENTAL.....	27
2.B.IX BENEFICIOS SOCIALES.....	28
2.C. ENERGÍA SOLAR.....	29
2.C.I POTENCIAL MUNDIAL.....	29
2.C.II COLECTOR SOLAR PLANO.....	31
2.C.III SISTEMAS FOTOTÉRMICOS DE CONCENTRACIÓN.....	33
2.C.IV APLICACIÓN DE SISTEMAS FOTOTÉRMICOS.....	35
2.C.V SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	36
2.C.VI APLICACIONES.....	37
2.D. ENERGÍA EÓLICA.....	38
2.D.I POTENCIA MUNDIAL.....	38
2.D.II CENTRALES EOLOELÉCTRICAS.....	39
2.D.III IMPACTO AMBIENTAL.....	39
2.D.IV IMPACTO SOCIAL.....	40

2.E.	ENERGÍA HIDRÁULICA.....	40
2.E.I	POTENCIAL MUNDIAL.....	41
2.E.II	TECNOLOGÍAS.....	41
2.E.III	APLICACIONES Y VENTAJAS.....	42
2.F.	GEOTERMIA.....	42
2.F.I	POTENCIAL MUNDIAL.....	43
2.F.II	TECNOLOGÍA.....	44
2.F.III	APLICACIONES A NIVEL MUNDIAL.....	44
2.G.	NUEVAS ENERGÍAS RENOVABLES.....	44
2.G.I	ENERGÍA OCEÁNICA.....	44
2.G.II	ENERGÍA DEL HIDRÓGENO.....	45

CAPÍTULO 3 ENERGÍA EÓLICA.

3.A.	ANTECEDENTES.....	47
3.B.	EL VIENTO.....	49
3.B.I	APROVECHAMIENTO.....	50
3.C.	LA ENERGÍA EÓLICA.....	51
3.C.I	GRANDES EMPRESAS.....	53
3.C.I.1	TURBINAS DE VIENTO.....	55
3.C.II	MICROEMPRESAS.....	56
3.D.	AEROGENERADORES.....	58
3.D.I	TECNOLOGÍAS.....	59
3.E.	EL PAPEL DE LAS ADMINISTRACIONES PUBLICAS.....	61

CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA HABITACIONAL.

4.A.	INTRODUCCIÓN.....	62
4.B.	INSTALACIONES CON ENERGÍA EÓLICA.....	63
4.C.	PROTOTIPO DE CASA HABITACIONAL.....	65
4.C.I	INSTALACIÓN ELECTRICA RESIDENCIAL.....	66
4.D.	PROYECTO DE CASA HABITACIONAL.....	68
4.D.I	DEMANDA TOTAL.....	70
4.E	MICRO-AEROGENERADOR.....	70
4.E.I	CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS.....	72
4.F	INSTALACIÓN DEL MICRO-GENERADOR.....	74
4.F.I	CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	76
	CONCLUSIONES.....	78
	BIBLIOGRAFÍA.....	80
	MESOGRAFÍA.....	81

INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN:

La ingeniería siempre ha estado relacionada con la evolución de nuevas tecnologías.

Los ingenieros han explotados nuevos sistemas y conceptos que han ampliado sus posibilidades, hoy en día en la utilización de sistemas capaces de generar energía de forma “limpia” y sostenible.

En los últimos años ha venido surgiendo un gran crecimiento, en la utilización de estas tecnologías debido en buena medida al empuje recibido por la constatación de los problemas derivados del cambio climático y el agotamiento de los recursos a los que se enfrenta nuestro planeta.

En México existen todavía zonas rurales, las cuales son inalcanzables por la red eléctrica convencional, por lo que en el presente trabajo se plantea la opción de utilizar la energía eólica como opción de electrificación de una casa habitacional rural.

A continuación se describen los principales aspectos que comprenden los capítulos de este trabajo.

El primer capítulo está enfocado en describir la forma en que el país oferta y demanda la energía eléctrica para el consumo de esta.

El segundo capítulo enfoca las nuevas tecnologías que se han desarrollado y que se están desarrollando para la generación de energía eléctrica.

El tercer capítulo documenta una breve historia de los generadores que aprovechan el viento para la generación de energía eléctrica.

En el cuarto capítulo se realiza el estudio de una miniturbina para la alimentación de una casa habitacional de tipo rural, a partir de obtener la carga total que demanda.

OFERTA-DEMANDA DE ELECTRICIDAD



CAPÍTULO 1

1.A. ANTECEDENTES.

Los inicios de la energía eléctrica en México se remontan a finales del siglo XIX cuando comienza el periodo presidencial de Porfirio Díaz (1877-1911). Durante el Porfiriato, en 1879 se instala en el estado de Guanajuato, en la ciudad de León, la primera planta termoeléctrica (de calor) generadora de energía eléctrica, utilizada por la fábrica textil la Americana.

En esos primeros años, la energía eléctrica se usaba para la incipiente industria textil y minera; y muy poco para el servicio municipal, la iluminación de pocos espacios públicos y algunos pueblos. Dos años después, en 1881 da inicio el alumbrado público en el país cuando la Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica se hace cargo del alumbrado público residencial en la capital de la República Mexicana.

Para 1885 la cañería que distribuía el gas para el alumbrado público en la capital era de 100 kilómetros, y se contaba con 50 focos de luz eléctrica, 2 mil faroles de gas y 500 de aceite para los barrios alejados del centro. Diez años después de la aparición de la primera planta termoeléctrica, en 1889 entró en operación la primera planta hidroeléctrica en Batopilas, en el estado de Chihuahua y frontera con los Estados Unidos.

De este modo, las plantas generadoras empezaron a cubrir las necesidades más allá de las fábricas y minas, atendiendo al comercio, al alumbrado público y a las residencias de las familias más ricas. En materia de generación de energía eléctrica, en 1937 México vivía circunstancias difíciles en cuanto al abastecimiento y la cobertura del servicio, el cual se encontraba en manos privadas.

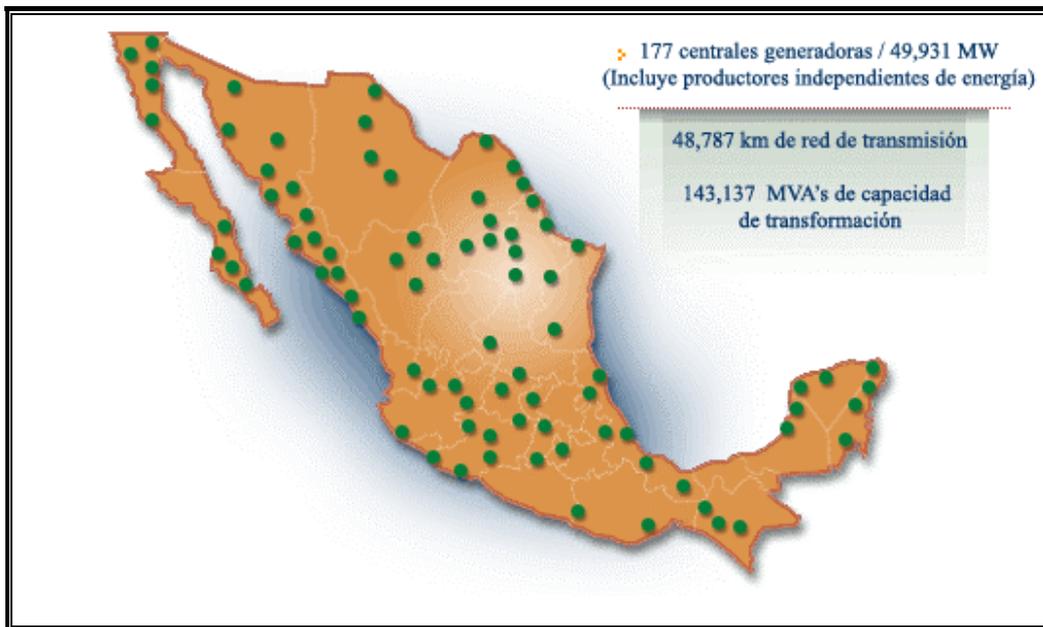
Los objetivos de desarrollo tanto en áreas rurales como urbanas, no eran correspondidos por las empresas privadas que tenían menos del 38% de la cobertura de energía eléctrica, por tanto, en agosto de 1937 se creó la Comisión Federal de Electricidad (CFE), cuyo objetivo primordial fue construir la infraestructura 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. Hacia 1960 había una capacidad instalada de 2,308 Megawatts, 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.

En más de 20 años, sólo se había podido aumentar su capacidad en 10%, por lo que desde el gobierno Mexicano, encabezado por el presidente Adolfo López Mateos, se tomó la decisión de nacionalizar la industria el 27 de septiembre de 1960.

En el presente, la capacidad instalada que reporta la CFE es de 49,931 Megawatts, dividiéndose ésta en diferentes fuentes, las termoeléctricas producen el 44.82%, mientras que 22.98% corresponde a los productores independientes de energía, las hidroeléctricas contribuyen con el 22.15%, las carboeléctricas producen el 5.21%, y en menor grado las geotérmicas con 2.74% de la producción nacional, y 0.17% las eoléticas.

A lo largo de toda la República Mexicana, se cuenta con 177 centrales generadoras, que producen 49,931 Megawatts, se cuenta con una red de transmisión de 48,527 kilómetros. En los últimos años es clara una preocupación por el abastecimiento de energía, que cubra el ritmo de crecimiento urbano e industrial que el país presenta, en este caso, el Cajón en Nayarit es el proyecto hidroeléctrico más importante de los últimos años, el cual tuvo una inversión de más de 800 millones de dólares, su capacidad instalada es de 750 Megawatts. Es una obra de grandes dimensiones, pues su cortina se eleva hasta 395 metros, con un área de la cuenca hidrológica de 54,198 km². Es una de las obras de ingeniería más importantes del país, de los últimos años, y ha servido como preámbulo para la proyección de una empresa de mayor dimensión, la hidroeléctrica la Yesca, en Nayarit, cuya obra costará cerca de 8 mil millones de pesos, y que generará 750 Megawatts.



Centrales generadoras en México.
FIGURA 1.1

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 Megawatts, y 28,527 Kilómetros de líneas de transmisión.

Por otro lado, el reto es la generación de energía sustentable que a largo plazo vaya disminuyendo el uso de energía fósil como el petróleo y la gasolina, el gobierno federal está promoviendo el uso de energías alternas. El Instituto de Investigaciones Eléctricas y la Comisión Federal de Electricidad impulsaron el primer parque eólico en el Istmo de Tehuantepec, en la Venta, Oaxaca, la cual cuenta con 105 aerogeneradores que producen 84.875 megavatios, en 700 hectáreas.

La energía eléctrica es un insumo indispensable para el desarrollo de la economía y para la producción de otros bienes y servicios, generando el incremento de recursos y en consecuencia también las actividades productivas del país.

En México, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), está conformado por ocho regiones, de las cuales el sistema central proporciona el servicio público de energía eléctrica en la zona céntrica del país y la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (LFC) atiende aproximadamente a cinco millones de usuarios y suministra la energía eléctrica a la Ciudad de México y zona conurbana, así como los Estados de México, Hidalgo, Morelos y Puebla, incluidas ciudades capitales como Toluca, Pachuca y Cuernavaca, en un espacio físico cercano a tan solo el 2% del territorio nacional.

Su función no solamente se limita al abasto de la energía eléctrica, sino que comprende atributos importantes que conforma su misión, como el proporcionar el servicio en condiciones adecuadas de cantidad, calidad, oportunidad, competitividad, atención a sus usuarios y preservación del medio ambiente.

El principal centro de consumo de energía lo constituye la zona metropolitana de la Ciudad de México, con una alta concentración industrial, comercial, de servicios y actividades gubernamentales; no dejando de ser importantes las cargas demandadas principalmente por el Estado de México y las de los estados de Morelos, Hidalgo y Puebla, que en conjunto, por la configuración de la red eléctrica, le dan la característica de un gran nodo receptor-distribuidor con alta densidad de carga concentrada en una zona geográficamente pequeña que esta inyectada básicamente por la generación que procede de los sistemas oriental y occidental en tensiones de 230 y 400 Kilovolts (Kv), más del 60% de la energía recibida por LFC se genera desde lugares remotos.

1.B. PLANTAS GENERADORAS.

Las plantas generadoras son las instalaciones productoras de energía eléctrica, formadas por un conjunto de maquinas motrices y aparatos que se utilizan para generar energía eléctrica.

Las principales plantas generadoras son esencialmente instalaciones que emplean en determinada cantidad una fuente de energía primaria limitada en el planeta (carbón, fuel y gas) o que su utilización causa un impacto ambiental importante en el medio ambiente de sus alrededores, como ejemplos se tienen las plantas hidroeléctricas, termoeléctricas, nucleares, eólicas, geotérmicas, entre otras.

1.B.I TERMOELÉCTRICA.

En el proceso termoeléctrico existe una clasificación de tipos de generación, según la tecnología utilizada para hacer girar los generadores eléctricos:

Vapor.- Con vapor de agua se produce el movimiento de una turbina acoplada al generador eléctrico.

Turbogas.- Con los gases de combustión se produce el movimiento de una turbina acoplada al generador eléctrico.

Combustión Interna.- Con un motor de combustión interna se produce el movimiento del generador eléctrico.

Ciclo Combinado.- Combinación de las tecnologías de turbogas y vapor. Constan de una o más unidades turbogas y una de vapor, cada turbina acoplada a su respectivo generador eléctrico.

Otra clasificación de las centrales termoeléctricas corresponde al combustible primario para la producción de vapor, donde:

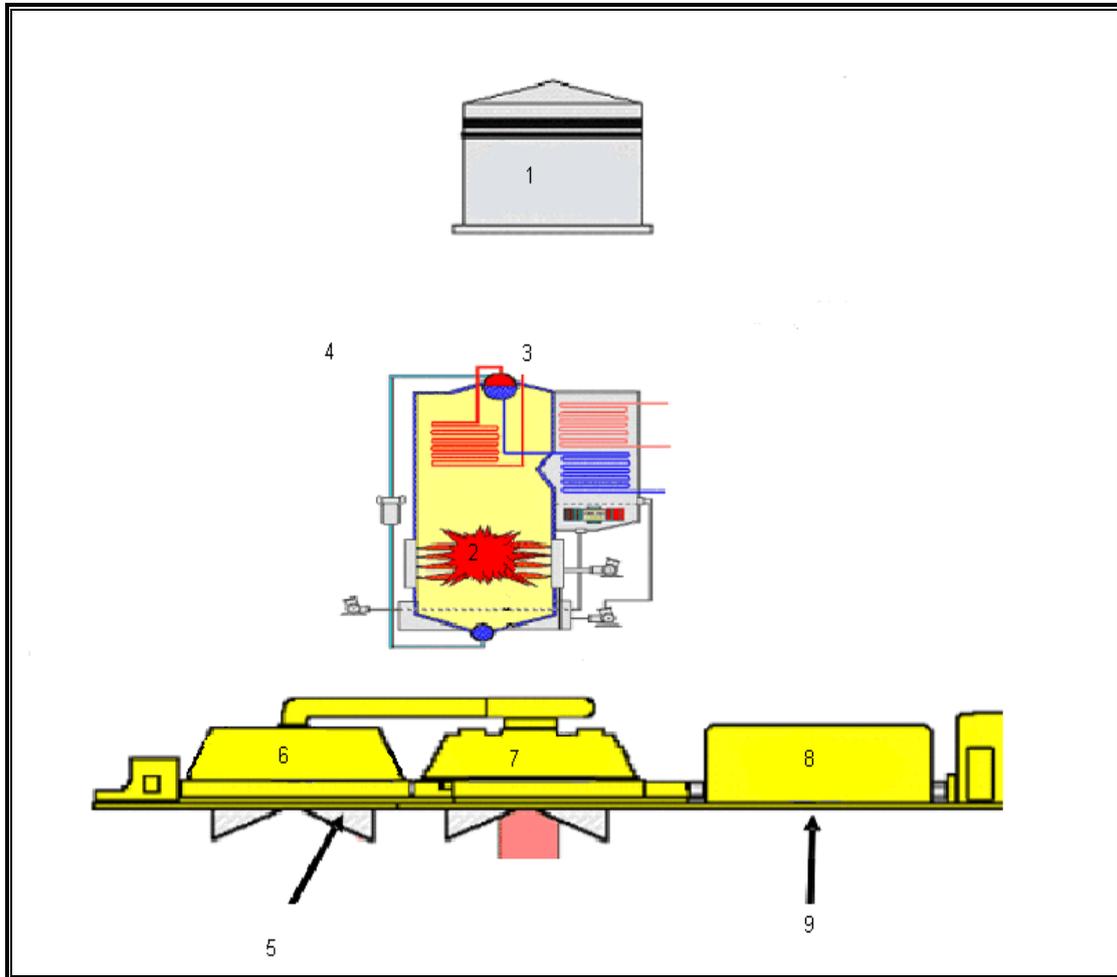
- Vapor (combustóleo, gas natural y diesel)
- Carboeléctrica (carbón)
- Dual (combustóleo y carbón o combustóleo y gas)
- Geotermoeléctrica (vapor extraído del subsuelo)
- Nucleoeléctrica (uranio enriquecido)

Para el cierre de junio de 2008, la capacidad efectiva instalada y la generación de cada uno de estos tipos de generación termoeléctrica, es la siguiente:

Tipo	Capacidad en MW	Generación GWh
Vapor	12,641.10	24,996
Dual	2,100.00	3,242
Carboeléctrica	2,600.00	8,476
Ciclo Combinado	16,913.16	53,772
Geotermoeléctrica	964.50	3,604
Turbogas	1,991.21	1,043
Combustión interna	216.12	568
Nucleoeléctrica	1,364.88	5,741
Total	38,790.97	101,444

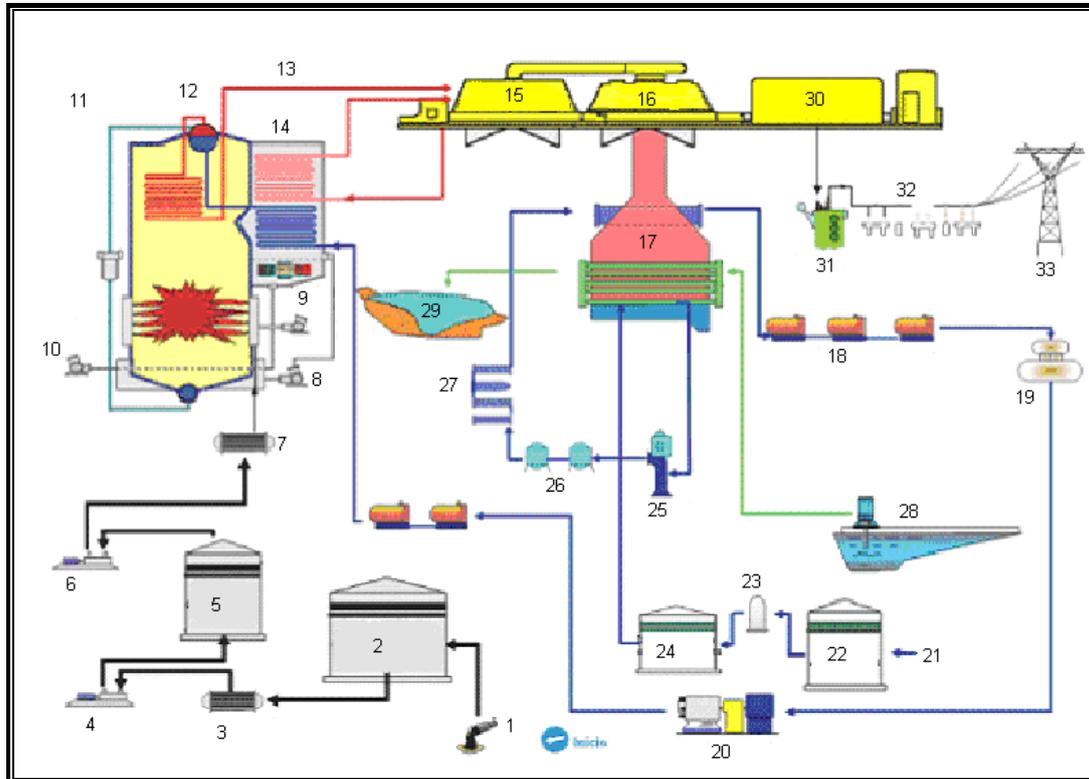
Generación de una termoeléctrica.
TABLA 1.1

Una central termoeléctrica de tipo vapor es una instalación industrial en la que la energía química del combustible se transforma en energía calorífica para producir vapor, éste se conduce a la turbina, donde su energía cinética se convierte en energía mecánica, la que se transmite al generador para producir energía eléctrica.



- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Tanque de almacenamiento de combustible (Energía Química). | |
| 2. Energía Calorífica. | 7.- Turbina baja presión |
| 3. Energía Cinética (Vapor de agua). | 8.- Generador Eléctrico |
| 4. Generador de Vapor. | 9.- Energía Eléctrica |
| 5. Energía Mecánica. | |
| 6.- Turbina Alta Presión e Intermedio | |

Secuencia de transformación de energía.
FIGURA 1.2



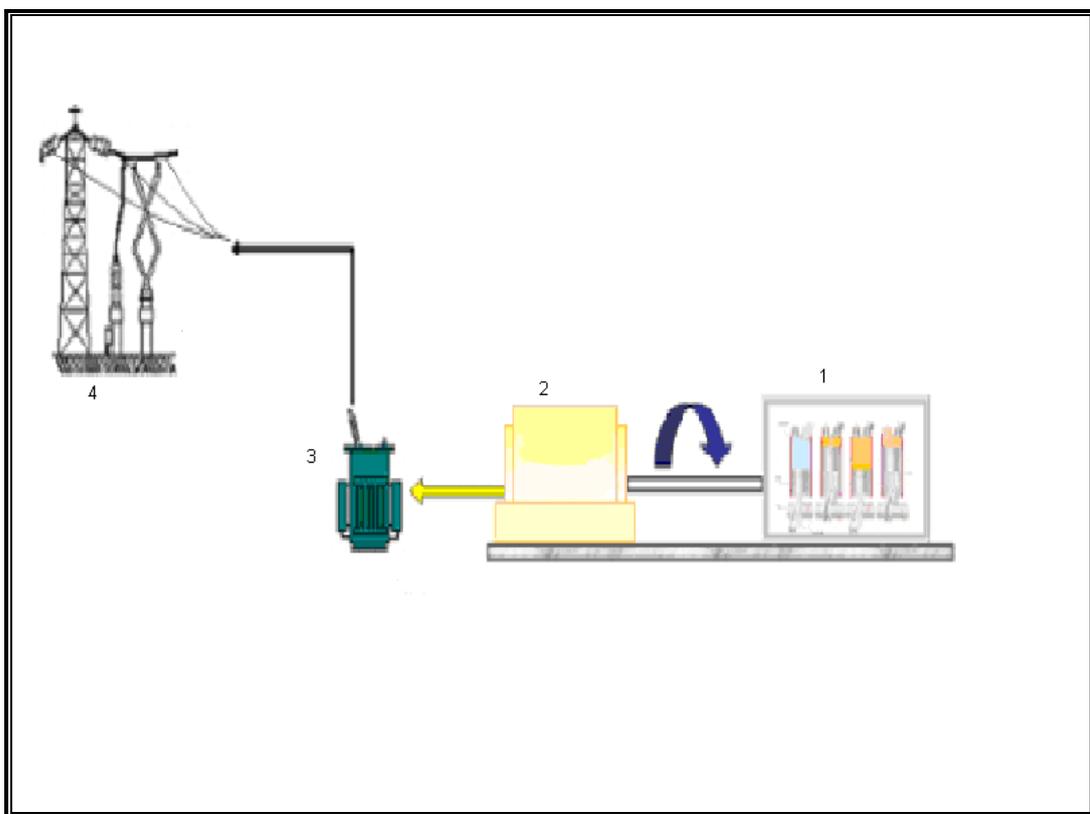
- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Oleoducto. | 18. Calentadores baja presión. |
| 2. Tanque de almacenamiento de Combustible. | 19. Desgasificador. |
| 3. Calentador de combustible. | 20. Bomba de agua de alimentación. |
| 4. Bomba de combustible. | 21. Agua de pozo |
| 5. Tanque combustible diario. | 22. Tanque de agua cruda |
| 6. Bomba de combustible. | 23. Planta desmineralizadora. |
| 7. Calentador principal de combustible. | 24. Tanque de agua desmineralizadora. |
| 8. Ventilador reciclador de gases. | 25. Bomba de condensado. |
| 9. Ventilador tiro forzado. | 26. Pulidores de condensado. |
| 10. Ventilador tiro inducido. | 27. Banco de eyectores. |
| 11. Generador de vapor. | 28. Bomba de agua de circulación. |
| 12. Domo. | 29. Playa |
| 13. Vapor principal. | 30. Generador eléctrico |
| 14. Vapor recalentado. | 31. Transformador principal |
| 15. Turbina alta presión e intermedio. | 32. Subestación |
| 16. Turbina de baja presión. | 33. Torre de transmisión |
| 17. Condensador | |

Esquema de una central termoeléctrica tipo vapor.
FIGURA 1.3

1.B.II COMBUSTIÓN INTERNA.

Las centrales de tipo combustión interna cuentan con motores de combustión interna, donde se aprovecha la expansión de los gases de combustión para obtener la energía mecánica, que es transformada en energía eléctrica en el generador.

Las centrales de combustión interna utilizan generalmente diesel como combustible y en algunos casos se emplea una mezcla de combustóleo y diesel.



- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1. Motor de combustión interna. | 3. Transformador principal. |
| 2. Generador eléctrico. | 4. Subestación. |

Esquema de una central de tipo combustión interna.
FIGURA 1.4

1.B.III NUCLEOELÉCTRICA.

La única central nucleoelectrónica del país dispone de 370 hectáreas localizadas sobre la costa del Golfo de México, en el kilómetro (km) 42.5 de la carretera federal Cardel - Nautla, municipio de Alto Lucero; a 60 km al noreste de la ciudad de Xalapa, a 70 km del puerto de Veracruz y a 290 km al noreste del Distrito Federal.

La central consta de dos unidades, cada una con capacidad de 682.44 megavatios, equipadas con reactores del tipo agua hirviente y contenciones de ciclo directo. El sistema nuclear de suministro de vapor fue adquirido a General Electric y el turbogenerador a Mitsubishi Heavy Industries.

Desde su operación comercial, la Unidad 1 ha generado más de 84.5 millones de megavatios-hora, con una disponibilidad propia de 83.11 por ciento; la Unidad 2, ha generado más de 64.6 millones de megavatios-hora, con una disponibilidad propia de 84.8 por ciento.

Ambas unidades representan 2.73% de la capacidad instalada de CFE; con una contribución a la generación de energía del sistema eléctrico nacional de 4.93 por ciento.

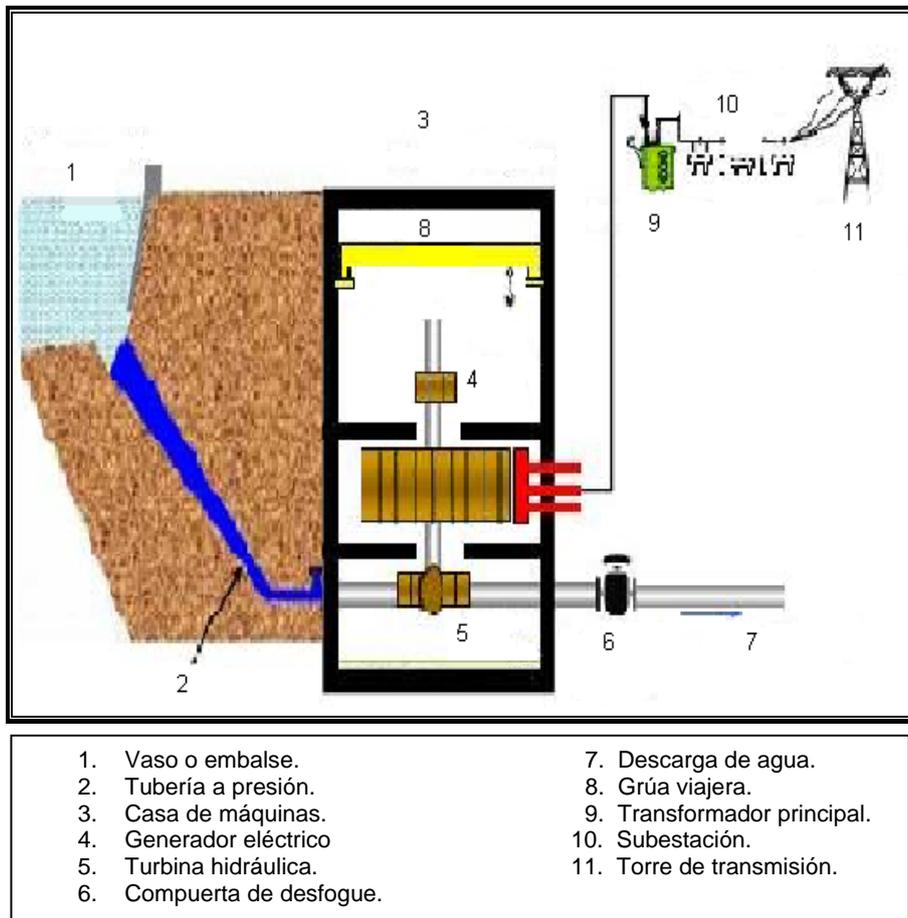


Vista aérea de la núcleo eléctrica Laguna Verde.
FIGURA 1.5

1.B.IV HIDROELÉCTRICA.

La tecnología hidroeléctrica requiere la construcción de presas, una casa máquinas para instalar los equipos electromecánicos (turbina, generador eléctrico, transformadores), y un cuarto de control para la operación de la central. Estas instalaciones deben estar debajo del fondo de la base de la cortina de la presa, con la finalidad de aprovechar la energía potencial del agua.

El agua de la presa es conducida por una tubería hasta el rodete de la turbina hidráulica. La fuerza del agua hace girar los álabes o aspas de la turbina transformando la energía potencial del agua en energía cinética, que se transforma en energía mecánica. El rodete de la turbina tiene acoplado un generador eléctrico, que transforma la energía mecánica en eléctrica. Una de las centrales es la de Chicoasén ubicada en el estado de Chiapas, la central cuenta con cinco unidades turbogeneradoras de 300 Megawatts (MW) cada una, para una capacidad instalada total de 1,500 MW.



Esquema de una central hidroeléctrica.
FIGURA 1.6

La energía generada es transportada a través de diez líneas de transmisión: seis a 400 KV y cuatro de 115 KV. La mayoría de las líneas de alta tensión en 400 KV envían el fluido eléctrico hacia la ciudad de Veracruz, al área central del país, con un enlace a la central hidroeléctrica La Angostura, en el municipio de Venustiano Carranza, Chiapas.

De las líneas de baja tensión en 115 KV, dos van hacia Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; una a San Cristóbal de las Casas, Chiapas y una más es enlace a la central hidroeléctrica Bombará, en el municipio de Soyala, Chiapas.

1.C. PLANTAS ECOLÓGICAS.

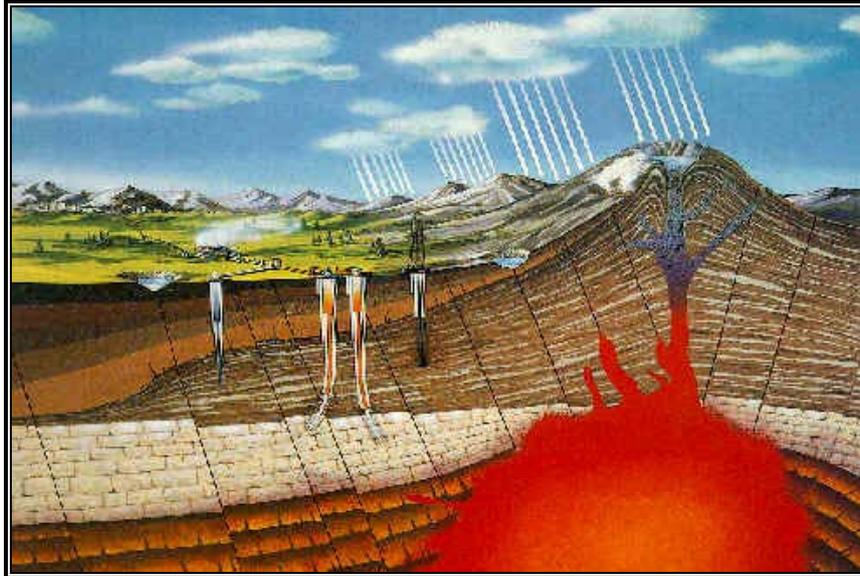
La Comisión Federal de Electricidad ha desarrollado formas alternas para generar electricidad que no sea a base de combustibles fósiles o mediante las grandes plantas hidroeléctricas o alguna central nuclear. Por eso, dependiendo de la ubicación geográfica y geológica de México, se produce energía usando la geotermia y la energía eólica. La primera aprovecha el calor y el agua que se han concentrado en ciertos sitios del subsuelo conocidos como yacimientos geotérmicos; mientras que la energía eólica se produce usando como potencia la fuerza de corrientes de viento.

Por medio de pozos específicamente perforados, las aguas subterráneas, que poseen una gran cantidad de energía térmica almacenada, se extraen a la superficie transformándose en vapor que se utiliza para generación de energía eléctrica.

Este tipo de central opera con principios análogos a los de una termoeléctrica tipo vapor, excepto en la producción de vapor, que en este caso se extrae del subsuelo. La mezcla agua-vapor que se obtiene del pozo se envía a un separador; el vapor ya seco se dirige a la turbina donde se transforma la energía cinética en mecánica y ésta, a su vez se transforma en electricidad en el generador.

La energía geotérmica es energía calorífica proveniente del núcleo de la tierra, calor que se desplaza hacia arriba en el magma que fluye a través de fisuras en rocas y que alcanza niveles cercanos a la superficie, donde existen condiciones geológicas favorables para su acumulación. Este tipo de yacimiento está asociado a fenómenos volcánicos y sísmicos, cuyo origen común son los movimientos profundos que ocurren continuamente entre los límites de las placas litosféricas en las que se divide la porción sólida más externa del planeta. Un yacimiento geotérmico típico tiene como fuente el calor; además de una cámara magmática en proceso de enfriamiento con un acuífero que tenga la permeabilidad suficiente para alojar agua meteórica. Un tercer elemento necesario es la capa-sello, cuya función es impedir que los fluidos geotérmicos se disipen totalmente en la superficie.

La primera planta geotermoeléctrica en el continente americano fue la de Pathé, Hidalgo, construida a mediados del siglo XX. A la fecha, la capacidad geotermoeléctrica de México es de 964.50 Megawatts (MW), con la cual en junio de 2008 se generó 3.09% de los 116,513 GWh producidos a nivel nacional. El segundo más grande del mundo es el campo de Cerro Prieto, que produce 49.58% de la electricidad que se distribuye en la red de Baja California: se trata de un sistema aislado del Sistema Eléctrico Nacional.



Corte transversal de la tierra (Energía Geotérmica).
FIGURA 1.7

1.C.I PLANTA GEOTÉRMICA.

En Baja California Norte, en el valle de Mexicali, a una altura de 11 metros sobre el nivel medio del mar, se encuentra el campo geotérmico de Cerro Prieto.

Esta central utiliza vapor geotérmico para su operación, se logran considerables ahorros por concepto de gasto de combustible. En las instalaciones de esta central se cuenta con trece unidades generadoras y esta dividida en cuatro casas de máquinas, denominadas: Cerro Prieto I, Cerro Prieto II, Cerro Prieto III y Cerro Prieto IV, cuya capacidad total instalada es de 720 MW.



Vista aérea de la planta geotérmica de cerro prieto.
FIGURA 1.8

A continuación se describen las características principales de cada casa de máquinas.

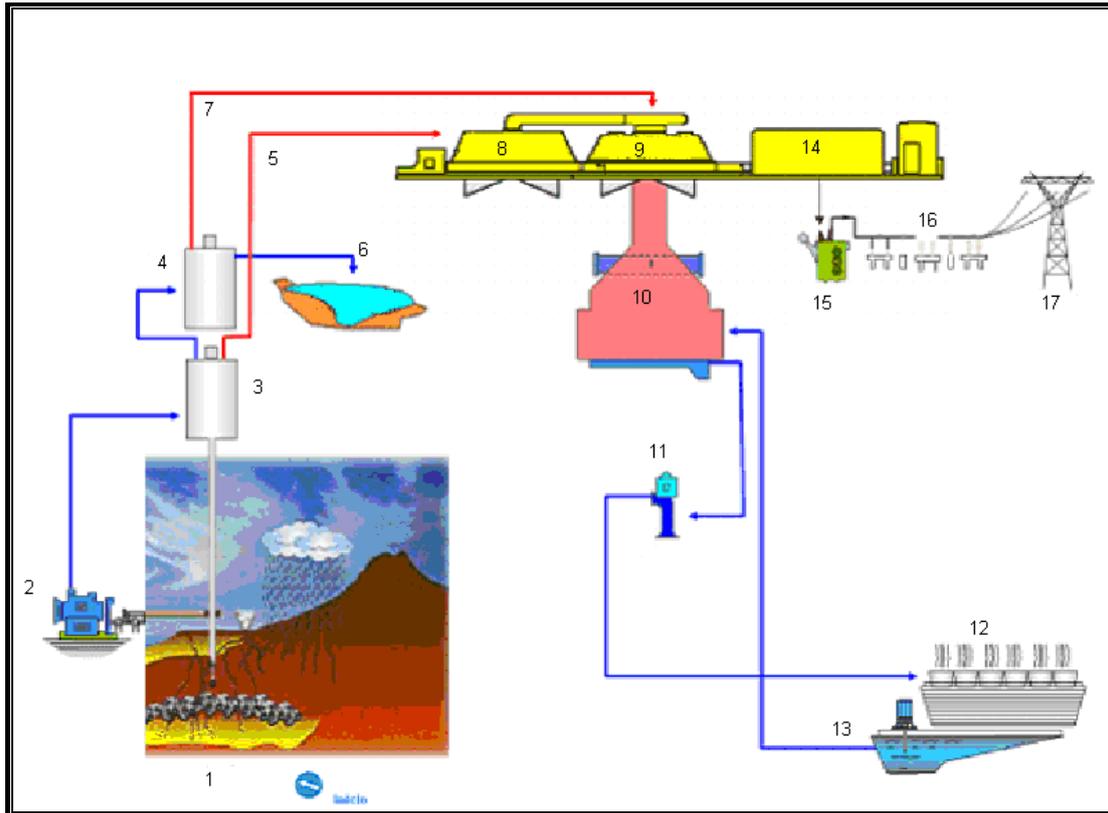
Casa de máquinas I.- Consta de cuatro unidades de 37.5 MW y una unidad de 30 MW con un total de 180 MW de capacidad instalada, su fecha de entrada en operación comercial de cada una de las unidades es la siguiente: Unidad 1, octubre 12 de 1973; unidad 2, mayo 9 de 1973, unidad 3, enero 31 de 1979, unidad 4, marzo 31 de 1979, unidad 5, noviembre 23 de 1981.

Casa de máquinas II.- Consta de dos unidades de 110 MW cada una, con un total de 220 MW de capacidad instalada. Su fecha de entrada en operación comercial es la siguiente: Unidad 6, enero 13 de 1986 y la unidad 7, junio 5 de 1987.

Casa de máquinas III.- Consta de dos unidades de 110 MW cada una, con un total de 220 MW de capacidad instalada. Su fecha de entrada en operación comercial es la siguiente: Unidad 8, enero 20 de 1986, unidad 9, 1 septiembre de 1986.

Casa de máquinas IV.- Consta de cuatro unidades de 25 MW cada una, con un total de 100 MW de capacidad instalada. Las unidades 10, 11, 12 y 13 entraron en operación comercial el 26 julio de 2000.

Existen unidades de 5 MW en las que el vapor, una vez que ha trabajado en la turbina, se libera directamente a la atmósfera. En las unidades de 25, 27, 30, 37.5, 50 y 110 MW el vapor se envía a un sistema de condensación; el agua condensada, junto con la proveniente del separador, se reinyecta al subsuelo o bien se descarga en una laguna de evaporación.



- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Vapor de pozos geotérmicos. | 10. Condensador. |
| 2. Estación de regulación y desfogue. | 11. Bomba de condensado. |
| 3. Separador primario. | 12. Torre de enfriamiento. |
| 4. Separador secundario. | 13. Bomba de agua de circulación. |
| 5. Vapor. | 14. Generador eléctrico. |
| 6. Laguna de evaporación | 15. Transformador principal. |
| 7. Vapor. | 16. Subestación |
| 8. Turbina alta presión e intermedio. | 17. Torre de transmisión. |

Esquema de una central geotérmica.
FIGURA 1.9

1.C.II CENTRAL DE TURBOGAS.

La tecnología denominada turbogas, para generar energía eléctrica se basa en hacer girar las aspas o alabes de una turbina, mediante la fuerza de expulsión de los gases de la combustión de un energético, aprovechando la energía cinética que resulta de la expansión de aire y gases de combustión comprimidos, que le proporciona el movimiento giratorio al rotor de la turbina de gas, para hacer girar un generador eléctrico que tiene acoplado, generando de esta manera energía eléctrica.

Ubicada en el municipio de Hermosillo, Sonora, a 10 kilómetros al sureste de esta ciudad, por la carretera Hermosillo-Sahuaripa, dentro del predio de la subestación eléctrica Hermosillo No. 5.



Central turbogas.
FIGURA 1.10

En las instalaciones de esta central se cuenta con una unidad turbogas ciclo abierto, en operación con una capacidad nominal de 150 MW, misma que entró en operación comercial el 21 de diciembre de 1998. El combustible que se consume es gas natural importado por PEMEX de los Estados Unidos de América (EUA), conducido a través de un gasoducto desde la frontera Sonora-Arizona. El gasoducto parte de la ciudad de Naco, Sonora, hasta esta central en Hermosillo, Sonora. El gas es almacenado para su suministro a una presión de 900 pascales.

