



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ACATLÁN”



**ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA LA
GENERACIÓN DE ENERGÍA ALTERNATIVA
EÓLICA Y SOLAR PARA LA ZONA
HOTELERA DE HUATULCO, OAXACA.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :
JOSÉ ARMANDO TORRES RUPERTO

ASESOR: M. EN A. IGNACIO MARTÍN LIZÁRRAGA GAUDRY

SEPTIEMBRE DE 2004





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

A mis padres:

José Refugio Torres Saucedo.

Por brindarme tu apoyo incondicional en todo momento, por creer en mi ante adversidades, por tu esfuerzo y tiempo dedicado a tus hijos.

Elena Ruperto García.

Por enseñarme a valorar los esfuerzos de la vida, honestidad, trabajo, coraje ante las adversidades y crear de tus hijos, gentes de provecho. Por tu dedicación y lo más valioso que me has dado, la vida.

A mis hermanos:

Javier.

Por tu apoyo en momentos difíciles.

Fernando.

Por continuar el proyecto familiar y salir adelante.

Leticia.

Por el cariño a mi familia.

A mi hija:

Por lo más maravilloso que dios me ha dado, por ser el motivo de mi vida, por tu cariño y amor.
Cristina, con todo mi amor.

A mi esposa:

A dios gracias, por haberte puesto en mi camino. Por tu comprensión, paciencia, por creer en mi, por estar a mi lado en todo momento por duros y difíciles que han sido **Margarita**, este esfuerzo también es tuyo, gracias amor.

A mis profesores:

Quienes han dado su esfuerzo, dedicación, apoyo y sobretodo, la paciencia, gracias a su divino don de la enseñanza.

En especial al:

**M en A. Ignacio M. Lizárraga
Gaudry.**

Por su paciencia y dedicación a mi persona para la conclusión de este proyecto que es parte fundamental de mi formación profesional, originando nuevos proyectos y planes futuros. Gracias.

A los
profesores:

Ing. Anselmo Llanos R.

Por su valiosa aportación al presente trabajo.

Ing. Francisco Mejía M.

Por brindarme su amistad y su valioso apoyo para este proyecto.

Ing. Pablo M. Pavía O.

Por tu valioso apoyo, por ser mas que un compañero y amigo.
Gracias hermano.

A las
instituciones:

U.N.A.M

Por ser mi casa.

F.E.S Acatlán

Por brindarme la oportunidad de haber iniciado y concluir el proyecto fundamental de mi vida.

CONAE, IIE, Fuerza eólica de istmo S.A., C.F.E

Por las facilidades otorgadas.

Central eólica la Ventosa (C.F.E.)

Ing. Aguilera, por su tiempo y facilidades otorgadas.

C.F.E Huatulco

Ing. Francisco J. Cosmes.

Ing. Francisco Cleris.

Por las facilidades otorgadas.

A mis Amigos:

**Jesús, José, Francisco Almaraz,
Oscar Muñoz, Arturo González,
Patricia Solache, Carlos Vega,
Alejandra Avila, Carlos
Sandoval, Julieta Galindo,
Guadalupe Piña, Francisco
Ladino, Isela Santiago, Pablo
Pavía, Arturo Ruperto Glez.,
Omar Morales.**

Por su apoyo y amistad sincera.

A Dios,
gracias:

Por haberme permitido concluir una etapa más de mi vida.

ÍNDICE

ABREVIATURAS	VIII
INTRODUCCIÓN	IX
CAPÍTULO I HISTORIA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ALTERNATIVA.	
I.1 INICIO DE EMPRESAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO.	2
I.2 ANÁLISIS DEL DECRETO EXPROPIATORIO A EMPRESAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	8
I.2.1 Aspectos técnicos de la nacionalización.	13
I.3 HISTORIA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA EN MÉXICO.	15
I.4 HISTORIA DE LA GENERACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO	19
I.5 HISTORIA DE OTRAS FUENTES DE GENERACIÓN ALTERNATIVA EN MÉXICO	21
I.5.1 Inicios	
I.5.2 Biomasa	22
I.5.3 Minihidráulica	
I.5.4 Energía geotérmica	23
I.5.5 Energía hidroeléctrica	24
I.6 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y ENERGÍA ALTERNATIVA EN LA ACTUALIDAD.	
I.6.1 El Sistema Eléctrico Nacional.	25
I.6.2 Generación de energía eléctrica y energía alternativa.	27
I.6.2.1 Las plantas termoeléctricas convencionales	
I.6.2.2 Plantas hidroeléctricas	28
I.6.2.3 Centrales geotermoeléctricas	29
I.6.2.4 Central nucleoelectrica	
I.6.2.5 Central eoloelectrica	30
I.6.2.6 Generación por energía solar	31
I.6.2.7 Generación por biomasa.	

CAPÍTULO II ENERGÍA SOLAR Y EÓLICA

II.1	GENERACIÓN DE ENERGÍA: SOLAR Y EÓLICA (SISTEMAS HÍBRIDOS)	
II.1.1	Sistemas híbridos.	34
II.1.2	Generación de energía solar	
II.1.2.1	Colectores de placa plana	37
II.1.2.2	Colectores de concentración o receptores centrales	38
II.1.2.3	Hornos solares	40
II.1.2.4	Enfriamiento solar	
II.1.2.5	Sistemas fotovoltaicos.	
II.1.2.5.1	Celdas de silicio mono y policristalino	42
II.1.2.5.2	Película delgada	44
II.1.2.5.3	Módulos fotovoltaicos	45
II.1.2.6	Dispositivo de almacenamiento de la energía solar	48
II.1.2.6.1	Baterías	
II.1.2.6.1.1	Dimensionamiento de la batería.	
II.1.2.6.2	Capacidad.	
II.1.2.6.2.1	Capacidad de régimen.	
II.1.2.6.2.2	Profundidad de descarga.	49
II.1.2.7	Tipo de batería.	
II.1.2.7.1	Las placas	50
II.1.2.7.2	Funcionamiento de las baterías	
II.1.2.8	Controlador de carga	51
II.1.2.8.1	Capacidad del controlador.	52
II.1.2.8.1.1	Voltaje del controlador.	53
II.1.2.9	Centro de distribución de carga	55
II.1.2.10	Convertidor de voltaje Cd/Cd	
II.1.2.11	Inversor	
II.1.2.11.1	Forma y tipo de onda.	56
II.1.2.12	Rendimiento de la conversión de potencia	57
II.1.2.12.1	Potencia de régimen	
II.1.2.12.1.1	Factor de potencia.	
II.1.2.12.2	Régimen de funcionamiento.	
II.1.2.12.3	Tensión de entrada.	
II.1.2.12.4	Capacidad de sobretensión transitoria.	58
II.1.2.12.5	Regulación de tensión.	
II.1.2.12.6	Protección de tensión.	
II.1.2.12.7	Frecuencia.	
II.1.2.12.8	Modularidad.	

II.1.3	Generación de energía eólica	59
II.1.3.1	Factores condicionantes.	60
II.1.3.2	Medición del viento.	63
II.1.3.3	Unidades de medición del viento.	65
II.1.3.4	Selección del emplazamiento.	
II.1.3.5	Mapas eólicos.	67
II.1.3.6	Distribución de velocidades.	68
II.1.3.7	Perfil de velocidades.	70
II.1.3.8	Estadísticas de viento en la República Mexicana.	72
II.1.3.9	Aerogeneradores.	73
II.1.3.10	Principales componentes de los aerogeneradores.	77
II.1.3.11	Evolución tecnológica de los aerogeneradores.	81
II.1.3.12	Expectativas del futuro de la energía eólica a corto plazo.	
II.1.3.13	Rentabilidad de las centrales eólicas.	82
II.2	POTENCIAL SOLAR Y EÓLICA DE MÉXICO	
II.2.1	Potencial solar.	83
II.2.2	Potencial solar de México.	84
II.2.3	Potencial eólico de México.	87
II.3	ANÁLISIS DE COSTO KW-H Y COMPARACIÓN CON OTRAS FUENTES DE ENERGÍA.	91
II.3.1	Análisis de costo de generación de energía eléctrica por medio de fotoceldas en una granja de generación.	93
II.3.2	Análisis de costo de generación de energía eléctrica por medio de aerogeneradores en una granja de generación.	95
II.3.2.1	Datos técnicos.	96
II.3.2.2	Desarrollo de análisis	97
II.3.3	Análisis de costos de generación de energía eléctrica por métodos convencionales.	99