La energía generada por la Central es enviada a través de una línea de transmisión de 115 Kilovolts, para ser distribuida al Sistema Eléctrico Nacional.

1.C.III CENTRAL CARBOELÉCTRICA.

Ubicada en el municipio la Unión, Guerrero, en la localidad de Petacalco, en la costa del océano pacífico, a 15 kms de Lázaro Cárdenas, Michoacán. La central se localiza a aproximadamente 7 kms del puerto de descarga y a 5 kms de los patios de almacenamiento de carbón. La capacidad de estos patios es de 1'920,000 toneladas de carbón. El combustóleo se almacena en 4 tanques con capacidad de 34,600 m³ cada uno.

La tecnología denominada carboeléctrica, para generar energía eléctrica, utiliza como combustible primario carbón para producir vapor de alta presión (entre 120 y 170 Kg/cm²) y alta temperatura (del orden de 520°C), el cual se conduce hasta las aspas o álabes de una turbina de vapor, haciéndola girar y al mismo tiempo hace girar el generador eléctrico que esta acoplado al rotor de la turbina de vapor; se fundamenta en el mismo principio que la tecnología conocida como termoeléctrica de tipo vapor, que emplea combustóleo, gas o diesel como combustible, para hacer girar los generadores eléctricos, el único cambio importante es que las cenizas de los residuos de la combustión, requieren de varias maniobras y espacios muy grandes para su manejo y confinamiento.

La central utiliza como combustible principal carbón importado, el cual es transportado en barcos graneleros tipo CAPESIZE con capacidad de hasta 150,000 toneladas de peso muerto. También se utiliza combustóleo pesado como combustible alterno y diesel para los arranques, estos últimos se descargan desde buques-tanque tipo PANAMAX de 50,000 toneladas de peso muerto de capacidad.

Debido a que estas unidades generadoras cuentan con quemadores de combustible diseñados para poder quemar carbón y también combustóleo, se le denomina central "Dual".

En las instalaciones de esta central se cuenta con seis unidades generadoras carboeléctricas, en operación con una capacidad nominal de 350 MW cada una, haciendo una capacidad instalada total de 2,100 MW. Las fechas de entrada en operación comercial de sus unidades generadoras son las siguientes: U-1, noviembre 8 de 1993; U-2, diciembre 14 de 1993; U-3, octubre 16 de 1993; U-4, diciembre 21 de 1993; U-5, julio 27 de 1994 y U-6, noviembre 16 de 1994.

La energía eléctrica producida en la central fluye a través de quince líneas de transmisión: cuatro de 400 Kv, (tres al estado de Michoacán y una al estado de México); siete de 230 Kv, (seis al estado de Michoacán y una al estado de Guerrero), cuatro de 115 Kv, (tres al estado de Michoacán y una al estado de Guerrero).

1.C.IV CENTRAL DE CICLO COMBINADO.

Las centrales de ciclo combinado están integradas por dos tipos diferentes de unidades generadoras: turbogas y vapor.

Una vez terminado el ciclo de generación de la energía eléctrica en las unidades turbogas, los gases desechados con una alta temperatura, se utilizan para calentar agua llevándola a la fase de vapor, la cual se aprovecha para generar energía eléctrica adicional.

La combinación de estos dos tipos de generación, permiten el máximo aprovechamiento de los combustibles utilizados, dando la mejor eficiencia térmica de todos los tipos de generación termoeléctrica.

El paquete o arreglo general de una planta de ciclo combinado se puede esquematizar de acuerdo con diversas posibilidades. El número de unidades turbogas por unidad de vapor varía desde uno a uno hasta cuatro a uno. En cuanto al criterio de diseño de la fase de vapor existen tres variantes:

- 1 Sin quemado adicional de combustible.
- 2 Con quemado adicional de combustible para control de la temperatura.
- 3 Con quemado adicional de combustible para aumentar la temperatura y presión del vapor.

Una ventaja de este tipo de plantas es la posibilidad de construirlas en dos etapas.

La primera etapa, puede ser terminada en un plazo breve e inmediatamente iniciar su operación; en la segunda, se puede terminar la construcción de la unidad de vapor, y completarse así el ciclo combinado.

1.C.V CENTRAL EÓLICA.

Este tipo de central convierte la energía del viento en electricidad mediante una aeroturbina que hace girar un generador. Es decir, aprovecha un flujo dinámico de duración cambiante y con desplazamiento horizontal, de donde resulta que la cantidad de energía obtenida es proporcional al cubo de la velocidad del viento.

Los aerogeneradores aprovechan la velocidad de los vientos comprendidos entre 5 y 20 metros por segundo. Con velocidades inferiores a 5 metros por segundo, el aerogenerador no funciona y por encima del límite superior debe pararse, para evitar daños a los equipos.

La central de la Venta se localiza en el sitio del mismo nombre, a unos 30 kilómetros al noreste de Juchitán, Oaxaca. Fue la primera planta eólica integrada a la red en América Latina. Con una capacidad instalada de 84.875 megavatios, consta de 105 aerogeneradores, ya que a partir de enero de 2007 entraron en operación comercial 98 nuevas unidades generadoras.

Central eólica de Guerrero Negro, Baja California Sur, se ubica en las afueras de Guerrero Negro, Baja California Sur, dentro de la zona de reserva de la biósfera del Vizcaíno. Tiene una capacidad de 0.600 megavatios y se integra por un solo aerogenerador.

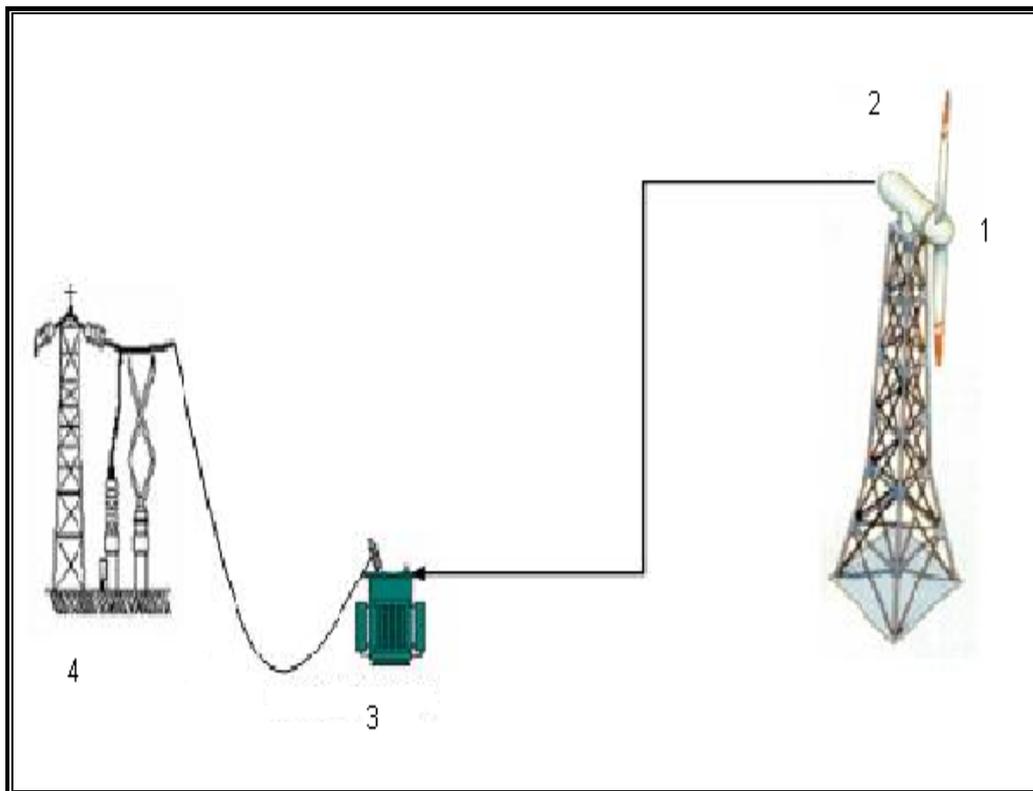
La tecnología denominada eoloeléctrica, para generar energía eléctrica, se basa en el principio de transformar la energía del viento en energía eléctrica, para lo cual se usan los aerogeneradores que consisten en una torre tubular cónica de 31.5 metros (m) de altura, sobre la cual están montadas en su extremo superior tres aspas o álabes con un diámetro de giro de 27 metros, y cuyo diseño permite aprovechar la energía del viento, en los rangos de 5 a 25 metros por segundo.

Estas aspas o álabes, están conectadas a un rotor que lleva acoplado el generador eléctrico, obteniéndose así la transformación a energía eléctrica.

Con velocidades de viento inferiores a 5 metros por segundo el aerogenerador no genera energía eléctrica, por encima de 25 metros por segundo las aspas del rotor se alinean (girando sobre su eje) con el viento automáticamente, deteniendo de esta manera su giro para evitar daños a los equipos, además los aerogeneradores cuentan con un sistema de control automático que permite variar la orientación del aerogenerador, con la finalidad de aprovechar en forma óptima los vientos en la velocidad y dirección en que se presenten.

En las instalaciones de esta central se cuenta con siete unidades (aerogeneradores) de 225 KW cada una, con una capacidad total de 1,575 KW, y la separación entre una y otra unidad es de 60 metros. Esta central entró en operación comercial el 10 de noviembre de 1994.

La energía generada por la central se envía a través de la subestación eléctrica que consta de tres transformadores elevadores de potencial de 480 V a 13,800 V, con capacidades de 500 KVA, dos de ellos y el otro de 750 KVA; cuenta también con un restaurador para protección de la central y cuchillas seccionadoras después de cada transformador y antes de la conexión a la línea de 13.8 KV.



- | | |
|----------------------------|------------------|
| 1. Ventiladores de viento. | 3. Transformador |
| 2. Generador eléctrico. | 4. Subestación. |

Esquema de una central eólica.
FIGURA 1.12

Autogeneradores	Unidades 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7
Marca	Vestas (empresa de Dinamarca)
Capacidad de cada unidad	225 KW.
Capacidad instalada	1,575 KW.
Altura de las torres	31.5 metros.
Orientación de las torres	Este-oeste en línea recta
Dirección de los vientos predominantes	Norte-sur
Rango de aprovechamiento del viento	5 a 25 metros por segundo
No. de aspas (álabes)	3
Diámetro de giro de las aspas (álabes)	27 metros
Velocidad de giro en el generador	900 / 1200 r.p.m.
Voltaje de generación	480 Volts
Frecuencia	60 Hz.
Tipo de generador eléctrico	Asíncrono
Voltaje del generador eléctrico	3 x 480 Volts
No. de polos del generador eléctrico	6-8
Velocidad nominal	1209-906 r.p.m.
Población que alimenta	El Porvenir, Unión Hidalgo y la Venta.

Ficha técnica de la central eólica.
TABLA 1.2

ENERGÍAS RENOVABLES



CAPÍTULO 2

2. A. ANTECEDENTES.

En este capítulo se hará énfasis sobre las fuentes renovables de energía, como son: bioenergía, energía solar, geotérmica, pequeña, mini y microhidráulica, eólica, oceánica e hidrógeno las cuales se adaptan mejor a un sistema sustentable de producción de energía debido a sus ventajas ambientales, sociales, de impulso al crecimiento económico regional y local, fomentando el desarrollo científico, tecnológico e industrial.

2. B. BIOENERGÍA.

La biomasa es la materia orgánica contenida en productos de origen vegetal y animal (incluyendo los desechos orgánicos) que puede ser aprovechada y usada como una fuente de energía química almacenada.

La bioenergía resulta cuando los combustibles de la biomasa de reciente origen biológico son usados para fines energéticos. Los productos secundarios en estado sólido, líquido y gaseoso son a menudo utilizados como portadores de energía y más tarde empleados para proveer biocalor, bioelectricidad o biocombustibles. Los biocombustibles se refieren específicamente a los combustibles obtenidos de la biomasa y que se usan en el sector transporte.



Bioenergía.
FIGURA 2.1

En cuanto a sus características generales, la bioenergía tiene ventajas en cuanto a la densidad energética, la cualidad de ser transportable y su no intermitencia porque es por sí misma una forma de almacenamiento de energía, y está completamente disponible ya que puede utilizarse en el momento en que se le necesite.

La bioenergía puede proveer una amplia variedad de servicios (calefacción, alumbrado, confort, entretenimiento, información, etc.) a través de su uso para la producción de combustibles que son flexibles en el sentido de adaptarse a las diferentes necesidades de energía. Su composición química es similar a la de los combustibles fósiles, los cuales se originaron a partir de la biomasa hace millones de años, lo que además de su uso energético, crea la posibilidad de originar a partir de la biomasa, lo que se denomina los biomateriales que pueden virtualmente sustituir a todos los productos que actualmente se derivan de la industria petroquímica.

Finalmente, el recurso disponible de la biomasa surge de una amplia variedad de fuentes y puede además constituirse en una fuente renovable de hidrógeno.

Actualmente, la bioenergía en estado sólido representa un 45% de la energía primaria renovable a nivel global. Cerca de 84 TWH (Tera Watts Hora) de electricidad fueron generados por medio de bioenergía en 2002, correspondiendo aproximadamente la mitad a los Estados Unidos de América, 11.3 TWH a Japón y 8.5 TWH a Finlandia.

La cantidad total de energía de residuos potencialmente cosechables como los forestales, cultivos agrícolas y desechos animales es considerable y cubre una gran proporción del suministro de energía en algunas zonas rurales.

2.B.I DISPONIBILIDAD DE TIERRA.

Se estima que la superficie de tierra que se necesitaría para la producción de bioenergía en el año 2050 estará disponible sólo en algunas regiones. Un factor decisivo para su aprovechamiento será la disponibilidad de agua, más que la disponibilidad de tierra.

Las plantaciones energéticas son importantes para las estrategias energéticas de largo plazo en el sentido de que pueden diseminarse lo suficiente, modificando con ello considerablemente el patrón de suministro de energía a nivel mundial. Las especies de plantas que pueden ser usadas como plantaciones energéticas y posteriormente ser utilizadas con fines bioenergéticos son tan diversas que pueden virtualmente crecer en cualquier parte del mundo.

Las más adecuadas necesitarían ser fáciles de cosechar usando maquinaria convencional, de lo contrario desarrollar equipamiento especializado, lo que sería una opción muy costosa. Especies de bosques de madera, tales como el sauce, álamo y eucalipto son ampliamente usados como plantaciones energéticas.



Maíz y la planta (*panicum virgatum*), empleados para producir biocombustibles.
FIGURA 2.2

El papel que juega el desarrollo de los cultivos modificados genéticamente en el futuro no puede ser ignorado. Desarrollar una variedad de plantas que tengan la capacidad de fijar el nitrógeno, consumir relativamente poca agua, que sean fáciles de cosechar, que puedan crecer extensivamente para producir proteínas, carbohidratos y fibras, y que puedan ser procesados mediante una “biorefinería” en una amplia variedad de productos industriales, comestibles y energéticos.

2. B.II BIOCMBUSTIBLES PARA EL TRANSPORTE.

Los biocombustibles líquidos, principalmente biodiesel y bioetanol, son procesados a partir de los cultivos agrícolas y de otras materias primas renovables de base. El bioetanol puede además ser producido a partir del material lignoceluloso, y el aceite pirolítico puede ser el resultado de un avanzado proceso de conversión de cualquier existencia de material de la biomasa. El etanol representa una importante alternativa como combustible automotriz, ya que reporta un índice de octano superior al de la gasolina y tiene una presión de vapor inferior, lo que da como resultado menores emisiones evaporativas.



La caña de azúcar es utilizada para producir bioetanol.
FIGURA 2.3

Actualmente la mayor parte del biodiesel se obtiene del aceite de colza y de girasol, mientras que el bioetanol es producido principalmente a base de trigo, maíz, remolacha de azúcar y caña de azúcar.

2. B.III RESIDUOS AGRÍCOLAS.

Una gran cantidad de residuos de cultivo son desechados anualmente en el mundo, estos incluyen; desechos de arroz, bagazo de caña, desechos de cereales, desechos de animales, desechos municipales, entre otros. Estos desechos tienden a ser relativamente bajos en contenido de humedad (10-30%) y por lo tanto son más adecuados para la combustión directa y en consecuencia para la generación de electricidad.

Los desechos del arroz se encuentran entre los residuos agrícolas más comunes, ya que representan el 20% al 25% de los desechos generados en el mundo y son usualmente retirados en centros de procesamiento.

2. B.IV BAGAZO.

La caña de azúcar es una de las plantas con una mejor eficiencia fotosintética y requiere muy pocos suministros de herbicidas y pesticidas. Si crece o no en una forma verdaderamente sustentable es debatible, pues se requiere adicionar nutrientes al suelo para reemplazar los que fueron removidos con la cosecha y éstos a menudo provienen de fertilizantes químicos.

En países donde el sector eléctrico es privado, algunas compañías azucareras se han convertido en productores independientes de energía (a menudo en consorcios con los proveedores locales de energía). De esta manera ahora incineran todo el bagazo obtenido en plantas de cogeneración de alta eficiencia y exporta una cantidad importante del excedente de energía al sistema eléctrico.

La incineración del bagazo, junto con la recolección del desperdicio de caña que normalmente es quemado antes de la cosecha, podría proveer combustible de la bioenergía hasta un total de 50 GW de la capacidad de generación a nivel mundial.

2. B.V DESECHOS DE CEREALES.

Los pequeños cultivos de cereal producen alrededor de 2.5 a 5 toneladas de desecho, dependiendo del tipo, variedad y época de cultivo. Cuando se trata del maíz y el sorgo, pueden ser obtenidas en mayores cantidades. Estos residuos del cereal varían del 10 al 40% de humedad. En términos comparativos, una tonelada de desechos de cereal puede producir la misma cantidad de energía que el equivalente a aproximadamente 0.5 toneladas de carbón ó 0.3 toneladas de petróleo.

Dinamarca cuenta con miles de instalaciones que utilizan la quema de estos residuos para brindar servicios de calefacción en zonas públicas, procesos industriales y calefacción de hogares. Respecto a las aplicaciones usadas en las mismas granjas, estas se orientan al secado de granos o a la calefacción de establos o lugares donde se encuentran los animales, además de proveer calentamiento de agua.

2. B.VI DESECHOS ANIMALES.

El estiércol de cerdo y el de otro tipo de ganado junto con los desechos avícolas son fuentes útiles de bioenergía, pues estos animales a menudo son criados en áreas confinadas, las cuales producen una considerable concentración de materia orgánica, anteriormente estos desechos animales eran recuperados y vendidos como fertilizantes o simplemente esparcidos sobre la tierra de cultivo.

Sin embargo, los controles ambientales más rigurosos referentes a la contaminación del agua han obligado a un mejor manejo de los desechos. Esta situación proporciona incentivos para considerar la fermentación anaeróbica de los materiales, sin embargo el volumen de suministro anual, las variaciones de temporada y las características específicas del recurso deben ser ponderadas cuidadosamente antes de desarrollar una planta.

2. B.VII DESECHOS MUNICIPALES.

Los desechos orgánicos sólidos originados en áreas urbanas representan una fuente considerable de energía. Los desechos sólidos municipales y su manejo en los Estados Unidos de América representan un buen ejemplo. De las 208 millones de toneladas recolectadas en 1995, aproximadamente solo el 14% fueron no combustibles o no fermentables. El tratamiento de estos desechos en la Unión Americana y en otras partes se efectúa por recuperación, combustión o relleno sanitario, pero solo una pequeña parte es procesada mediante plantas incineradoras de desechos municipales.

El gas producido del manejo de la basura en los rellenos sanitarios consiste principalmente de metano y CO₂, el cual es el resultado del decaimiento de los desechos orgánicos. El metano tiene potencial como combustible, ya sea para generar electricidad, o como combustible para el transporte. Su recolección y uso además elimina la liberación en la atmósfera de un potente gas de efecto invernadero.

Se estima que para el año 2020, el mercado mundial de este tipo de proyecto será el equivalente a unos 5,500 MW (Mega Watts), con lo cual se generarían alrededor de 22,000 fuentes de empleo directo, de los cuales cerca de unos 10,000 estarían en la actual Unión Europea.

En términos monetarios, el valor de este mercado se estima de 1,000 a 2,000 millones de euros al año, de los cuales de 500 a 900 millones serían invertidos en Europa.

Una forma de fermentación anaeróbica similar al gas generado en los rellenos sanitarios, pero producida bajo condiciones más controladas involucra la descomposición de los desechos orgánicos por una bacteria en un ambiente libre de oxígeno. Esta produce un gas rico en contenido de metano y que puede ser usado para generar calor y/o electricidad.

El biogás resultante puede ser utilizado directamente en una caldera de gas modificada, o bien usado para hacer funcionar motores de combustión interna. El proceso usa además un digestor el cual puede ser separado en componentes líquidos y sólidos. El elemento líquido puede ser usado como un acondicionador del suelo para producir un compuesto de mayor contenido orgánico.

El costo en la generación de electricidad a través de los desechos sólidos municipales y otras fuentes de biomasa es aceptable cuando se compara con el de la energía eólica; y es mucho menor que el de las aplicaciones solares.