II.4	ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO.	101
II.4.1	Análisis del proyecto Huatulco.	102
II.4.1.1	Alternativas	103
II.4.1.2	Situación actual.	
II.4.1.3	Demanda	104
II.4.1.4	Oferta.	
II.4.1.5	Optimización actual.	105
II.4.2	Situación con proyecto.	
II.4.3	Costos y beneficios.	107
II.4.3.1	Valoración de los costos y beneficios.	109
II.4.4	Flujo de caja del proyecto Huatulco.	111
II.4.5	Localización óptima	114
II.4.6	Precios.	115
II.4.6.1	Efectos indirectos.	117
II.4.6.2	Externalidades.	
II.4.6.3	Efectos intangibles.	118
II.4.6.4	Tratamiento de impuestos y subsidios.	
II.4.7	Análisis financiero.	119
II.5	MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA SOLAR Y EÓLICA.	122
II.5.1	Mantenimiento de sistemas de generación de electricidad por medio de un sistema fotovoltaico	
II.5.2	Mantenimiento de aerogeneradores de 225 Kw. de producción de energía a gran escala marca Vestas. (Dinamarca)	124
II.6	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA SOLAR Y EÓLICA.	126
II.6.1	Ventajas de la generación de energía solar	
II.6.1.1	Desventajas de la generación de energía solar	127
II.6.2.	Ventajas de la generación de energía eólica.	
II.6.2.1	Desventajas de la generación de energía eólica.	128

CAPÍTULO III ESTUDIO DE CASO: ZONA HOTELERA HUATULCO, OAXACA

III.1	DESCRIPCIÓN DEL SITIO.	130
	III.1.1 Infraestructura social y de comunicaciones	132
	III.1.2 Actividad económica	133
	III.1.3 Zona turística	134
	III.1.4 Organización y estructura de la administración pública municipal	135
	III.1.5 Descripción del sitio propuesto a la planta de generación	137
III.2	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA ACTUAL.	139
III.3	SELECCIÓN DEL SISTEMA HÍBRIDO	143
III.4	DEMANDA SOLICITADA, ANÁLISIS DE DEMANDA Y COSTOS A FUTURO, AL AÑO 2015.	144
	III.4.1 Demanda actual de energía eléctrica de la zona hotelera de Huatulco.	
	III.4.2 Energía eléctrica requerida	145
	III.4.3 Crecimiento de la capacidad por tipo de planta.	147
	III.4.4 Opción de expansión de la capacidad de generación en el período 2008 - 2015.	150
III.5	BENEFICIOS	
	III.5.1 Beneficios por opción de generación por medio de fotoceldas.	152
	III.5.2 Beneficios por opción de generación por medio de aerogeneradores.	153
	III.5.3 Opción de un sistema híbrido.	
	CONCLUSIONES	155
	UNIDADES FÍSICAS	158
	BIBLIOGRAFÍA	159

ABREVIATURAS

ANES	Asociación Nacional de Energía Solar.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.
COFER	Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables.
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
CONAE	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.
COPAR	Costos y Parámetros de Referencia.
CRE	Comisión Reguladora de Energía.
DIF	Departamento de Integración Familiar.
FONATUR	Fondo Nacional de Fomento al Turismo
IIE	Instituto de Investigaciones Eléctricas.
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
LFC	Luz y Fuerza del Centro.
SEMARNAP	Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca.
SEN	Sistema Eléctrico Nacional.
SENER	Secretaría de Energía.
SI	Sistema Interconectado.
SSA	Secretaría de Salubridad y Asistencia.
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es despertar el interés sobre la problemática mundial con respecto a las fuentes energéticas convencionales.

En este momento existe una sobre demanda en los energéticos, que a su vez genera precios competitivos como recursos primarios para la generación de energía eléctrica.

Estos recursos tendrán que agotarse en el futuro y por ello la importancia de la creación de nuevas tecnologías para generar electricidad, que en México a pesar de que cuenta con recursos petrolíferos considerables estos serán agotados y en consecuencia sufrirá del colapso energético en México y a nivel Mundial. Problemática que actualmente se empieza a reflejar.

Conforme se explotan nuevos yacimientos de petróleo, estos incrementan sus costos y por ello un ajuste paulatino de este recurso que es de vital importancia como se ha mencionado.

Los actuales avances en materia de investigación y desarrollo con respecto a las fuentes renovables de energía están muy lejos de garantizar la oferta energética mundial del presente.

Para México, los sustitutos naturales del petróleo para la generación de electricidad, considerando los niveles de demanda de potencia en MW y de consumo de energía en MWH, pueden ser: La hidroeléctricidad, la geotermia, la energía solar y la energía eólica.

Debido al constante crecimiento desmedido de la demanda de energía y la gran contaminación al medio ambiente, ha originado el interés de grupos ambientalistas a nivel internacional y nacional entre ellos se encuentra GREENPACE¹¹ y La Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Este último organismo que depende del Gobierno Federal, con este último creó la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, (CONAE) quien en conjunto con la Secretaría de Energía establecen las normas ecológicas para la generación de energía eléctrica.

La CONAE ha dispuesto de un departamento especializado en la generación de energía alternativa, así como un departamento de cogeneración y autoabastecimiento donde existen proyectos de generación, los cuales no han sido tomados en cuenta. Si embargo han despertado el interés del ahorro de energía, que en la actualidad nos es más barato el ahorro de energía que producir por las nuevas plantas generadoras.

Como constructor es de vital importancia concientizar las propuestas de ahorro, así como proponer sitios idóneos, no solamente para la construcción de hidroeléctricas, si no también para fuentes alternativas con una visión en Ingeniería Ambiental.

¹¹ GREENPACE Organismo ambientalista internacional, dedicado a la defensa del medio ambiente que depende de recursos propios sin fines de lucro.

Con las propuestas establecidas por el Gobierno Federal y una nueva reforma eléctrica en donde se deberán establecer candados y normas para el Autoabastecimiento, será una alternativa importante y de solución a un corto plazo.

Aún que Comisión Federal de Electricidad (CFE) niega un posible desabasto en un futuro, las actuales plantas de generación en su mayoría han llegado a su fin de su vida útil.

El análisis de costo beneficio, es muy complejo y para desarrollarlo se requiere de gente especializada en costos, estudio de mercado, investigadores, economistas así como de tiempos muy extensos para ejecutar un estudio previo.

En el presente trabajo sólo reflejaremos superficialmente este análisis por lo complejo que resulta operar este tipo de estudios.

Para nuestro estudio aplicaremos un análisis de costo beneficio simplificado, ya que el costo total de inversión supera los 40 millones de pesos, esto llevando los lineamientos propuestos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

El siguiente análisis está propuesto para ser ejecutada por la iniciativa privada una vez que la reforma eléctrica lo permita, para que pueda invertir en este tipo de obras de infraestructura básica de generación de energía, para su venta y distribución por (CFE) y poder aliviar líneas de transmisión parcialmente.

Actualmente CFE opera una planta piloto en la zona de la Ventosa en Ixtaltepec, Oaxaca, dentro del Istmo, debido a la rentabilidad del mismo ha optado por ampliar su capacidad y así considerarla como una planta generadora de energía eléctrica, en la actualidad no la considera por ser una planta piloto (en etapa de prueba).

La evolución del sector eléctrico ha pasado por diferentes etapas, en sus inicios sólo era para uso de autoabastecimiento, en la industria minera, textil y posteriormente para el alumbrado público, desde ese momento se creó la necesidad de generar para uso doméstico a principios de los años 20's donde a través del tiempo ha sufrido una transformación lenta, pasando por diferentes ciclos de generación y quedando homologada en 60 Hertz.

Actualmente se cuenta con plantas muy antiguas por ello las deficiencias en la calidad del servicio, Donde CFE ha puesto interés es en los grandes desarrollos turísticos ya que son potencialmente rentables debido al turismo de gran escala.

Por lógica esos complejos son explotados por el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR) y donde se obtiene gran cantidad de recursos para su financiamiento y crecimiento, uno de esos complejos turísticos es Huatulco.

Los sistemas solares en la actualidad representan como segunda opción para la generación de energía eléctrica a gran escala, debido a los altos costos que se tienen que cubrir.

Se mencionarán algunas características técnicas superficialmente así como un estudio de generación muy general, que representa una aproximación de costo al mercado real.

La energía eólica es más rentable que la fotovoltaica, se analizó un aerogenerador que se instalará en uno de los proyectos próximos a ejecutarse en la zona de la Ventosa. Se mencionará sus principales componentes, mantenimiento y costos de generación.

El objetivo planteado para el trabajo el cual se cumple dentro de los de costos que (CFE) analiza por las distintas formas de producción de energía eléctrica es:

“Analizar las alternativas de generación de energía eléctrica a un costo más razonable, sin dañar al medio ambiente, así como resolver la demanda de energía eléctrica en la zona hotelera de Huatulco, Oaxaca.”

Los resultados son viables para un desarrollo, sin embargo es importante llevar a cabo un estudio minucioso en el lugar que se llegara a instalar debido a los altos costos que tienen este tipo de equipos.