2. B.VIII IMPACTO AMBIENTAL.

El mayor beneficio ambiental derivado del uso de la bioenergía para desplazar a los combustibles fósiles es la reducción en las emisiones de gases de invernadero.

Otros beneficios ambientales incluyen la reducción de las emisiones locales, un mejor aprovechamiento de los recursos limitados, mejorar la biodiversidad, y la protección del hábitat natural de los países.



Planta de biogás.
FIGURA 2.4

A pesar de estas ventajas, bajo ciertas circunstancias, el uso de estos combustibles puede tener impactos ambientales negativos, como por ejemplo: la emisión de productos aldehídos como es el bioetanol, además algunas cuestiones todavía deben ser resueltas mediante el análisis detallado de ciclos de vida que demuestre si los balances energéticos son positivos para ciertos proyectos.

La recolección y transporte de la biomasa resulta con frecuencia en el incremento del uso de vehículos, y en consecuencia, en mayores emisiones de gases en la atmósfera junto con un mayor uso y desgaste del sistema carretero. La reducción de las distancias entre los centros de producción de la biomasa y las plantas de conversión minimizaría los impactos negativos del transporte.

Un desafío mayor consiste en administrar en forma sustentable el recurso de la biomasa, de tal forma que se pueda garantizar a futuro el suministro de bioenergía y biomateriales con un mínimo de suministro de agua, agroquímicos, fertilizantes o combustibles fósiles.

2. B.IX BENEFICIOS SOCIALES.

A pesar de que los beneficios ambientales de las energías renovables, incluyendo a la bioenergía, son ampliamente aceptados, los beneficios socioeconómicos no están muy bien entendidos. Los beneficios sociales de las modernas aplicaciones de la biomasa están relacionados con el mejoramiento en la calidad de vida; disminución en la emisión de contaminantes nocivos para la salud humana; oportunidades locales de empleo; satisfacción por el dominio de la comunidad y cohesión social.

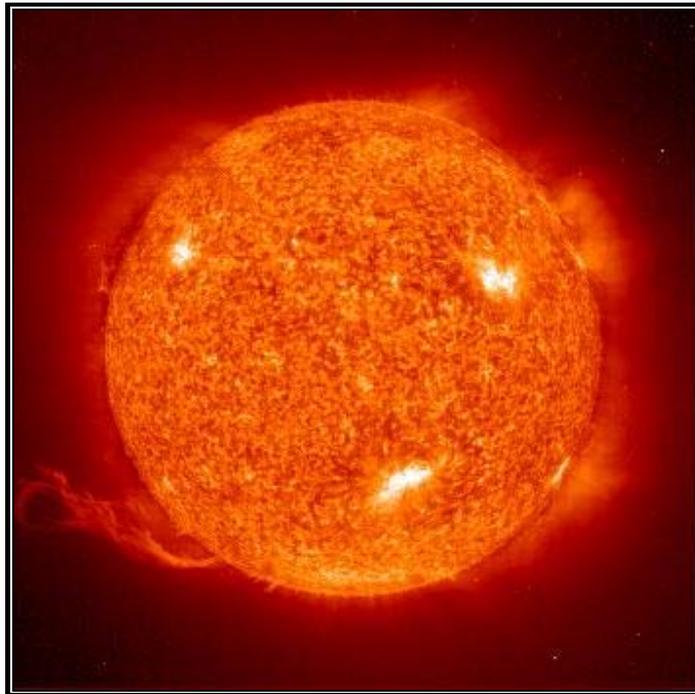
En general, los sistemas de energía renovables requieren de más fuerza de trabajo que los sistemas a base de combustibles fósiles y en una mayor proporción se requiere mano de obra más especializada.

Operar, mantener en funcionamiento y proveer el combustible en una planta bioenergética, a menudo genera oportunidades de empleo, principalmente en áreas rurales. Las fuentes de empleos generadas en proyectos bioenergéticos difieren de los generados en proyectos eólicos, hidráulicos y solares en que las actividades principales se desarrollan durante la manufactura de las plantas, su instalación y mantenimiento.

Proporcionar el suministro del combustible de la biomasa y su transporte a la planta de conversión es un componente esencial adicional de la bioenergía.

2. C. ENERGÍA SOLAR.

La radiación solar que se recibe en la superficie terrestre puede convertirse en calor, electricidad o energía mecánica mediante muy diversas tecnologías.



Energía solar.
FIGURA 2.5

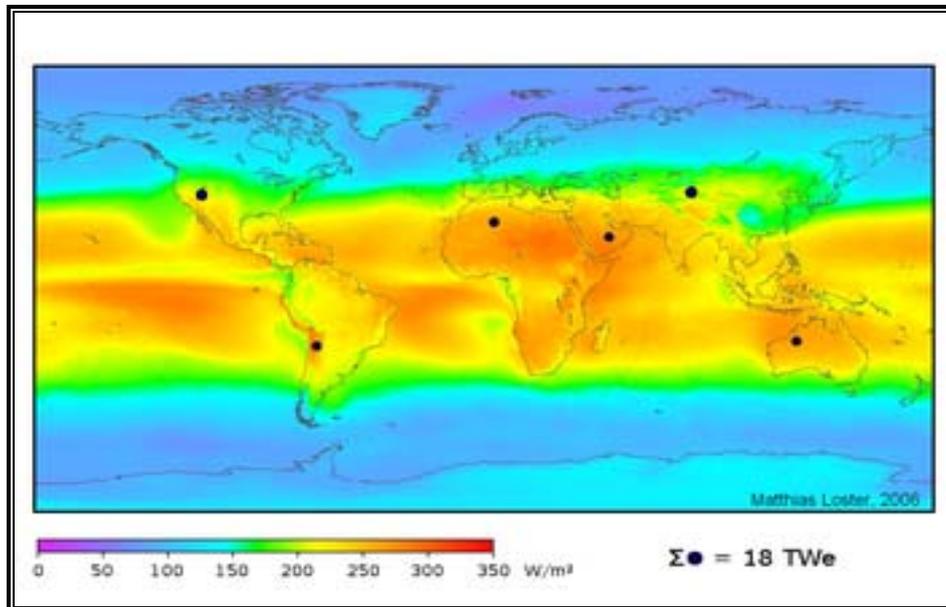
2. C.I POTENCIAL MUNDIAL.

La energía solar es un recurso intermitente, astronómica y climatológicamente, su intensidad varía en el transcurso del día debido a la rotación de la tierra sobre su eje en 24 horas y también a lo largo del año debido a la traslación de la tierra alrededor del sol en 365 días.

La intermitencia climatológica se debe sobre todo a la nubosidad, lo que impide la captación de la luz solar directa.

La energía solar que se recibe en un día en un cuadrado de 28 kilómetros de longitud por lado situado en el desierto de Sonora, y cubierto de celdas solares fotovoltaicas de un 10% de eficiencia, satisfaría la demanda promedio diario actual de energía eléctrica de todo México.

Pero no en todo el planeta llega la radiación solar con la misma intensidad, si dividimos al planeta en seis zonas de insolación, casi todo México se encuentra en la segunda zona de mayor insolación.



Distribución global del potencial de conversión térmico solar.
FIGURA 2.6

La energía solar, puede utilizarse mediante diversas tecnologías para secado de productos agrícolas, refrigeración de productos perecederos, desalinización de agua y calentamiento de fluidos (agua, aceites, aire, etc.). Según su uso a éstos se les clasifica en sistemas activos o sistemas pasivos.

Los sistemas pasivos son los que no necesitan partes mecánicas móviles para su funcionamiento, y se utilizan principalmente en la climatización de edificaciones y viviendas.

Los sistemas activos son los que requieren de artefactos o mecanismos captadores donde se aprovecha la radiación solar para calentar un fluido de trabajo.

Dependiendo de la temperatura a la que se necesite calentar el fluido, los sistemas fototérmicos activos pueden concentrar o no la radiación solar. Los sistemas de generación eléctrica solares pueden usar la parte térmica, la parte luminosa o ambas para producir electricidad dependiendo de la tecnología.

Los sistemas que utilizan exclusivamente la térmica lo hacen a través de concentración óptica de la radiación solar en un punto o en una línea.

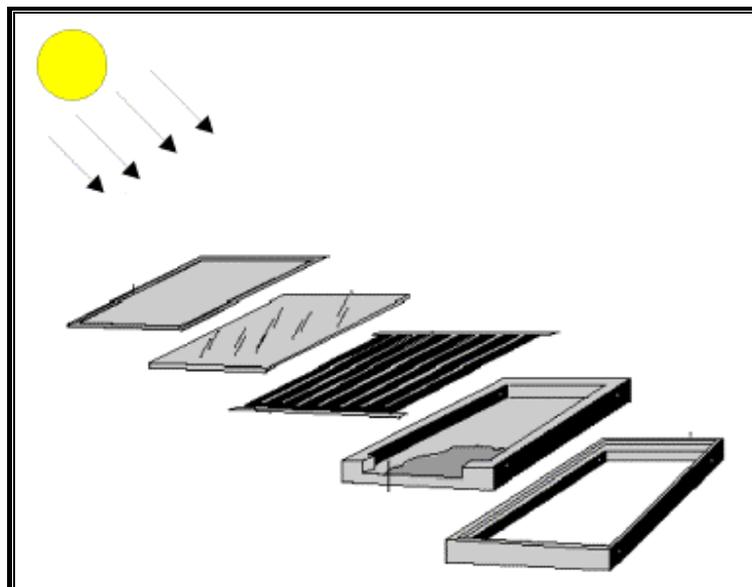
Los sistemas que aprovechan exclusivamente la energía luminosa son los que utilizan celdas fotovoltaicas para convertir la luz directamente en energía eléctrica.

2. C.II COLECTOR SOLAR PLANO.

El dispositivo fototérmico posiblemente más empleado en el mundo para calentamiento de fluidos se le denomina colector solar plano o simplemente colector solar. Se trata de una tecnología madura, en etapa de comercialización masiva, que se utiliza para el aprovechamiento de calor a temperaturas menores a 100 °C.

Un colector solar plano es un intercambiador de calor por radiación, que consiste en una superficie plana metálica, o absorbedor, fabricado usualmente de cobre, cuya superficie expuesta al sol es oscurecida con pintura negra o un recubrimiento selectivo para aumentar su absorción de radiación térmica solar directa y difusa, también consta de un arreglo de tubos soldados al absorbedor.

La configuración más frecuente de absorbedor se caracteriza por dos tubos distribuidores, uno para el agua fría de entrada y otro para el agua caliente de salida; estos tubos se unen entre sí por tubos transversales de menor diámetro provistos de “aletas” que consiste en una lámina de cobre, preferentemente soldada a lo largo de cada uno, y cuyo objetivo es aumentar la superficie expuesta a la radiación. Este conjunto se coloca en una caja con material aislante por debajo del absorbedor y uno o dos vidrios planos por delante del mismo.



Colector solar plano.
FIGURA 2.7

La radiación solar capturada provoca que la superficie plana del absorbedor (aletas) se caliente y transmita calor por conducción a los tubos soldados a la misma.

Por el interior de los tubos circula agua cuya temperatura se incrementa al entrar en contacto con ellos, la cubierta de vidrio reduce las pérdidas de calor por convección del absorbedor, y al mismo tiempo permite el paso de prácticamente toda la radiación solar que incide en el colector, creando un efecto invernadero con el absorbedor.

El colector solar plano se acopla a un recipiente aislado térmicamente para el almacenamiento de agua caliente, al que se le llama comúnmente “termotanque”, para formar un calentador solar de agua.

Cuando la diferencia entre la altura de la parte superior del colector y la parte inferior del termotanque es la adecuada, (entre 30 y 50 centímetros), y además se cuenta con una instalación hidráulica que mantenga llenos ambos dispositivos, se puede establecer una circulación del agua por convección natural entre el colector y el termotanque, lo que se conoce como “efecto termosifónico”.

El agua calentada por el sol, al ser más ligera que el agua fría, sube del colector y se almacena en la parte superior del termotanque. Simultáneamente, el agua fría del termotanque se desplaza hacia la parte inferior del colector para calentarse a su vez, es decir, se establece un ciclo convectivo, en el cual el agua vuelve a circular sin necesidad de bombeo mecánico en localidades donde no se presentan temperaturas debajo de cero grados Celsius.



Calentador solar.
FIGURA 2.8

Un calentador solar doméstico con un colector solar plano de 2 m², instalado correctamente puede proporcionar en un día alrededor de 150 litros de agua a 45 °C.

2.C.III SISTEMAS FOTOTÉRMICOS DE CONCENTRACIÓN.

Estos sistemas se obtienen cuando la radiación solar directa se refleja y se concentra en un punto, una línea o un plano, el aumento de energía en el área focal es directamente proporcional a la concentración, y la temperatura puede aumentar desde cientos de grados Celsius hasta miles en casos especiales.

La aplicación más extensa de sistemas de concentración solar se da en la producción de electricidad fototérmica mediante plantas solares termoeléctricas donde la radiación absorbida calienta un fluido térmico (aceite o sal fundida).

Este calor puede ser subsecuentemente utilizado para impulsar motores tipo Stirling o turbinas de vapor que a su vez impulsan a generadores de electricidad por inducción.



Central térmica solar.
FIGURA 2.9

Hasta la fecha se han desarrollado tres tecnologías diferentes de generación solar fototérmica: las plantas de concentración mediante canal parabólico, donde las superficies reflectoras en forma de parábola enfocan la radiación en una línea donde se encuentra un tubo absorbedor que lleva en su interior un aceite térmico.

El aceite térmico puede llegar a calentarse desde 350 hasta 400 °C, luego en un intercambiador de calor se produce vapor a alta presión el cual alimenta a una turbina de vapor convencional.

Actualmente en California, Estados Unidos de América se encuentra en funcionamiento nueve plantas con una capacidad instalada conjunta de 354 MW desde hace más de 10 años.

La tecnología solar de torre central consiste de un gran arreglo de espejos móviles que siguen el movimiento del sol y enfocan su radiación en un receptor instalado en lo alto de una torre, donde el fluido de transporte de calor (agua, sal o aire); es calentado entre 500 y 1,000 °C. Debido a las altas temperaturas esta energía puede ser acoplada directamente a una turbina de gas o a una planta de ciclo combinado. Se han propuesto plantas de 200 MW de capacidad y construido plantas piloto de 80 MW.



Torre central solar.
FIGURA 2.10

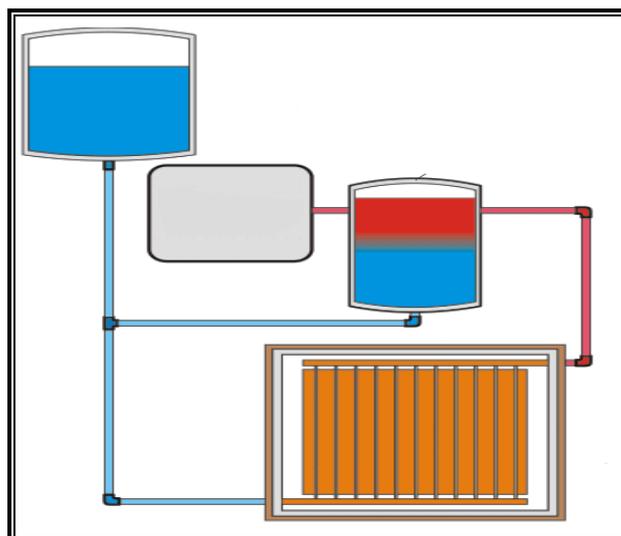
Finalmente, la tecnología de plato parabólico utiliza espejos parabólicos y tienen un mecanismo de seguimiento solar. Estos dispositivos concentran la radiación solar en el foco donde se encuentra un absorbedor con un fluido térmico el cual se calienta y puede llegar a temperaturas en el rango de 600 a 1,200 °C. Estos sistemas son usualmente pequeños (10 KW de capacidad nominal), por lo tanto son convenientes para aplicaciones descentralizadas.

Se han desarrollado sistemas de almacenamiento mediante el uso de aceites térmicos y sales fundidas que pueden llegar a almacenar calor durante días, brindándole la confiabilidad necesaria al sistema de generación eléctrica para que funcione sin una planta de respaldo convencional.

Cuando sea necesario, también puede actuar como una planta de respaldo que funcione con biocombustibles, esto permitiría el funcionamiento de grandes centrales eléctricas (más de 100 MW) que únicamente utilicen energías renovables. Estas plantas también pueden operar para generar electricidad y mediante el aprovechamiento del calor de desecho, por ejemplo; para la desalinización de agua, o para uso industrial de calor de alta temperatura, con estos sistemas de cogeneración, la eficiencia solar puede llegar a hacer del 85%.

2. C.IV APLICACIONES Y BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS FOTOTÉRMICOS.

Los colectores solares planos se utilizan para el calentamiento de agua en el sector doméstico recreativo, calentando agua para albercas; precalentamiento de agua en el sector industrial y en servicios como hospitales, hoteles y balnearios, también se usan para calentar otros fluidos como aceites térmicos, aire y gases de alto peso molecular, asimismo para el secado de madera y otros productos agroforestales, acondicionamiento de aire, calefacción ambiental y refrigeración.



Generación de agua caliente con una instalación de circuito cerrado.

FIGURA 2.11

Los calentadores y las plantas termoeléctricas solares son ambientalmente benignos siempre y cuando se utilicen materiales amigables con el medio ambiente para la transferencia de calor.

En regiones muy soleadas las plantas tipo torre central y las de canal parabólico son las que mejor costo y beneficio han mostrado con respecto a otras formas de generación solar de electricidad.

2. C.V SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

Los sistemas fotovoltaicos (SFV) convierten directamente la radiación solar visible en electricidad. Al dispositivo unitario donde se lleva a cabo el efecto fotovoltaico se la llama celda solar, o celda fotovoltaica.



Celdas solares o fotoceldas.
FIGURA 2.12

El material semiconductor más utilizado para la construcción de fotoceldas es el silicio, produciendo densidades de corriente de entre 10 y 40 miliamperes (mA), a voltajes entre 0.5 y 1 volt de corriente directa (CD). Al unirse varias celdas en serie o paralelo, se forman los llamados módulos fotovoltaicos, los cuales se comercializan por su potencia pico de 2 a 100 Watts pico (Watts generados bajo una insolación de $1,000 \text{ W/m}^2$, a una temperatura ambiente de $20 \text{ }^\circ\text{C}$). Para satisfacer los requerimientos de una carga específica, los módulos se interconectan en serie y/o paralelo para formar un arreglo fotovoltaico.

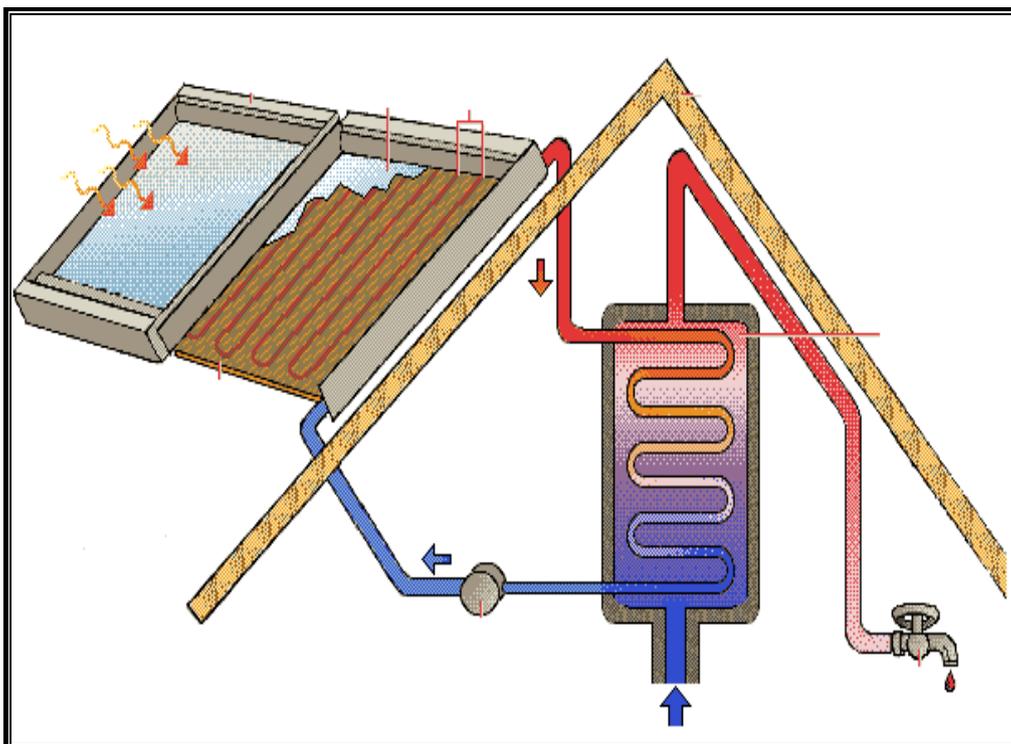
Un sistema fotovoltaico es un generador de electricidad que satisface cualquier patrón de consumo requerido para una carga específica, en función del patrón de insolación disponible en un lugar en particular.