Los datos que se manejaron de velocidad son muy representativos y fueron proporcionados por una empresa que actualmente realiza estudios y cuenta con equipo de medición en la sierra al norte de la zona hotelera hacia los cafetales.

Estos datos son básicos, ya que sin estos no podríamos determinar los costos por KWH y así llegar a una conclusión.

Dentro del presente trabajo se propone una zona alternativa con posibilidades de desarrollo de un proyecto eólico a 60 Km. al poniente de Salina Cruz, en el Municipio de El Morro Mazatán, donde la mayor parte del territorio es una planicie, actualmente se encuentran sembradíos de Maíz, Frijol, sorgo y pastizales, región con posibilidades de un desarrollo Eco-Turístico ya que cuenta con una amplia zona de litoral y playas vírgenes. Esta propuesta podría ser analizada con interés y por gente especializada en esta materia.

CAPÍTULO I

HISTORIA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ALTERNATIVA.

Objetivo: Analizar, el funcionamiento de la industria eléctrica en México, desde sus inicios hasta la actualidad.

I.1 INICIOS DE EMPRESAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO.

La industria eléctrica desde sus inicios en México, ha sido austera hasta nuestros días, sin embargo no debemos pasar por alto su potencial y sus riquezas naturales. En sus inicios se impulso básicamente a dos sectores industriales, la del transporte y la industria de la generación y suministro de energía eléctrica.

“La industria eléctrica en México se inicia en 1879 con la instalación de la primera planta termoeléctrica en la fábrica textil de Hayser en Portillo en León, Guanajuato. En 1881 se instalaban en la Ciudad de México lámparas incandescentes para el alumbrado público.

En 1889 se ponía en marcha la primera planta hidroeléctrica con una capacidad de 22 Kw.; en Batopilas, Chihuahua, para las necesidades de la industria minera.

En 1892 en las minas Santa Ana en San Luis Potosí, en 1893 en la ciudad de Guadalajara recibió la energía hidroeléctrica que suministraba la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica, aprovechando las cataratas de Juanacatlán, situadas en el río Santiago.

En 1897 en las minas El Boleo y las explotaciones de Real del Monte en Pachuca; En 1898 La compañía canadiense The Mexican Light and Power Company, Ltd. Inicia trabajos para la prestación del servicio de energía eléctrica en la Ciudad de México.”¹¹

Las aplicaciones de la energía eléctrica en la industria textil y minera fueron muestra para otras ramas de la industria nacional con procesos de producción, vendiéndose la energía excedente a consumidores comerciales y particulares.

La capacidad de generación de energía eléctrica generada por pequeñas plantas, fue superada debido a la creciente demanda de la industria, servicios municipales y de los transportes; lo que generó la creciente formación de empresa dedicadas a la producción de energía eléctrica, apoyadas en la capitalización de las mismas y de concesiones adquiridas a costos muy bajos.

En 1899 la capacidad instalada era de 31 039 Kw.; en industrias textiles y mineras, todas de inversión privada, las concesiones para su instalación fueron otorgadas por autoridades federales, estatales y municipales.

¹¹ Datos tomados de:
C.F.E. (Comisión Federal de Electricidad), *El Sector Eléctrico De México*. (México, D.F., Editorial Fondo de cultura económica, 1994) p 727

Para satisfacer la demanda de energía en la zona central del país, el 10 de septiembre de 1902 se organizó en Toronto, Canadá, la Mexican Light and Power Company and Limited, con un capital inicial de 12,000,000 de dólares dividido en 120,000 acciones de 100 dólares cada una.

En 1903 se concesiona a The Mexican Light and Power Company, Ltd. ; la explotación de las caídas de las aguas de los ríos de Tenango, Necaxa y Xaltepuxtla.

En 1905 The Mexican Light and Power Company, Ltd.; controla las empresas compañía Mexicana de Electricidad, Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica y Compañía Explotadora de las Fuerzas Eléctricas de San Ildefonso, que operaban en su zona de influencia. De manera paralela construía su planta de Necaxa con seis unidades y una capacidad instalada de 31,500kW.

Así como la integración de las antiguas empresas dedicadas a atender las necesidades de la capital de la República, The Mexican Light and Power Company, Ltd.; se instalaba en la Ciudad de México como una entidad líder de capital extranjero.

El 6 de diciembre a las 15:00 horas se trasmite por primera ocasión y hasta la fecha, el fluido eléctrico de Necaxa a la Ciudad de México.