Su complejidad depende de las características de la carga, según la forma de electricidad entregada los sistemas fotovoltaicos se dividen en sistemas de corriente alterna (CA) o de corriente directa (CD).

2. C.VI APLICACIONES.

Usualmente, las aplicaciones en que los SFV solían representar la mejor opción técnico-económica eran para satisfacer los requerimientos energéticos en lugares remotos: iluminación doméstica, bombeo de agua, alumbrado público, TV rural, esterilización de agua para uso doméstico, equipos de telemetría, radiotelefonía rural, señalización y telecomunicación en carreteras, estaciones repetidoras, refrigeración de vacunas y medicinas, boyas y plataformas marinas, campismo, protección catódica y equipos electrónicos de baja potencia, entre otros.

Sin embargo, actualmente, estos sistemas se han vuelto una opción viable en las ciudades para alumbrado en parques públicos, suministro de energía a teléfonos de emergencia, fachadas de edificios, celdas en forma de tejas para casas, y plantas de generación de electricidad distribuida (centrales conectadas a la red) para horas pico diurnas.



Esquema de un sistema fototérmico.
FIGURA 2.13

Esto ha sido posible gracias a que la tecnología de celdas fotovoltaicas ha evolucionado reduciendo sus costos por Watt instalado, éstos han disminuido de 210 dólares a principios de los años 80's del siglo XX hasta 6 dólares actualmente, y la tendencia sigue hacia una mayor disminución en un futuro cercano.

Mundialmente, a partir de 1998 se han producido e instalado alrededor de 3,000 MW fotovoltaicos, a una tasa promedio de crecimiento anual de 23%. En el año 2003 se produjeron 744.1 MW aumentando la producción del año anterior en 32.4%.

2. D. ENERGÍA EÓLICA.

El calentamiento no uniforme de la atmósfera y de la superficie terrestre debido a la radiación solar, resulta en una distribución desigual de presión en la atmósfera, lo que genera el movimiento de masas de aire, es decir el viento.

Debido a la dependencia de la radiación solar y a las diferencias de presión a lo largo de todo el planeta, el viento es intermitente y tiene dos patrones principales: el estacional y el diario.

El patrón estacional describe la intensidad del viento a lo largo del año, mostrando los meses de menor, media o máxima intensidad.

Los patrones diarios de viento, típicos de cada estación, nos muestra los posibles periodos horarios de déficit o exceso de generación de acuerdo al patrón de demanda eléctrica estacional o diaria respectivamente.

2. D.I POTENCIA MUNDIAL.

Para poder aprovechar la energía del viento es necesario que su intensidad tenga pocas variaciones y sea la adecuada para la generación. Se considera que solo los vientos con velocidades entre 18 y 45 kilómetros por hora (k/h) son aprovechables.

De acuerdo con el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) la implantación de la generación eolieléctrica en el mundo se ha mantenido en crecimiento desde 1980, y a fines de 1998, ya existían 8,441 MW eolieléctricos conectados a sistemas eléctricos convencionales, destacándose el liderazgo de Alemania, Estados Unidos, Dinamarca, India y España, en donde se encuentra desarrollado el casi 82% de esta capacidad eolieléctrica.

El potencial de aplicación de esta nueva fuente renovable de energía es alto como lo confirma que en Europa se han realizado varios estudios que coinciden en que mediante la generación eolieléctrica sería posible suministrar de 10 a 20% de su consumo de energía eléctrica.

2. D.II CENTRALES EOLOELÉCTRICAS.

Cuando el viento hace girar grandes aspas conectadas mediante un eje a un generador de electricidad, la energía cinética producida se convierte en energía eléctrica, a este dispositivo se le llama aerogenerador y normalmente va montado sobre una torre.

Los aerogeneradores se clasifican, según la posición del eje de las aspas, en verticales u horizontales y aprovechan la velocidad de los vientos comprendidos entre 5 y 20 metros por segundo. Por debajo de ese rango el aerogenerador no funciona y si la velocidad excede el límite superior, el aerogenerador debe pararse para evitar daños a los equipos.

En la mayoría de los países del mundo los aerogeneradores pueden operar sólo un 30% del tiempo, sin embargo, en la región de la Ventosa, México este porcentaje, que define el factor de planta, está entre el 50 y 60%, una central eólica se constituye de varios aerogeneradores interconectados en un mismo sitio.



Parque eólico.
FIGURA 2.14

2. D.III IMPACTO AMBIENTAL.

El empleo de la energía eólica ofrece varias ventajas ambientales que a continuación se mencionan:

Un importante potencial de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, precursores de lluvia y de ozona.

La Comisión Europea estima, por ejemplo, que la operación de 10,000 MW de origen eólico evitaría la emisión de 20 millones de toneladas de CO₂ por año, lo que a su vez representaría un ahorro de 3,500 millones de dólares por la no quema de combustibles fósiles.

La emisión de ruido acústico puede llegar a ser un inconveniente cuando los sistemas eoloeléctricos se instalan cerca de lugares habitados. Esto ha llegado a representar una limitante en países que tienen poca extensión territorial.

Sin embargo para no ocasionar esta molestia de ruido, algunos países han emitido normas ambientales que limitan su cercanía a lugares habitados.

Un impacto que se le atribuye a los sistemas eoloeléctricos es el que tiene sobre las aves al chocar contra los rotores y las estructuras de los aerogeneradores, al igual que sobre el hábitat y las costumbres de las aves.

2. D.IV IMPACTO SOCIAL.

El empleo de la energía eólica es una actividad que tiene un importante potencial para la creación de nuevas fuentes de empleo, sobre todo en la empresa mediana y pequeña. Para finales de 1996, la Asociación Europea de Energía Eólica estimó que en Europa ya existían más de 20,000 personas trabajando en la industria eoloeléctrica.

En cuanto a la fabricación e instalación de aerogeneradores, el indicador para creación de fuentes de empleo es de seis personas por año, por nuevo MW, para la operación y mantenimiento se habla de un potencial de generación de empleo de 100 a 450 personas por año por cada TWH generado.

Conjuntamente con este impacto en términos de creación de empleos, la disponibilidad del recurso eólico abre la posibilidad de establecer una industria eólica con importantes beneficios económicos y ambientales, que puede ser el catalizador de un desarrollo regional o local.

2. E. ENERGÍA HIDRÁULICA.

La forma más común de hidroelectricidad consiste en el aprovechamiento de la energía potencial al embalsar un río, debido a la diferencia de alturas se tiene agua a alta presión que es conducida hacia una turbina hidráulica desarrollando en la misma un movimiento giratorio que acciona un alternador donde se genera una corriente eléctrica.

Todas las plantas hidroeléctricas utilizan el agua pluvial como recurso renovable, sin embargo la construcción de grandes plantas hidroeléctricas, las que tienen una cortina de más de 15 m de altura, por lo general generan serios impactos ambientales debido a la gran superficie que ocupa el embalse y a la necesidad de reubicar a la población desplazada.

Debido a estos inconvenientes ambientales y a los altos costos que implica el mitigar esos impactos la generación con grandes centrales hidroeléctricas es una opción a la que cada vez se recurre menos.

En cambio, las pequeñas centrales hidroeléctricas, debido a su menor tamaño, generan menos impactos ambientales y dado sus beneficios sociales que incluye la prevención de inundaciones, la disponibilidad de agua para riego y uso doméstico, usualmente tiene una mejor aceptación social.

Según su capacidad instalada la generación a pequeña escala se divide en pequeñas centrales hidroeléctricas (mayores a 5 MW y menores a 30 MW), mini hidroeléctricas (entre 1 y 5 MW) y micro hidroeléctricas (menores a 1 MW).

2. E.I POTENCIAL MUNDIAL.

El potencial mini hidráulico mundial estimado es de 1,030 TWh, lo que equivale a 7 veces la producción de CFE en el año 1995, donde América Latina participa con el 17% y México con 11.38 TWh, equivalentes al 1.1% del potencial mundial y la tercera parte de lo que actualmente se genera con las centrales hidroeléctricas de gran tamaño.

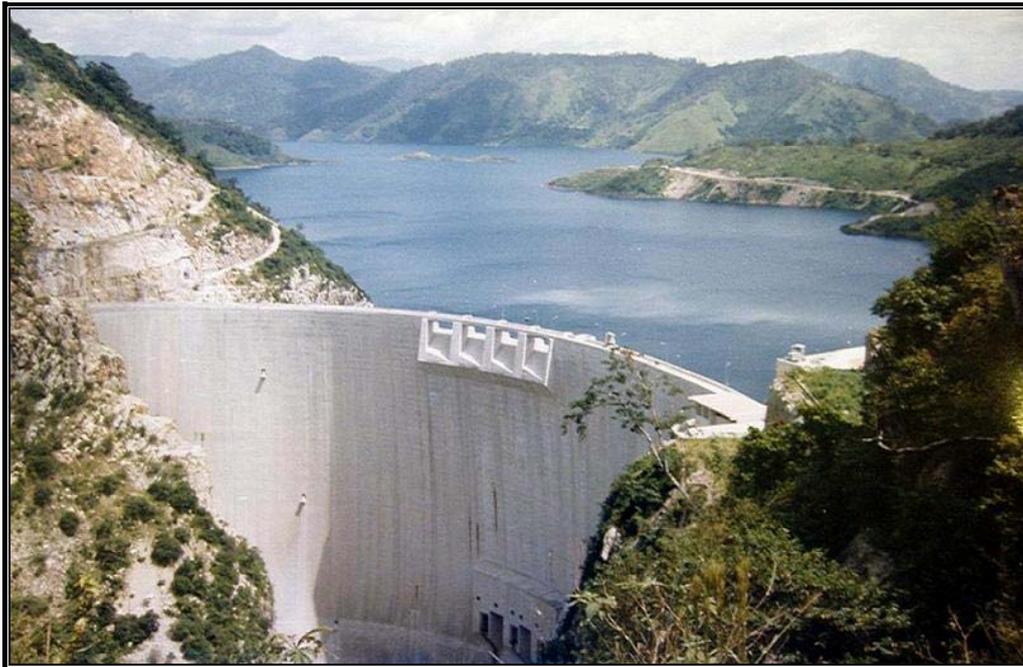
2. E.II TECNOLOGÍAS.

La forma más utilizada para la producción de energía hidráulica es mediante centrales hidroeléctricas, las cuales independientemente de su tamaño, utilizan un sistema de almacenamiento de agua el cual se forma al obstruir el paso de una corriente superficial de fluido mediante una cortina, produciéndose un desnivel entre el techo del río y la superficie del agua embalsada. La energía potencial del agua almacenada, se libera cuando es conducida a través de un sistema de ductos y se le da salida al lecho bajo el río a través de una turbina hidráulica colocada cerca del fondo de la presa donde el desnivel o tirante de la presa es máximo.

El agua a presión, al pasar por la turbina la hace girar, ésta fuerza mecánica a su vez mueve a un generador, debido a que comparte el mismo eje de rotación con la turbina, es así como la energía potencial de la columna de agua se convierte en energía eléctrica.

Las centrales hidroeléctricas además de la altura de su cortina, se dividen según su desnivel, también llamado salto hidráulico, en centrales de alta, media y baja presión.

La hidroelectricidad ha contribuido grandemente al perfeccionamiento de las turbinas hidráulicas debido a la búsqueda de mayor eficiencia de conversión de energía, logrando actualmente eficiencias cercanas al 95%.



Energía hidráulica.
FIGURA 2.15

2. E.III APLICACIONES Y VENTAJAS.

Desde el punto de vista ambiental la generación hidroeléctrica es una de las más limpias, aunque esto no quiere decir que sea totalmente inofensiva.

Entre las ventajas que ofrece este tipo de plantas se encuentran unas mínimas necesidades de mantenimiento y que constituye una opción variable para sectores aislados, su costo de generación es bajo.

2. F. GEOTERMIA.

El interior de la tierra está constituido por magma y materia incandescente, a una profundidad aproximadamente 6,370 km, se tiene un promedio de temperatura cercano a los 4,500 °C.

Dado que la temperatura de la superficie es mucho menor, este calor tiende a salir hacia la superficie en forma natural sin embargo, el calor se sigue produciendo al interior de la tierra por reacciones nucleares.

Las erupciones volcánicas, geiseres, lagunas calientes, volcanes de lodo o manantiales de aguas termales son pruebas de este flujo de calor. En el interior de grutas o minas se percibe claramente un aumento de temperatura respecto a la temperatura en la superficie.



Energía geotérmica.
FIGURA 2.16

2. F.I POTENCIAL MUNDIAL.

La capacidad total instalada en el mundo para los usos directos de la geotermia es de alrededor de 16,000 MW, dentro de los cuales destacan las bombas de calor.

Los datos reportan que el uso de la energía geotérmica actualmente es del orden de 112.4 terajoules por año que representa el 0.4% de la oferta mundial de energía primaria.

2. F.II TECNOLOGÍA.

Una vez localizado un reservorio geotérmico, que es un depósito de fluido a temperaturas mayores a 200 °C y a una profundidad no mayor a 3.5 km, es necesario perforar uno o varios pozos para poder extraer el fluido (vapor o mezcla de agua-vapor). Una vez en la superficie, este fluido se separa en vapor y salmuera (agua con minerales), el vapor a alta presión se conduce hacia una turbina haciéndola girar y ésta a su vez hace girar a un generador de electricidad, donde se observa que tanto la salmuera como el vapor condensado, son reinyectados al subsuelo.

2. F.III APLICACIONES A NIVEL MUNDIAL.

Además de la producción de electricidad, la energía geotérmica tiene otros usos directos, donde se tiene un aprovechamiento máximo de la energía térmica contenida en los fluidos de desecho de una central geotermoeléctrica o simplemente en aprovechar campos geotérmicos de temperatura media (menor a 200 °C).

2. G. NUEVAS ENERGÍAS RENOVABLES.

Además de las tecnologías para utilizar las fuentes de energías renovables ya descritas, existen otras tecnologías en etapa de desarrollo para otras fuentes renovables de energía. A continuación se mencionarán algunas de las más estudiadas.

2. G.I ENERGÍA OCEÁNICA.

La energía del océano se manifiesta al menos de dos maneras: como energía mecánica y energía térmica.

La energía mecánica se representa en forma de mareas y olas, la energía de las olas es función directa de la cantidad de agua desplazada del nivel medio del mar que a su vez depende de la velocidad del viento y el tiempo que está en contacto con él. El potencial total estimado de las olas que rompe en las costas del mundo es del orden de 2,000 a 3,000 GW.

Las mareas se forman de la atracción gravitacional del sol y la luna, y de la rotación de la tierra. La energía de las mareas se deriva de la energía cinética del agua moviéndose de una localización más alta a una más baja. Al agua de las mareas se le suele embalsar y para convertirla en electricidad se le deja salir a través de turbinas que activan a un generador eléctrico, actualmente, la planta mareomotriz de mayor capacidad se encuentra en la Rance al norte de Francia, la cual tiene 240 MW instalados.

En México existe un potencial mareomotriz todavía sin evaluar, se encuentra en el norte del golfo de Baja California, entre las costas y la isla de San Lorenzo, se forma un canal marítimo con fuerte corriente en una sola dirección llamado "Salsipuedes", donde tal vez se pudieran instalar turbinas tipo Davis para generar electricidad.

La energía oceánica térmica, debido a que los océanos cubren más de un 70% de la superficie terrestre, los hace los colectores solares más grandes del mundo. La conversión de la energía térmica oceánica utiliza la diferencia de temperaturas que existe en los mares tropicales y subtropicales entre el agua tibia de la superficie y el agua fría de las profundidades, a 1,000 m de profundidad la diferencia de temperatura es de 20 °C mínimo.

La tecnología oceánica térmica se encuentra en un estado de desarrollo incipiente, sin embargo permanece como una opción prometedora a largo plazo, México posee aguas de las características mencionadas en las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

2. G.II ENERGÍA DEL HIDRÓGENO.

El hidrógeno es el elemento químico gaseoso más abundante en el Universo, al quemarse sólo produce energía y agua por lo que es el combustible más limpio que existe, sin embargo, no se utiliza como tal, por el contrario tiene multiplicidad de usos no energéticos en la industria y se emplea de esta manera en grandes cantidades. El uso no energético de hidrógeno que se consume actualmente es alrededor de la quinta parte del consumo actual de gas natural mundial y se le obtiene a partir de la reformación de hidrocarburos fósiles.

El hidrógeno es un portador de energía ya que puede producirse fácilmente a partir de la disociación del agua en electrolizadores y puede servir para almacenar energía, es fácilmente transportable y si es producido con fuentes renovables de energía tiene el potencial de formar un sistema energético prácticamente sin emisiones contaminantes.

La disociación del agua puede llevarse a cabo en electrolizadores alimentados con celdas solares fotovoltaicas, generadores eólicos, pequeñas hidroeléctricas, geotérmicas, etc.

El hidrógeno también puede ser producido a partir de la gasificación de la biomasa, donde podría almacenarse el 75% de su contenido energético en forma de hidrógeno.

Otra forma novedosa de producción (el de bio-hidrógeno) en plena etapa de investigación se presenta a través de algas o bacterias que lo sintetizan al digerir residuos orgánicos, preferentemente agrícolas.

El hidrógeno puede ser utilizado para generar electricidad directamente mediante la tecnología de celdas de combustible, donde paradójicamente el hidrógeno no se quema sino que se reduce químicamente en presencia de oxígeno produciendo una corriente eléctrica y agua. La obtención y perfeccionamiento de tecnologías del hidrógeno ha recibido gran atención en los últimos tiempos y se le están dedicando a nivel mundial gran cantidad de recursos tanto a la investigación como a su desarrollo.



Celda de combustible a hidrógeno y aplicación de celda a hidrógeno.
FIGURA 2.17

ENERGÍA EÓLICA



CAPÍTULO 3

3.A. ANTECEDENTES.

Molino es una máquina que transforma el viento en energía aprovechable, si se usa para producir electricidad se le denomina generador de turbina de viento. Los molinos movidos por el viento tienen un origen remoto. En el siglo VII d.C. ya se utilizaban molinos elementales en Persia (hoy, Irán) para el riego y moler el grano.

En estos primeros molinos la rueda que sujetaba las aspas era horizontal y estaba soportada sobre un eje vertical. Estas máquinas no resultaban demasiado eficaces, pero aún así se extendieron por China y el Oriente.

En Europa los primeros molinos aparecieron en el siglo XII específicamente en Francia e Inglaterra. Estos eran unas estructuras de madera, conocidas como torres de molino, que se hacían girar a mano alrededor de un poste central para levantar sus aspas al viento.

El molino de torre se desarrolló en Francia a lo largo del siglo XIV, consistía en una torre de piedra coronada por una estructura rotativa de madera que soportaba el eje del molino y la maquinaria superior del mismo.

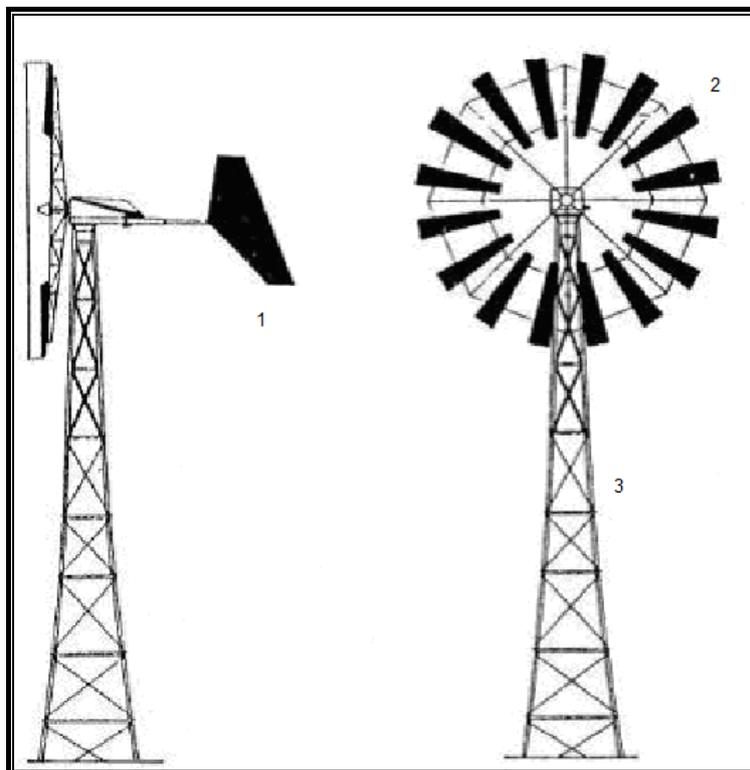


Molino torre de piedra.
FIGURA. 3.1

Estos primeros ejemplares tenían una serie de características comunes, la parte superior del molino sobresalía sobre un eje horizontal, de este eje partían de cuatro a ocho aspas, con una longitud entre 3 y 9 metros, las vigas de madera se cubrían con telas o planchas de madera. La energía generada por el giro del eje se transmitía a través de un sistema de engranes, a la maquinaria del molino emplazada en la base de la estructura.

Además de emplearse para el riego y moler el grano, los molinos construidos entre los siglos XV y XIX tenían otras aplicaciones, como el bombeo de agua en tierras bajo el nivel del mar, aserradores de madera, fábricas de papel, prensado de semillas para producir aceite, así como para triturar todo tipo de materiales.

En el siglo XIX se llegaron a construir unos 9,000 molinos en Holanda.



1. Veleta de Orientación.
2. Rotor Tipo Multipalas.
3. Estructura Metálica.

Primera turbina de viento.
FIGURA. 3.2

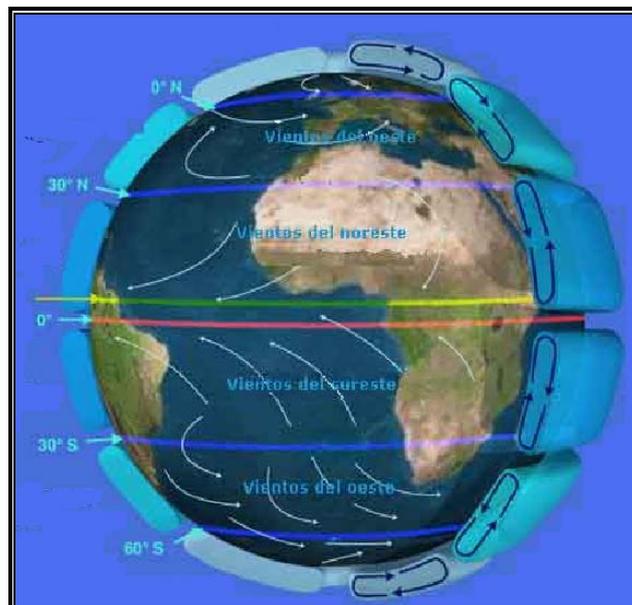
El avance más importante fue la introducción del abanico de aspas, inventado en 1745, que giraba impulsado por el viento. En 1772, se introdujo el aspa con resortes, este tipo de aspa consistía en unas cerraduras de madera que se controlan de forma manual o automática, a fin de mantener una velocidad de giro constante en caso de vientos variables. Otros avances importantes han sido los frenos hidráulicos para detener el movimiento de las aspas y la utilización de aspas aerodinámicas en forma de hélice, que incrementan el rendimiento de los molinos con vientos débiles.

El viento ha sido utilizado por centenares de años para la navegación y para accionar molinos de viento, pero no fue hasta fines del siglo XIX que se construyó la primera turbina eólica para la producción de energía eléctrica, esta fue construida por Charles Brush, el uso de las turbinas de viento para generar electricidad comenzó en Dinamarca a fines del siglo pasado y se ha extendido por todo el mundo.

3.B. EL VIENTO.

El viento es un recurso disponible, ecológico y sostenible, como la mayoría de las fuentes de energía terrestres provienen del sol, aproximadamente entre el 1 y el 2 por ciento de la energía que proveniente del sol es convertida en viento.

El viento es el movimiento del aire que está presente en la atmósfera, especialmente, en la troposfera, producido por causas naturales. Se trata de un fenómeno meteorológico.



Tipos de viento.
FIGURA. 3.3

La causa de los vientos está en los movimientos de rotación y de traslación terrestres que dan origen, a su vez, a diferencias considerables en la radiación solar o (insolación), principalmente de onda larga (infrarroja o térmica), que es absorbida de manera indirecta por la atmósfera, de acuerdo con la propiedad diatérmica del aire, según la cual la radiación solar sólo calienta indirectamente a la atmósfera ya que los rayos solares pueden atravesar la atmósfera sin calentarla.

Son los rayos de calor (infrarrojos) reflejados por la superficie terrestre y acuática de la Tierra los que sí logran calentar el aire. La insolación es casi la única fuente de calor que puede dar origen al movimiento del aire, es decir, a los vientos. A su vez, el desigual calentamiento del aire da origen a las diferencias de presión y esas diferencias de presión dan origen a los vientos.

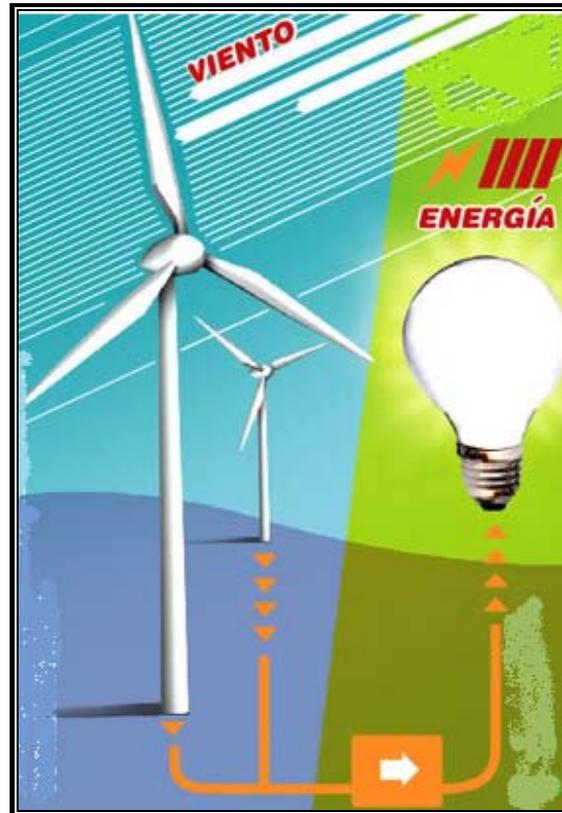
Las diferencias de temperatura conducen a la circulación de aire, las regiones alrededor de ecuador, de latitud 0°, son calentadas por el sol más que el resto del planeta. El aire caliente que es más ligero que el aire frío se eleva hasta alcanzar aproximadamente 10 kilómetros de altitud y se separará en dos corrientes una se dirige hacia el norte y otra al sur.

Los vientos predominantes se combinan con factores locales, tales como la presencia de colinas, montañas, árboles, edificios y masas de agua, para determinar las características particulares del viento en una localización específica, puesto que el aire posee masa, el aire en movimiento en forma de viento lleva con él energía cinética.

3.B.I APROVECHAMIENTO.

En sus usos más modernos, la fuerza del viento se aprovecha mediante grandes aerogeneradores que convierten directamente la fuerza del viento en energía eléctrica y que se reúnen formando los vistosos parques eólicos, si los molinos son pequeños o domésticos se aplican al bombeo de agua y a la producción de electricidad, sobre todo en zonas rurales.

En la Unión Europea, el sector de la energía eólica ha crecido de manera importante en los últimos años, actualmente, la industria eólica europea encabeza el mercado a escala mundial, tanto por lo que hace referencia a su nivel tecnológico, como al volumen de producción, que representa el 50% del mercado internacional, o la existencia de programas específicos de búsqueda, desarrollo y difusión, tanto estatales como comunitarios.



Aprovechamiento del viento.
FIGURA. 3.4

El uso de la energía cinética del viento para la obtención de energía no tiene nada de innovador, ya que tradicionalmente se ha usado en los molinos para obtener energía mecánica. El viento ya era una de las primeras fuentes de energía de la humanidad hasta la aparición de los primeros motores a vapor y de combustión en el inicio de la etapa industrial. A pesar de todo, hasta el siglo XIX empezó el aprovechamiento comercial de la energía eólica para la producción de electricidad.

Actualmente, la contribución de la energía eólica a la generación de electricidad es todavía poco significativa. Pero es evidente que esta fuente energética tiene un amplio potencial de crecimiento; en los últimos años, la energía eólica ha experimentado un desarrollo tecnológico considerable y ha incrementado su competitividad en términos económicos en relación con otras fuentes de energía.

3.C. LA ENERGÍA EÓLICA.

La energía eólica no contamina, es inagotable y frena el agotamiento de combustibles fósiles contribuyendo a evitar el cambio climático, es una tecnología de aprovechamiento totalmente madura y puesta a punto.

Es una de las fuentes más baratas, puede competir en rentabilidad con otras fuentes energéticas tradicionales como las centrales térmicas de carbón (considerado tradicionalmente como el combustible más barato), las centrales de combustible e incluso las que operan con energía nuclear, ya que en estas se deben considerar los costos en reparación de daños ambientales.

El generar energía eléctrica sin que exista un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica supone, desde el punto de vista medioambiental, un procedimiento muy favorable por ser limpio, exento de problemas de contaminación, etc. Se suprimen radicalmente los impactos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que beneficia la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc.

Evita la contaminación que conlleva el transporte de los combustibles; gas, petróleo, gasoil, carbón, reduce el intenso tráfico marítimo y terrestre cerca de las centrales, suprime los riesgos de accidentes durante estos transportes: desastres con petroleros (traslados de residuos nucleares, etc.).

La utilización de la energía eólica para la generación de electricidad presenta nula incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosionabilidad, ya que no se produce ningún contaminante que incida sobre este medio, ni tampoco vertidos o grandes movimientos de tierras.



Energía eólica.
FIGURA. 3.5

Al contrario de lo que puede ocurrir con las energías convencionales, la energía eólica no produce ningún tipo de alteración sobre los acuíferos ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos. La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni destruye la capa de ozono, tampoco crea lluvia ácida, no origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes.

La electricidad producida por un aerogenerador evita que se quemen diariamente miles de litros de petróleo y miles de kilogramos de lignito negro en las centrales térmicas. Ese mismo generador produce idéntica cantidad de energía que la obtenida por quemar diariamente 1.000 Kilogramos de petróleo, al no quemarse esos Kilogramos de carbón, se evita la emisión de 4.109 Kilogramos de CO₂, lográndose un efecto similar al producido por 200 árboles, se impide la emisión de 66 Kilogramos de dióxido de azufre (SO₂), y de 10 Kilogramos de óxido de nitrógeno, principales causantes de la lluvia ácida.

La energía eólica es independiente de cualquier política o relación comercial, se obtiene en forma mecánica y por tanto es directamente utilizable. Al finalizar la vida útil de la instalación, el desmantelamiento no deja huellas.

3.C.I GRANDES EMPRESAS.

La producción de energía eléctrica eólica normalmente se asocia a la imagen de grandes lugares con numerosas y enormes máquinas en las colinas o en mar abierto: instalaciones que a menudo no son admiradas por las personas por el impacto visual sobre el paisaje y más cuando se encuentran cerca de las viviendas, por el ruido continuo que provocan.

Una instalación eólica de tamaño industrial consta de una o más máquinas (aerogeneradores) colocadas a una distancia adecuada las unas de las otras, para que no interfieran desde el punto de vista aerodinámico entre ellos, y según un diseño sobre el territorio que puede ser en filas o grupos en función de la exposición al viento y del impacto visual.

Los aerogeneradores están conectados, a través de cables enterrados, con la red de transmisión a la que se entrega la energía.

Las máquinas eólicas, más allá de las peculiaridades de los modelos y de los adelantos tecnológicos diferentes según la empresa constructora, funcionan con la fuerza del viento que acciona las palas de la máquina (en número de una a tres) fijadas a un buje.

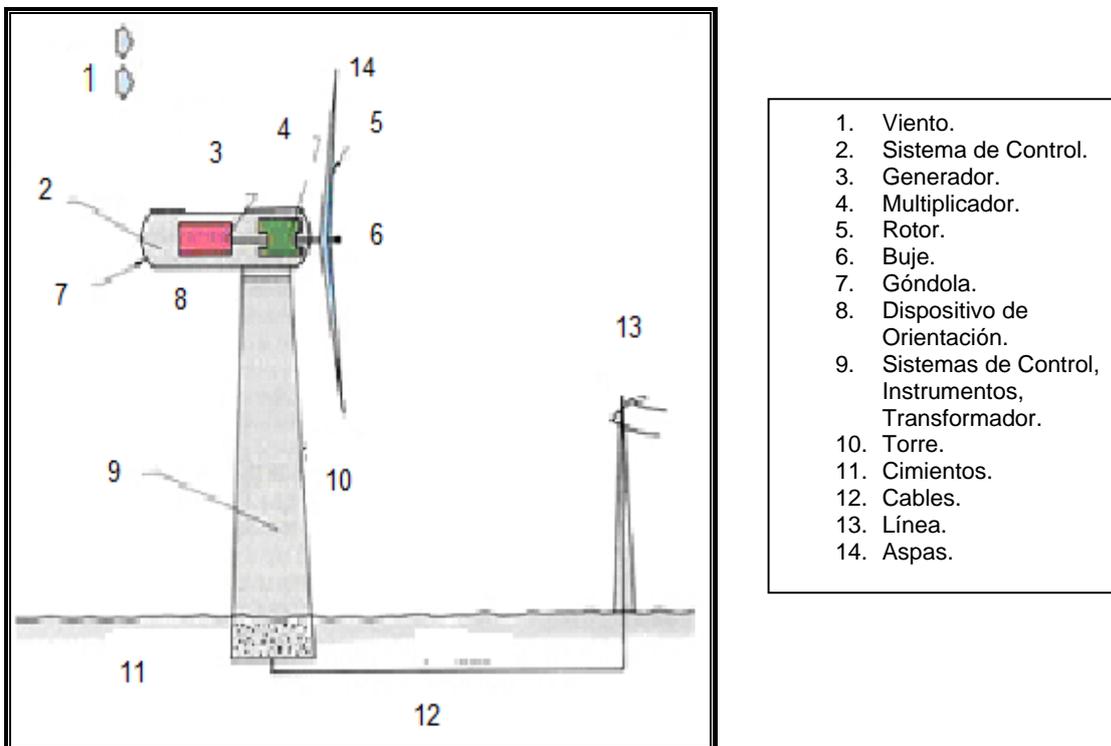
El conjunto de las palas y del buje constituye el rotor. El buje, a su vez, está conectado a un primer eje (llamado eje de baja velocidad) que gira a la misma velocidad angular que el rotor.

El eje de baja velocidad está conectado a un multiplicador de giros, del que sale un eje de alta velocidad que gira con velocidad mayor (resultante del producto de la del eje de baja velocidad por el multiplicador de giros). En el eje de alta velocidad hay un generador eléctrico que produce la energía eléctrica canalizada por los cables a la red. Todos estos elementos se encuentran en la llamada góndola que a su vez se encuentra sobre un soporte, que se puede orientar según la dirección del viento.

La góndola se completa con un sistema de control de la potencia y otro de control de la orientación.

El primero tiene la doble función de regular la potencia en función de la velocidad del viento instantánea (haciendo funcionar la turbina lo más cerca posible de su potencia nominal) y de interrumpir el funcionamiento de la maquina en caso de viento excesivo.

El segundo, en cambio, consta de un control continuo del paralelismo entre el eje de la maquina y la dirección del viento. La góndola se encuentra sobre una torre que puede ser de celosía o tubular cónica, anclada al terreno con adecuados cimientos de hormigón armado.



Esquema de un aerogenerador.
FIGURA. 3.6

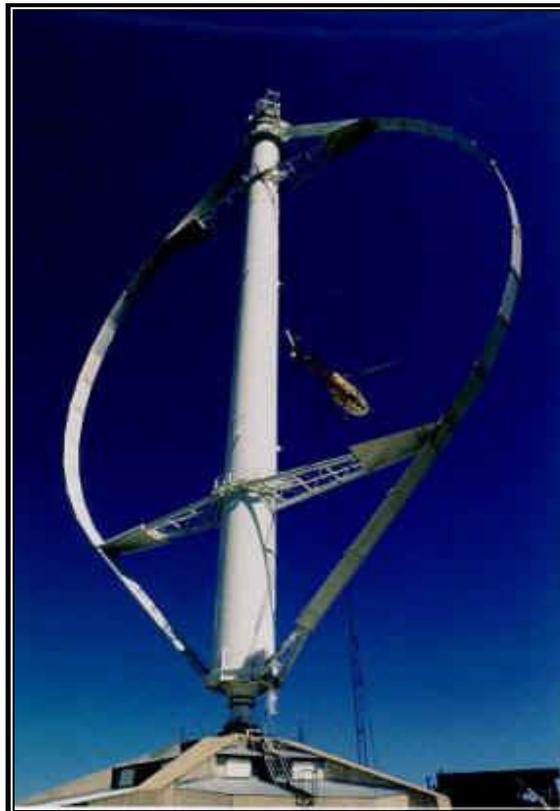
3.C.I.1 TURBINAS DE VIENTO.

Las turbinas de viento pueden clasificarse en turbinas de eje horizontal, en las que los ejes principales están paralelos al suelo y turbinas de eje vertical, con los ejes perpendiculares al suelo.

Las turbinas de ejes horizontales utilizadas para generar electricidad tienen de una a tres aspas, mientras que las empleadas para bombeo pueden tener muchas más.

Las turbinas de viento se mueven por dos procedimientos: el arrastre, en el que el viento empuja las aspas, y la elevación, en el que las aspas se mueven de un modo parecido a las alas de un avión a través de una corriente de aire. Las turbinas que funcionan por elevación giran a más velocidad y son, por su diseño, más eficaces.

Entre las máquinas de eje vertical más usuales destacan las Savonius, cuyo nombre proviene de sus diseñadores, y que se emplean sobre todo para bombeo; y las Darrieus, una máquina de alta velocidad que se asemeja a una batidora de huevos.



Turbina de darrieus.
FIGURA. 3.7

3.C.II MICROEMPRESAS.

En un principio, los generadores eólicos de pequeño tamaño se utilizaban para alimentar los elementos de barcos de recreo (nevera, cuadro de control, luces, etc.). En la actualidad estos generadores conectados a la red nacional, pueden generar la energía necesaria, para alimentar infraestructuras turísticas como son: (hoteles, puertos deportivos, turismo rural, etc.) y a todos los usuarios cercanos a zonas ventiladas.

Aunque a estas alturas, no exista una clasificación convencional que defina las instalaciones micro-eólicas, en este capítulo se toma a consideración las que tienen una potencia instalada inferior a 100 Kilowatts.

Las maquinas micro-eólicas, aunque sean parecidas a los aerogeneradores más grandes, constituyen un sector tecnológicamente diferente al de las maquinas 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 Kilowatts, 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 a la comercialización.



Turbina micro-eólica.
FIGURA 3.8

Las posibilidades de expansión de la energía micro-eólica son bastante amplias: aunque con diferentes potencialidades (en términos geográficos y estacionales) el recurso viento es bastante difundido 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.

El impacto ambiental de la energía micro-eólica es bastante bajo: las micro-turbinas tienen un tamaño mucho más pequeño respecto a los grandes aerogeneradores, necesitan espacios limitados y son relativamente poco visibles.

Además las turbinas micro-eólicas están muy avanzadas en términos técnicos, económicos y aplicativos.

De todos modos, cuando se encuentran cerca de los usuarios, hay que evaluar bien el impacto acústico: para reducir el ruido hay que elegir bien el modelo de turbina y el lugar de montaje.

Muchos mayores son los beneficios, favorecen la generación difundida de energía eléctrica; evitan el tener que recurrir a otras formas de energía más contaminantes; representan una forma de generación eléctrica distribuida, sencilla y a menudo conveniente; permiten soluciones de conexión a la red difícilmente realizables de otra manera.



Aerogenerador instalado en el tejado.
FIGURA 3.9

Además, las aplicaciones micro-eólicas están favorecidas por la creciente sensibilidad hacia las problemáticas energéticas y medioambientales.

Esta nueva conciencia induce a los ciudadanos a dar una contribución directa a las soluciones sostenibles, adoptando para sus propias exigencias civiles o de pequeña empresa (turismo rural, granjas, refugios, usuarios domésticos aislados, segundas viviendas, etc.) micro-instalaciones de fuentes renovables, en lugar de sistemas de generación tradicionales.

3.D AEROGENERADORES.

Las máquinas destinadas a la generación de energía eléctrica mediante el empleo de la fuerza del viento suelen denominarse aerogeneradores o turbinas eólicas, a lo largo de la historia han existido varios modelos de molinos de viento, los cuales pueden dividirse en grupos.

No obstante los modelos más empleados en la actualidad se reducen a dos tipos básicos, los modelos con turbinas eólicas de eje horizontal y los modelos con turbinas eólicas de eje vertical.

Los modelos con turbinas de eje horizontal, constan de una hélice o rotor, acoplado a un conjunto de soporte, llamado góndola o navecilla, en el interior de la cual se encuentran el alternador y la caja de engranajes, ambos van montados sobre una torre metálica o de hormigón, es importante notar que la hélice o rotor puede estar situada a favor del viento, sotavento o enfrentada al viento, barlovento, si están situados a sotavento, la turbina se orienta automáticamente en función de la dirección del viento, son autorientables, pero los efectos de las cargas de fatiga en las palas son mayores, en cambio cuando el rotor está situado a barlovento, es necesario que el generador disponga de un dispositivo de orientación, aunque posee la ventaja de que los efectos de las cargas de fatiga son menores, estos últimos son los molinos de viento más utilizados actualmente, los molinos de eje vertical, presentan la ventaja de que, al tener colocado el generador en la base de la torre, las labores de mantenimiento resultan más sencillas, aparte al ser turbinas autorientables, ya que las palas están acopladas a lo largo de la torre, es decir perpendiculares al suelo, pueden aprovechar el viento sea cual sea la dirección del mismo, sin embargo el rendimiento de este tipo de aerogeneradores es menor que el de eje horizontal, es por ello que en este capítulo se tratarán preferentemente los molinos de eje horizontal.