En 1906 The Mexican Light and Power Company, Ltd. obtiene las nuevas concesiones del gobierno federal y de las autoridades de los estados de Puebla, Hidalgo, México y Michoacán.

De los años de 1887 a 1911 se instalaron en México más de 100 empresas de luz y fuerza motriz con la mayor parte de capital mexicano, así como empresas de capital extranjero como la Mexican Light and Power Company, La Chápala Hydroelectric and Irrigation Company, La Guanajuato Power and Electric Company y la Río Conchos Electric Power and Irrigation Company.

Las empresas de capital extranjero tuvieron un amplio desarrollo sin tomar en cuenta las necesidades rurales de electrificación de nuestro país, como consecuencia los beneficios de la electrificación no llegaron a la mayor parte de la población, por ello la intervención del gobierno con medidas regulatorias y de diversa índole; Reconociendo la importancia de la industria eléctrica en los aspectos social, económico, político y de interés nacional.

Al crear a la energía eléctrica como una necesidad, demostraba su utilidad para el desarrollo de la industria del país; las concesiones para la explotación del aprovechamiento del agua adquirirían un valor incalculable.

Al principio estas concesiones fueron de tiempo razonable pero conforme la industria eléctrica fue creciendo, las duraciones de las mismas se incrementaron en perjuicio del interés público.

En la ley del 6 de Junio de 1894 se determinó un término máximo de 10 años, ampliándose a 20 a partir de un decreto expedido en 1902; Obviamente no se respetaban.

Las concesiones eran expedidas por plazos mayores; la Ley de aguas de 1910 estableció que las concesiones debían ser válidas por un periodo no menor a 20 ni mayor de 99 años.

Las cuales fueron otorgadas originalmente a mexicanos y adquiridas por compradores extranjeros, por lo tanto estos sistemas de concesiones fueron un fracaso.

Las concesiones generalmente expresaban la cantidad de agua que podía disponerse, la cantidad de corriente que debía generarse, la fecha que debía entregarse la corriente para consumo público y los intereses comerciales representados por el concesionario; existían en estos contratos estipulaciones sobre el derecho de vía, exenciones de impuestos y derechos de importación; el derecho del gobierno para fijar las tarifas y las obligaciones de los concesionarios para pagar todos los gastos de inspección; la duración de la concesión; las condiciones para la revocación de los derechos asentados, juntamente con las disposiciones para volverlos a disfrutar.

En 1923 fue creada La comisión para el fomento y Control de la Industria de Generación de Fuerza, después llamada Comisión Nacional de Fuerza Motriz, por el presidente Alvaro Obregón, fue el primer intento por tomar el control por parte del gobierno; reconociendo la importancia de la industria eléctrica, para el desarrollo económico y social del país.

Este organismo puso en práctica normas para restringir las ganancias excesivas y las actividades monopólicas de las compañías eléctricas, cuidando de no afectar las inversiones futuras en la industria; realizó esfuerzos para evitar confrontaciones entre las empresas y los consumidores, proponiendo reformas a la legislación sobre aguas a fin de evitar el otorgamiento de títulos sin control.

En 1926 apareció la primera obra legislativa en materia, el Código Nacional Eléctrico y la reforma a la fracción X del artículo 73 de la constitución que otorgó al Congreso Federal la facultad para legislar sobre energía eléctrica, constituyeron las bases fundamentales para sustentar una estructura legal reguladora del servicio público.

El código previno como:

“Exclusiva jurisdicción del poder federal, la reglamentación, y regulación y vigilancia de la generación de energía eléctrica por medios industriales, así como determinar los requisitos técnicos a que deben sujetarse a la construcción, el manejo y conservación de las instalaciones existentes o que se restablezcan en la República para la generación, transformación, transmisión, distribución y utilización de dicha energía, a efecto de procurar el mejor aprovechamiento de ese elemento natural, proteger la vida de las personas y garantizar las propiedades.”¹²

En abril de 1926 fue expedido el Código Nacional Eléctrico para iniciar la normalización técnica.

¹² México, Leyes, estatutos, etc., “Código Nacional Eléctrico y la reforma a la fracción X del artículo 73 de la constitución,” *Diario Oficial* (México, D.F.: 18 de enero de 1934) pp.208-209.