3.D.I TECNOLOGÍAS.

A partir de las diversas experiencias internacionales de operación de grandes conjuntos de aerogeneradores modernos, constituyendo centrales eólicas, de 1980 a 1995, se evolucionó de la máquina de 50 Kilowatts (Kw), a la de 500 Kw, estando actualmente en proceso de introducción las unidades de 750 y 1000 Kw, las que se consideran el tope para este tipo de arquitectura y tecnologías actuales de grandes aerogeneradores.

La tecnología de materiales, que permitan estructuras más esbeltas y ligeras, más resistentes a la oxidación y la corrosión, y más fuertes a la vez, así como de súper magnetos en los generadores, permitirán desarrollar nuevos conceptos más confiables y económicos, desde unidades de decenas de Watts hasta grandes aerogeneradores de potencia, trabajando en régimen de velocidad variable, aprovechando mejor la energía del viento y constituyendo junto con la energía hidroeléctrica, el soporte principal de la generación eléctrica en los sistemas nacionales.

Para fines del año 2000 se instalaron en el mundo, más de 14,000 Megawatts, en Europa, Alemania, Dinamarca, el Reino Unido, España y Grecia tienen los programas más ambiciosos. En España, la empresa eléctrica de la provincia de Navarra tiene planeada la instalación de 54 centrales eólicas y espera producir más del 50% de la energía que distribuye.

Para el año 2020, la Asociación Europea de Energía Eólica, estima tener más de 20,000 Megawatts, instalados de potencia eólica para generación de electricidad.

China y la India son dos países que han decidido dar un impulso grande a esta forma de generación eléctrica, para lo cual se han asociado con empresas europeas para fabricar en esos países el equipamiento requerido.

En América Latina, Costa Rica y Argentina llevan la delantera, con 20 y 9 Megawatts, respectivamente, en Argentina son las empresas eléctricas cooperativas de la Patagonia las que han dado el impulso.

Nicaragua también tiene planes de instalar una central eólica de al menos 30 Megawatts, en el Caribe, la empresa eléctrica de Curazao opera desde marzo de 1994 una central pequeña de 4 Megawatts.

En México, el desarrollo de la tecnología de conversión de energía eólica a electricidad, se inició con un programa de aprovechamiento de la energía eólica en el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

En febrero de 1977, cuando la gerencia General de Operación de Comisión Federal de Electricidad, cedió al IIE la estación experimental eólica de él Gavillero, en las cercanías de Huichapan, Hidalgo, donde se pretendía energizar el ejido ya electrificado y con servicio, a partir de una microcentral eólica, integrada por dos aerogeneradores australianos Dunlite de 2 Kilowatts, cada uno, un banco de baterías, y un inversor de 6 Kilowatts, para alimentar la red de distribución del poblado.

El inversor, construido por personal de CFE, fallaba arriba de los dos Kilowatts, de demanda por problemas de calidad de componentes, por lo que físicamente no pudo realizarse el experimento, sin embargo, estando instrumentado el sitio, se tenían los promedios horarios de velocidad del viento y conociéndose las características de respuesta de los aerogeneradores era posible estimar numéricamente la energía que podría suministrarse al ejido.

El régimen de vientos del lugar producía exceso de energía en verano y déficit en invierno para el consumo normal del poblado.

Después de este proyecto por fin México, logro tener una central de 1,575 Kilowatts, en la Venta, Oaxaca, con planes de ampliarla a 54 Megawatts



La venta, Oaxaca.
FIGURA. 3.10

3.E EL PAPEL DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS.

Las administraciones públicas locales, los profesionales y quienes se ocupan de la energía y el medioambiente, despliegan un papel fundamental para el desarrollo de los sistemas micro-eólicos para la producción de energía eléctrica.

Por una parte, los directivos locales responsables de la implantación de las directrices energéticas y medio ambiente tienen la posibilidad de favorecer la difusión en el territorio de pequeñas instalaciones eólicas, a través de los instrumentos de la programación, de la simplificación de los trámites de autorización, de los incentivos, de la adhesión a proyectos e iniciativas de programación local.

Por otra, los profesionales tienen la tarea de identificar las potencialidades del territorio, estudiar cómo integrar estos sistemas en el medio ambiente local, delinear proyectos-piloto que ayuden a definir y difundir un estándar aplicable localmente, con el objetivo de contribuir a disminuir los efectos negativos procedentes del uso incontrolado de los combustibles fósiles.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA HABITACIONAL



CAPÍTULO 4

4.A INTRODUCCIÓN.

Los sistemas de generación eléctrica basados en las miniturbinas eólicas son ideales para aplicaciones diversas que requieran un suministro de energía independiente de la red eléctrica convencional, o bien que complemente a ésta.

En especial están indicados, entre otros, para los siguientes usos:

- Electrificación de viviendas en emplazamientos aislados y servicios públicos.
- Suministro eléctrico a pequeñas instalaciones agrícolas o industriales.
- Bombeo de agua, sistemas de riego, iluminación de invernaderos o granjas, sistemas de ordeño, refrigeración, etc.
- Desalinización y depuración de agua, en plantas de pequeña dimensión.
- Fabricación de hielo.
- Telecomunicaciones, señalización marítima, faros, repetidores y reemisores de radio, televisión y telefonía, dispositivos de alarma, etc.



Miniturbina.
FIGURA. 4.1

La miniturbina se puede integrar en una instalación mixta, con paneles solares fotovoltaicos o grupos diesel, para mayor efectividad y seguridad de suministro.

La capacidad de generación y de acumulación son fácilmente ampliables, si la demanda energética se incrementa sobre las previsiones iniciales.

Las instalaciones de este tipo pueden ser atendidas directamente por sus propietarios, ya que el poco mantenimiento que precisan es bastante sencillo de realizar.

Antes de considerar la adquisición e instalación de uno de estos sistemas de generación, es imprescindible analizar el potencial eólico (viento), y las necesidades energéticas a cubrir.

4.B INSTALACIONES CON ENERGÍA EÓLICA.

En el aprovechamiento y desarrollo de los recursos energéticos renovables está contemplada la adopción de las nuevas tecnologías para lograr su transformación a otras formas de energía como es de la eólica a la de suministro de electricidad u otras formas de transformación de la energía.

Las instalaciones con energía eólica de pequeño tamaño, pueden ser usadas para la electrificación de unidades de vivienda en zonas rurales aisladas o difícilmente alcanzable por la red eléctrica convencional, como centros comunales, escuelas, postas médicas, infraestructuras turísticas en el campo, así como usuarios cercanos a zonas ventiladas u otros.

En la actualidad no existe una clasificación convencional que defina las instalaciones micro-eólicas, pero son máquinas parecidas a los aerogeneradores o turbinas eólicas más grandes, de tecnología diferente a las máquinas de medio y gran tamaño, y que generalmente se utilizan para producir energía eléctrica para autoconsumo; es decir están destinadas a cubrir las necesidades energéticas de sus promotores; mientras que las de tamaño más grande, una parte de la energía producida o toda se destina a la venta.

Como ya se ha mencionado antes, la mayoría de los microgeneradores eólicos son de tres paletas (pueden ser de uno o dos), de eje horizontal, también hay microgeneradores de eje vertical.



Microgenerador.
FIGURA. 4.2

La implantación de las instalaciones están condicionadas al cumplimiento de requisitos, determinaciones o limitaciones relativas a:

La distancia máxima a la que deben localizarse las instalaciones respecto al lugar de consumo.

La posibilidad y condiciones para completar las instalaciones con otro tipo de fuente de energía.

La potencia permitida en función de las necesidades estimadas de consumo.

De instalarse cerca de los usuarios debe evaluarse el impacto acústico; para reducir el ruido hay que seleccionar bien el modelo del microgenerador eólico y el lugar de montaje.

El proyecto de la instalación del microgenerador eólico deberá ser puesto en conocimiento a la autoridad competente y debe cumplir con el Código Nacional de Electricidad y Normas Técnicas Complementarias.

4.C PROTOTIPO DE CASA HABITACIONAL.

El concepto de vivienda, (casa) en términos populares, se define como estructura de material preparada para alojar a los individuos o familias de manera permanente o durante largos períodos de tiempo, constituye el escenario donde se desarrolla la vida de sus ocupantes, se trata de un espacio condicionado por las necesidades y economía de sus inquilinos.

Paralelamente, las características particulares de cada tipo de vivienda influirán decisivamente en las costumbres, la intimidad y la rutina vital de sus usuarios ya que estos elementos caracterizan los modelos de vivienda propios de una época y de una sociedad determinada.

La vivienda constituye una de las formas que más significativamente caracterizan una cultura material. A lo largo de la historia de la humanidad, las diversas civilizaciones se han distinguido por ocupar determinados tipos de viviendas.

Según las características que presente la vivienda típica de una sociedad puede deducirse toda una visión del mundo por parte de ésta. También podrá entenderse el tipo de asentamiento o la construcción utilizada mayoritariamente dentro de una determinada cultura y en un momento determinado, como proyección de las formas de relación social presentes en esa civilización.

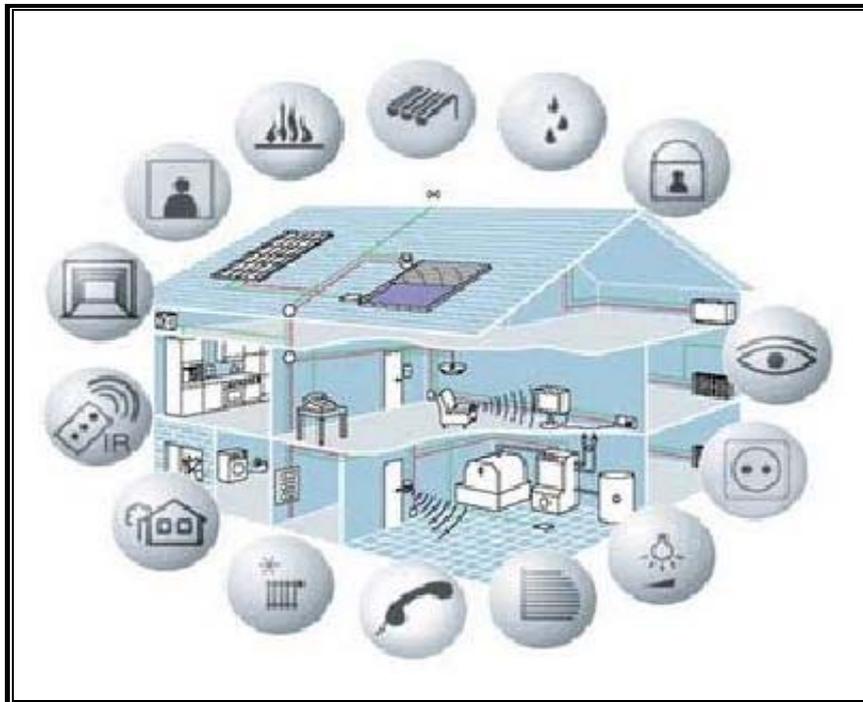
Una vivienda siempre debe estar en relación con las características de sus habitantes, tanto en lo que se refiere al número de miembros como sus hábitos, costumbres y gustos.

Estos son requerimientos necesarios que se deben tomar en cuenta, tanto en el momento de construir como dentro de un futuro predecible, esto quiere decir que al edificar una vivienda es recomendable tomar en cuenta las necesidades cambiantes de la familia a lo largo del tiempo, fundamentalmente en lo que respecta a crecimiento o disminución de los miembros de la familia, por nacimientos o por matrimonios.

Entre los principales espacios que se deben tomar en cuenta en una vivienda se mencionan los siguientes por considerarse de mayor necesidad.

- Número de recámaras
- Número de baños
- Cuantos autos
- Jardín
- Sala comedor
- Cocina
- Cuántos niveles

De los espacios anteriores habrá que obtener información tal como: dimensiones, características, materiales a utilizar, estilos arquitectónicos, colores, texturas, detalles especiales que le gustan al cliente.

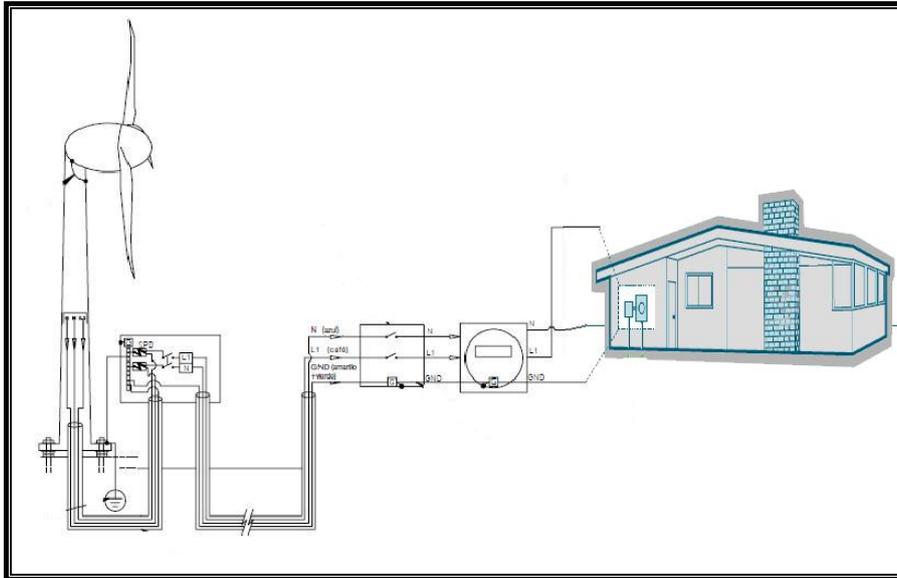


Casa habitacional.
FIGURA. 4.3

4.C.I INSTALACIÓN ELECTRICA RESIDENCIAL.

Con el propósito de que la energía eólica sea tomada con mayor consideración para la generación de electricidad, se ha venido hablando a lo largo de este trabajo de la energía micro-eólica no solamente hablando de términos ecológicos si no también como una opción de vida futura.

Para esto se toma como ejemplo la alimentación de una residencia, que con la ayuda de una turbina eólica pequeña, pero eficiente se puede tener energía eléctrica sin necesidad de tener un contrato ya que esta energía es gratis y renovable.



Instalación residencial.
FIGURA. 4.4

En lo que respecta a la alimentación eléctrica de la residencia es necesario realizar un análisis de cuanto es lo que consume en términos de watts.

La casa habitacional de tipo rural que se toma como ejemplo para el estudio de este proyecto cuenta con una sola planta, la cual cuenta con recamaras, baño, sala, cocina-comedor, pasillos, una pequeña bodega y en estos espacios existe alumbrado y toma corrientes.

De acuerdo con las Normas de Instalaciones Eléctricas, el alumbrado debe ser capaz de cubrir el área que se desea iluminar, y como en este proyecto se habla de energía renovable se determina que se utilizarán focos ahorradores para poder determinar la carga total demandada por la residencia en cuestión de alumbrado.

Por lo que se realiza una comparación entre la demanda generada por una bombilla común y un foco ahorrador, esto se observa en la tabla siguiente; la cual presenta el valor de una bombilla común y su equivalente en focos ahorradores.

	25 W	→	5 W	
	35 W	→	7 W	
	50 W	→	10 W	
	65 W	→	15 W	
	100 W	→	20 W	

Tabla de ahorradores.
TABLA 4.1

4.D PROYECTO DE CASA HABITACIONAL.

En la realización de este proyecto se toma en consideración las necesidades básicas en una casa habitacional de tipo rural, ya que estas observaciones son necesarias para seleccionar de forma adecuada el prototipo de casa que mejor se acople al proyecto en cuestión.

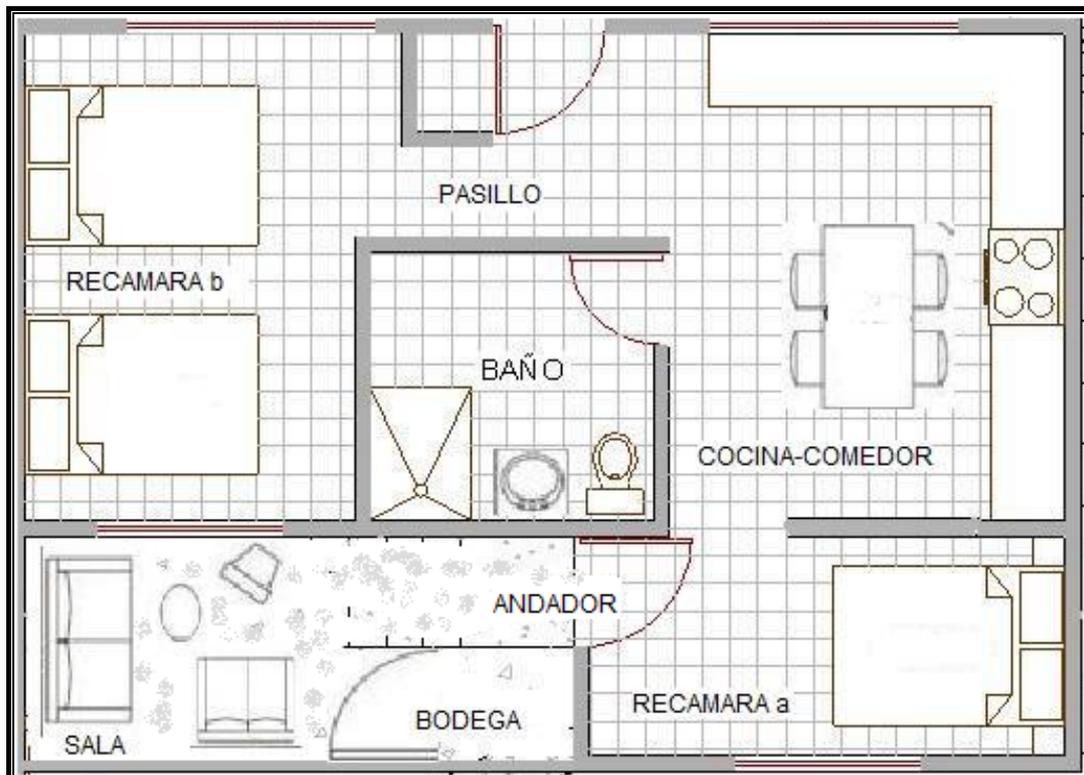
La opción que se plantea es la de una casa de una sola planta con una extensión de 5.40m² de ancho por 7.40m² de largo.

a) Espacios de la casa.

La casa cuenta con los siguientes espacios:

- Recamara a
- Recamara b
- Cocina-comedor
- Sala
- Baño
- Pasillo
- Andador
- Bodega
- Fachada

distribuidos de acuerdo al siguiente plano:



Planta baja.
FIGURA. 4.5

Para realizar el cálculo de salidas de iluminación se puede considerar un mínimo de 10 Watts/m².

Tomando como ejemplo el área de la cocina-comedor el cálculo de iluminación se representa de la siguiente manera.

$$\begin{aligned} \text{Watts requeridos} &= \text{área} \times 10 \text{ Watts/m}^2 \\ \text{Watts requeridos} &= 3.00 \text{ mts.} \times 2.80 \text{ mts.} \times 10 \text{ Watts/m}^2 \\ \text{Watts requeridos} &= 84 \text{ Watts} \end{aligned}$$

Considerando los valores comerciales de focos ahorradores, se asume 1 salidas para iluminación de 20 Watts equivalentes a 100 Watts de focos convencionales.

De la misma manera se calcula para las demás áreas de la casa y así obtener la potencia total del alumbrado el cual se muestra en la siguiente tabla:

Memoria técnica de alumbrado.				
Sección de la casa	Área total	Watts de iluminación	Ahorradores	
			cantidad	Watts
Recamara a	8.4 m ²	84 Watts	1	20
Recamara b	9.36 m ²	93.6 Watts	1	20
Cocina-comedor	8.4 m ²	84 Watts	1	20
Sala	6.96 m ²	69.6 Watts	1	20
Baño	3.6 m ²	36 Watts	1	10
Pasillo	2.4 m ²	24 Watts	1	7
Andador	2.28 m ²	22.8 Watts	1	7
Bodega	0.5 m ²	5 Watts	1	5
Fachada	2.96 m ²	29.6 Watts	1	20
Total de watts.		448.6 Watts.	129 Watts.	

Memoria técnica de alumbrado.
TABLA 4.2

Se debe tomar en cuenta que la casa cuenta con 10 tomacorrientes, por lo tanto también es necesario saber cuánta carga demandan, esto se obtiene de la siguiente manera:

De acuerdo al Diario Oficial de la Secretaría de Energía y a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005 de instalaciones eléctricas; se dice que para salidas en receptáculos, (tomacorrientes), debe considerarse una carga mínima de 180 volts amperes por salida por lo que se tiene lo siguiente:

Carga de tomacorrientes $10 \times 180 = 1,800$ watts.

Estos resultados deben sumarse para conocer la demanda total de la casa.

4.D.I DEMANDA TOTAL.

Después de obtener los resultados estos deben sumarse para determinar cuánto es lo que demanda la casa y poder comparar el resultado con las características del generador confiando sea capaz de alimentar la residencia.

Memoria técnica de la casa	
Carga de alumbrado	129 Watts
Carga tomacorrientes	1,800 Watts
Carga total	1,929 Watts

Memoria técnica de la casa.
TABLA 4.3

4.E MICRO-AEROGENERADOR.

Para la realización de esta propuesta se ha optado por elegir un micro-aerogenerador el cual cumpla con las características principales:

- Que la velocidad media del viento sea al menos de 12,8 kilómetros por hora (Kph), y con mejores resultados a 19 Kph o más.
- Que su propiedad tenga como mínimo de 1 a 2 hectáreas y no haya obstrucciones cercanas.
- Que en el lugar donde se instalara se pueda colocar una estructura de 12,8 m de altura.
- Que la potencia generada por el micro-aerogenerador sea suficiente para alimentar la carga demandada.

El micro-aerogenerador seleccionado es de origen estadounidense, cuyas especificaciones son las siguientes:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
MODELO	SKYSTREAM 3.7
POTENCIA NOMINAL	2.4 Kilowatts.
PESO	77 Kilogramos.
DIÁMETRO DEL ROTOR	3.72 metros.
DIRECCIÓN DE ROTACIÓN	En sentido del reloj del lado que sopla el viento.
NUMERO DE ASPAS	3
VELOCIDAD NOMINAL	50 a 325 revoluciones por minuto.
ALIMENTACIÓN A LA RED	Inversor Southwest Wind power 120/240 VAC 50-60 Hz.
SISTEMA DE FRENADO	Regulación electrónica de frenado con control redundante por interruptor de relevador.
VELOCIDAD DEL VIENTO PARA ACTIVACIÓN	12.8 Kilómetros por hora 3.5 metros / segundos.
RUIDO	45 decibelios.

Especificaciones técnicas.
TABLA 4.4

Entre las características importantes que se tomaron en cuenta para la elección de este micro-generador se encuentran la potencia que genera ya que si cumple con la demanda generada por la casa habitacional.

Otro aspecto es que dependiendo del costo de su instalación, el costo de la electricidad y la velocidad media del viento, el costo total del micro-generador puede amortizarse en un rango de tan sólo cuatro años o menos, es un margen que da el fabricante tomando en cuenta la reducción de costos de energía, ya que por las características que se han venido mencionando no es necesario contar con un distribuidor directo de energía eléctrica en este caso Comisión Federal de Electricidad o Luz y Fuerza del Centro.

Es el primer aerogenerador de poca potencia específicamente diseñado para uso en residencias, (con posibilidad de cargar baterías), lo que conlleva a una solución global para aprovechar la energía eólica a pequeña escala.

El aerogenerador incluye un regulador y un inversor dentro, el cual está diseñado para funcionar con vientos muy lentos, el aerogenerador recoge el viento de la parte inferior de la torre, y su innovador rotor de 4 metros e imanes permanentes produce aproximadamente 400Kilowatts al mes con 12,8 kilómetros por hora de viento, con lo que obtiene una velocidad de rotor máxima de 325 rpm; gracias a esto la maquina opera a niveles de ruido muy bajos.

Visualmente estético y sus innovadoras formas en las aspas le otorgan a su diseño una fuente de energía limpia y placentera a la vista.



Aerogenerador.
FIGURA 4.6

4.E.I CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS.

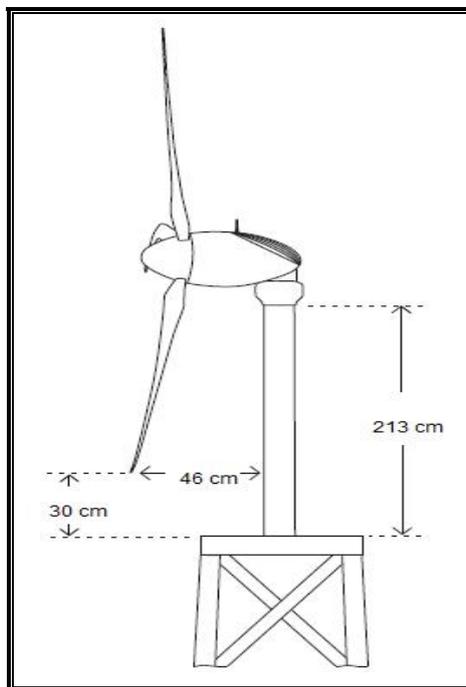
El micro-generador opera por la conversión de la energía cinética del viento en movimiento giratorio que hace girar un alternador y por último produce energía eléctrica utilizable, cuenta con la capacidad de ajustar la velocidad rotatoria de sus aspas o incluso detenerlas si las condiciones ambientales lo requieren a esto se le llama control de frenado ya que a medida que existe una mayor toma de corriente será también mayor el torque electromagnético aplicado al rotor, por lo que si es suficiente el torque las aspas disminuyen su velocidad o incluso llegan a detenerse.

En términos sencillos, el inversor está demandando más energía que la que el viento puede suministrarle, causando así la disminución de la velocidad rotatoria de las aspas.

El micro-generador comienza a producir energía con un viento de aproximadamente 3.5 metros/segundo, a esta velocidad las aspas rotan aproximadamente a 120 revoluciones por minuto, una vez que haya comenzado a producir energía, continuará produciéndola a velocidades más bajas, incluso a 80 revoluciones por minuto (rpm), y menos de 3 (m/s).

A medida que aumenta la velocidad del viento, la velocidad de las aspas aumentará también, con un viento de 9 m/s las aspas logran una velocidad rotatoria de 330 rpm, esta es la velocidad nominal del generador, si sucede alguna condición que haga que la velocidad rotatoria exceda las 360 rpm, el generador se apagará durante un tiempo aproximado de 10 minutos, después del cual regresará a su operación normal, a menos que detecte alguna falla que lo obligue a permanecer apagado.

Lo que respecta a la generación de energía eléctrica con respecto a la velocidad del viento el micro-generador puede proveer entre el 40% y 90% de las necesidades de energía total de un hogar ya que este aprovecha al máximo la energía incluso de los vientos de baja velocidad.



Micro-generador.
FIGURA 4.7

4.F. INSTALACIÓN DEL MICRO-GENERADOR.

La instalación es sencilla ya que se minimizan el número de conexiones eléctricas, el aerogenerador se conecta directamente al tablero de distribución eléctrica, se puede empezar por medir la distancia desde el tablero de distribución incluyendo la altura de la torre.

El calibre mayor que se puede conectar a las terminales de la guiñada del aerogenerador es de 6mm (# 8 AWG).

El micro-generador cuenta con un conmutador de desconexión cerca de la base de la torre esto se puede observar en el siguiente esquema.

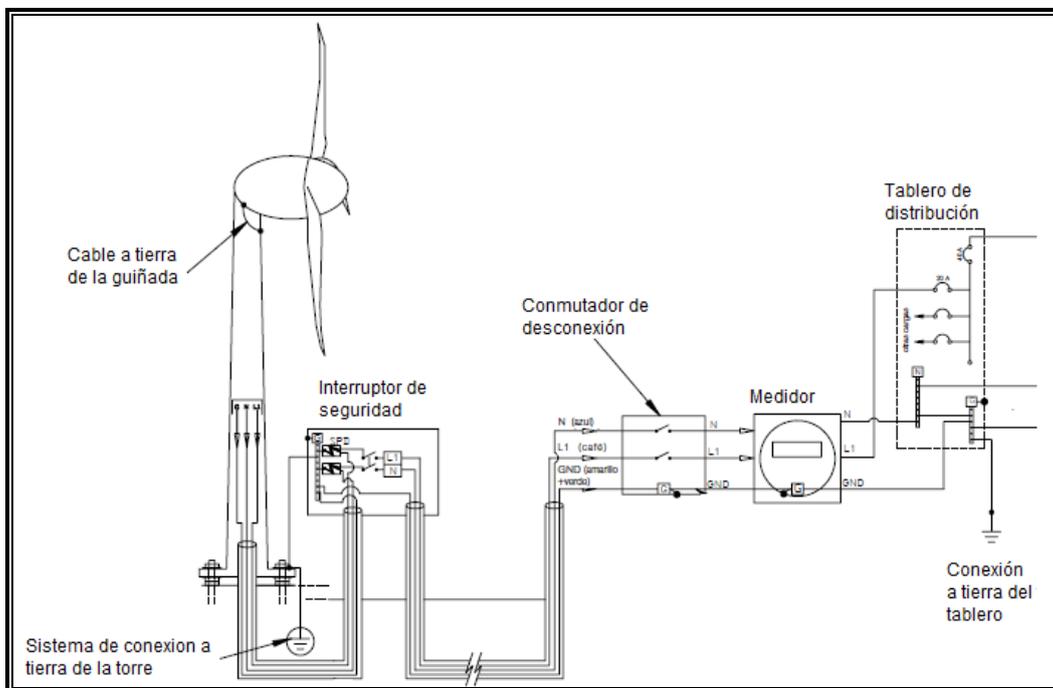
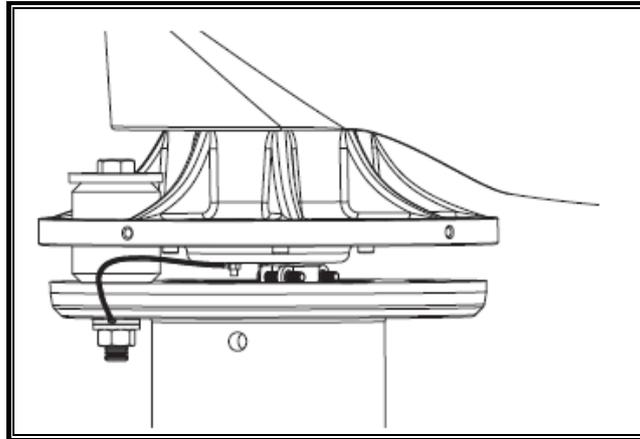


Diagrama de instalación.
FIGURA 4.8

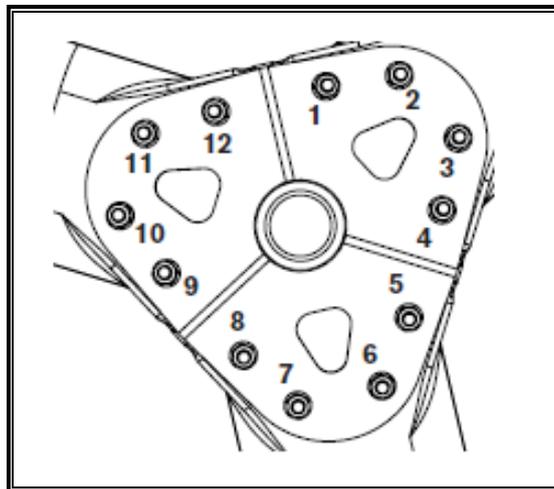
Todos los sistemas eléctricos deben ser conectados a tierra, ya que esta proporciona protección contra descargas eléctricas, sobretensiones y acumulación de cargas estáticas.



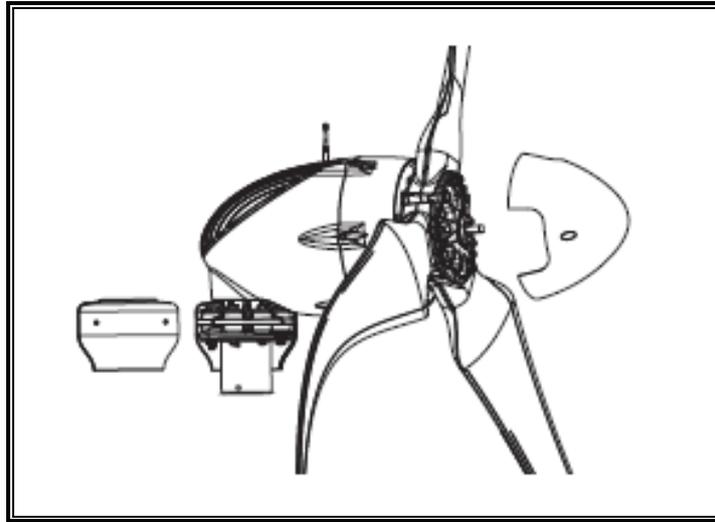
Conexión a tierra de la guiñada.
FIGURA 4.9

La instalación correcta de las aspas es crítica para una operación segura, los tornillos y las tuercas para las aspas son de un acero de grado específico y tienen un recubrimiento especial para prevenir la corrosión.

El ensamblaje se comienza colocando un aspa de acuerdo a la siguiente secuencia, ya que solo pueden ser instaladas en una posición debido a la forma triangular de la base.



Conexión a tierra de la guiñada.
FIGURA 4.10



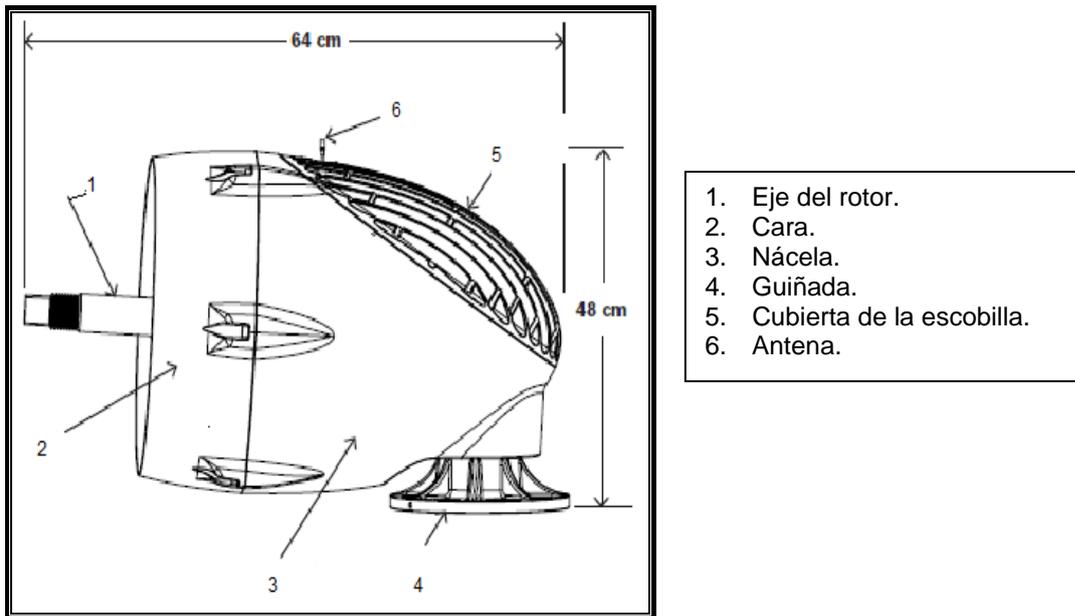
Ensamblaje completo.
FIGURA 4.11

4.F.I CALIBRACION Y MANTENIMIENTO.

La única calibración que debe hacerse al generador es la configuración de la altitud. Este micro-generador está configurado para operar a una altitud de hasta 1,000 metros sobre el nivel del mar, por lo que no hay necesidad de reajustar la altitud al menos que se instale sobre dicha altitud.

La altitud puede reajustarse usando un monitoreo remoto opcional, en caso de no contar con este se sugiere ponerse en contacto con el distribuidor del micro-generador para realizar el reajuste de altitud.

En lo que respecta al mantenimiento no es muy costosa ya que las aspas deben ser reemplazadas después de 20 años de servicio, incluso si no tienen daños aparentes.



Partes importantes a revisar.
FIGURA 4.12

En caso de que el micro-generador presente fallas, se sugiere ejecutar las siguientes inspecciones:

- Revisar la cubierta de la guiñada, para limpiar la grasa que pueda haber fluido, desde el rodamiento de la guiñada.
- Revisar que los tornillos de la tapa de la escotilla estén apretados.
- Observar que el anillo de retención del rodamiento de la guiñada esté todavía, asentado correctamente en su surco en el interior de la nácela.
- Limpiar las aspas del rotor con agua y un jabón suave, retirando la suciedad causada por los insectos muertos lo mejor posible.
- Verificar que la antena no tenga fisuras o que se encuentre doblada o fuera de su lugar.
- Revisar que el eje del rotor no presente un giro desbalanceado.

Lo más importante al dar mantenimiento es observar detenidamente, la presencia de problemas tales como grietas o daños a los bordes de las aspas del rotor.

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES:

La oferta y demanda que se genera en México muchas veces es deficiente e insuficiente sobre todo en regiones de difícil acceso por lo que se hace necesario en estos tiempos en los que se habla de cambios climáticos importantes que afectan, la obtención de recursos los cuales son utilizados para la generación de energía eléctrica como son petróleo y agua los cuales son, los más importantes para la generación y que en estos días se menciona que son recursos no renovables; es necesario empezar la implementación de nuevas alternativas.

Entre estas alternativas se encuentra la energía eólica la cual se obtiene de un recurso renovable "el viento" existen otros recursos que se mencionaron a lo largo de este trabajo, pero la importancia que representa este tipo de energía es la que origina el enfoque principal de este texto.

Al concluir el estudio general de las características que se consideraron para el desarrollo del proyecto que se planteo desde el principio; el cual consistía en tomar a la energía que es capaz de generar el viento, apoyándonos en las tecnologías que en nuestros tiempos se están desarrollando de forma positiva, las cuales pueden ayudar a entidades públicas locales por ejemplo; comunidades de montaña o ribereñas que gracias a estas tecnologías adquieran ámbitos energéticos y ambientales al mismo tiempo de forma que proyecten un sistema sostenible en el marco de una programación específica que contribuya a la mejora del medio ambiente y porque no a su misma economía.

Se logra demostrar que no es necesario estar conectado a una red distribuidora de energía para poder obtenerla, ya que el estudio realizado en el capítulo cuatro arroja los siguientes resultados:

La carga que la casa habitacional demanda contando con todos los servicios necesarios para poder habitarla sin ningún problema es de 1,929 Watts, considerando alumbrado y tomacorrientes; tomando en cuenta que el total de esta carga se encontrara en funcionamiento todo el tiempo.

Con este análisis el microgenerador propuesto es capaz de alimentar la casa sin ningún problema ya que este genera una carga de 2.4 Kilowatts, que es superior a la carga demandada por la casa habitacional.

La propuesta de utilizar focos ahorradores es indispensable ya que estos favorecen en la disminución de consumo de energía y con ello lograr un consumo total de 1,929 Watts lo cual hizo posible la utilización de este micro-generador y de la energía eólica.

Un aspecto importante es que este tipo de aerogeneradores vanean de acuerdo a su país de fabricación, por eso se optó por uno de origen estadounidense ya que la cercanía que existe con nuestro país, permite tener un rango de comparación con el aprovechamiento del aerogenerador.

En lo que respecta al precio de este se debe tomar en cuenta, la avanzada tecnología que implementa y que dependiendo de la torre, los gastos de instalación, este puede pagarse por sí mismo en un promedio de 4 años. Su precio es de: 5,999.00 euros, 8,770.00 dólares o un aproximado de 118,840.51 pesos.

El costo del mantenimiento se basa principalmente en las aspas ya que por la altura a la que son colocadas pueden sufrir grietas a causa de choque de objetos como pudieran ser piedras e insectos su precio tendría un aproximado de: 230.00 euros, 337.93 dólares y 4,619.93 pesos.

La energía eólica de baja potencia constituye una importante opción energética, ya que tiene ventajas muy importantes frente a otras tecnologías, como es la posibilidad de ubicar sus instalaciones casi en cualquier sitio con un potencial eólico moderado.

Existe un prometedor mercado para el empleo de pequeños aerogeneradores en aplicaciones aisladas en países en vía de desarrollo, donde se está incrementando la demanda de instalaciones híbridas para sistemas aislados.

El mercado mundial de los pequeños aerogeneradores presenta un desarrollo prometedor. El líder mundial es Estados Unidos, y actualmente los fabricantes de grandes aerogeneradores empiezan a realizar incursiones en este sector.

Para la integración de este tipo de energía a la red es necesario en muchos países el desarrollo de nuevos marcos regulatorios que activen el mercado.

Esto se puede obtener observando las oportunidades y las experiencias de países que ya utilizan este tipo de tecnología.

En términos generales el propósito de este trabajo, es la de fomentar la utilización de energías renovables principalmente la energía eólica ya que esta es gratis y lo principal no contamina, por lo que es necesario activar campañas de promoción y desarrollo dirigidas a las fuentes renovables.

BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA:

Titulo:
Fuentes de energía.
Autor:
José Roldán Vilorio.
Editorial:
Aula magna.

Titulo:
Energía solar térmica y de concentración.
Autor:
Antonio Madrid Vicente.
Editorial:
Amv ediciones.

Titulo:
El abc de las instalaciones eléctricas en casa y
comercios.
Autor:
Gilberto Enríquez Harper .
Editorial:
Limusa.

LA ENERGÍA MICRO-EÓLICA COMO OPCIÓN PARA
EL AUTO CONSUMO EN CASAS HABITACIONALES

MESOGRAFÍA



MESOGRAFÍA:

www.cfe.gob.mx

www.lfc.gob.mx

www.skystreamenergy.com

www.amdee.org

www.revistafuturos.info/futuros/energía_eólica

www.infoeolica.com

www.conae.gob.mx