En 1933, el 2 de diciembre, El Presidente Constitucional sustituto, general Abelardo L. Rodríguez, envía al Congreso de la Unión, la iniciativa para la creación de la Comisión Federal de Electricidad, el día 29 del mismo mes y año, el Congreso de la Unión aprueba el proyecto del Decreto.

La declaración y la posterior creación de la Comisión Federal de Electricidad tuvieron un crecimiento y a su vez una demanda creciente de energía, que obligaron a las empresas privadas a disminuir sus inversiones y frenaron el desarrollo eléctrico hasta 1943, por tal motivo la capacidad instalada del servicio público creció, entre 1937 y 1943, a menos de 1% anual.

La regulación de tarifas por parte del estado y las diversas medidas de control y vigilancia que se dictaron para implantar un orden jurídico; en el que la industria eléctrica Mexicana se constituyera como un verdadero servicio público.

Crecía la población y con ella la demanda de servicios, entre otros el de la energía eléctrica, obligando a la Mexican Light and Power Co.; a elevar la capacidad de la planta de Necaxa y a modernizar las de Nonoalco y Tepéxic.

En esos años adquirió la planta hidroeléctrica del Río Alameda, La Compañía de Luz y Fuerza de Toluca, la Temascaltepec y la de Cuernavaca.

El día 20 de enero de 1934, se publica en el Diario Oficial el Decreto para la creación de la Comisión Federal de Electricidad.

El 14 de agosto de 1937 se crea la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y se expiden en 1939 la Ley del Impuesto sobre consumo de energía eléctrica y la Ley de la industria eléctrica.

Las prácticas monopólicas de las empresas más poderosas (la compañía Mexicana de Luz y Fuerza, de capital anglocanadiense y el grupo de Impulsora de Empresas Eléctricas, que estaba ligado a través de la American and Foreign Company, con la Electric Bond and Share de Estados Unidos de América) provocando en no más de treinta años la formación de grupo de intereses que denominaron el panorama de la industria eléctrica en México.

En 1940 se inicia el proceso de nacionalización de la industria eléctrica; en 1949 El Presidente de la República, Lic. Miguel Alemán, expide el Decreto que hizo de la Comisión Federal de Electricidad un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio.

En 1960 se inicia la nacionalización de la industria eléctrica con la compra de las empresas que tenían a su cargo el suministro de la energía eléctrica.

El gobierno adquirió en 52 millones de dólares, el 90% de las acciones de The Mexican Light and Power Co.; y se comprometió a saldar los pasivos de esa empresa que ascendían a 78 millones de dólares.

Por la suma de 70 millones de dólares obtuvo las acciones de la American and Foreign Power Co.. Posteriormente finiquitaron la operación obligando a ambas empresas a invertir en México el dinero que recibieran para evitar una excesiva fuga de divisas.

Con la compra de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz (denominación que adquirió The Mexican Light and Power Co.) y sus filiales, la nación que adquirió The Mexican Light and Power Co. ; y sus filiales, 19 plantas generadoras que servían al Distrito Federal y a los estados de Puebla, México, Michoacán, Morelos e Hidalgo; 15 plantas hidráulicas y 3 térmicas, cuya capacidad instalada ascendía a 667,400 KW. 137 Km. de línea de transmisión de doble circuito trifásico en el sistema de 220 KW; 700 Km.

Aproximadamente de líneas de transmisión y distribución de circuitos trifásicos en sistemas de 20 KV; dos subestaciones transformadoras de Cerro Gordo, México y El salto Puebla, conectadas a la línea de 229 KV y con capacidad, en conjunto, de 400,000 KVA; 38 subestaciones receptoras conectadas a la red de transmisión de 85 y 60 KV, con capacidad de transformación de 1'000,000 KVA; gran número de bancos de transformadores conectados a las redes de 44 y 20 KV en diversos puntos del sistema, con una capacidad de 230,000 KVA; 4,500 Km de líneas primarias de distribución de 6 KV (circuitos trifásicos); 11,000 transformadores de distribución con capacidad de 670,000 KVA; y 6,800 Km de líneas de baja tensión.

**PLANTAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIEDAD DE THE MEXICAN LIGHT AND POWER CO.
EN 1960. ¹³**

PLANTA HIDROELÉCTRICA	CAPACIDAD DE GENERACIÓN
Necaxa	115,000 KW
Patla	45,600 KW
Tezcapa	5,367 KW
Lerma	79,945 KW
Villada	1,280 KW
Fernández Leal	1,280 KW
Tlilán	680 KW
Juandó	3,600 KW
Cañada	1,215 KW
Alameda	8,800 KW
Las Fuentes	264 KW
Temascaltepec	2,336 KW
Zictepec	384 KW
Zepayautla	664 KW
San Simón	1,770 KW
TERMOELÉCTRICAS	
Nonoalco	92,500 KW
Tacubaya	30,900 KW
Lechería	230,800 KW

¹³ Datos tomados de:

C.F.E. (Comisión Federal de Electricidad), *El Sector Eléctrico De México*. (México, D.F., Editorial Fondo de cultura económica, 1994) P.123 Apéndice estadístico cuadro A6

Además de los bienes citados la nación recibió el edificio situado en la esquina de Melchor Ocampo y Marina Nacional de la Ciudad de México y todos los demás inmuebles y muebles de las estaciones y plantas termoeléctricas e hidroeléctricas, así como equipos y materiales de oficina.

Ese año el entonces Presidente Adolfo López Mateos envió al senado el proyecto de reforma al Artículo 27 constitucional, el cual fue aprobado y publicado en el Diario Oficial el 23 de diciembre de 1960, quedando a partir de ese momento, consumada jurídica y financieramente la nacionalización de la industria eléctrica.

Decreto: "Artículo Único.- Se adiciona al párrafo sexto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos el siguiente":

"Corresponde exclusivamente a la nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines".¹⁴

¹⁴ México, Leyes, estatutos, etc., "Decreto que declara adicionado en el párrafo sexto del artículo 27 de la constitución política de los Estados Unidos Mexicanos del 23 de diciembre de 1960." *Diario Oficial* (México, D.F.: 29 de diciembre de 1960)

I.2 ANÁLISIS DEL DECRETO EXPROPIATORIO A EMPRESAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

En enero de 1934 se autorizó al Ejecutivo Federal a constituir la Comisión Federal de Electricidad, la cual fue creada el 14 de agosto de 1937. La planeación en el desarrollo eléctrico, la mejor explotación y ubicación de los recursos, la planeación con los programas de desarrollo económico y la formación de técnicos fue la labor (CFE).

El 11 de febrero de 1939 se publicó en el *Diario Oficial de la Federación* la primera Ley de la Industria Eléctrica, en la que se definió a la electricidad como un servicio público que puede ser prestado por el Estado o por los particulares mediante concesiones.

“En 1951, los 1 400 MW de capacidad instalada fueron integrados por Méx-Light (378 MW), Impulsora (197 MW), propiedad estatal (26.5 por ciento: 370 MW) con CFE, y Eléctrica Chápala y otros inversionistas (455 MW)”¹⁵

El gobierno mexicano, adquirió en abril de 1960 la totalidad de los bienes de Impulsora de Empresas Eléctricas, filial de American and Foreign Power Company y subsidiaria, a su vez, de Bond and Share. Asimismo adquirió la mayoría de las acciones de Mexicana de Luz y Fuerza Motriz.

La nacionalización de la industria eléctrica en 1960 es el hecho de mayor importancia en la evolución del sector eléctrico.

La iniciativa presentada por el ejecutivo federal para adicionar el párrafo sexto del artículo 27 constitucional confirmó:

El propósito del gobierno de procurar que; “El desenvolvimiento y los progresos nacionales resulten armónicos en sus beneficios para todos los habitantes de la República”. La actividad gubernamental en materia de energía eléctrica debe orientarse a permitir que todos los mexicanos cuenten con este recurso.

La tarea indeclinable de atender “las crecientes demandas de energía eléctrica en la agricultura, la industria, en las comunicaciones y transportes, así como en las diversas actividades económicas de la población urbana y rural, de acuerdo con el ritmo de su crecimiento.”

¹⁵ Datos tomados de:

C.F.E. (Comisión Federal de Electricidad), *El Sector Eléctrico De México*. (México, D.F., Editorial Fondo de cultura económica, 1994) P.29 Apéndice estadístico cuadro A1

“La presentación del servicio público de abastecimiento de energía eléctrica queda a cargo del Estado y tal actividad se sustenta en razones de beneficio social y no en motivos de interés particular.”¹⁶

Apoyados en estos principios, el Congreso de la Unión adiciona el párrafo sexto del artículo 27 constitucional. (párrafo antes mencionado)

En su informe de gobierno, unos meses antes, el presidente López Mateos dió a conocer al país la adquisición de la mayoría de las acciones de la Compañía Mexicana de Luz Fuerza Motriz, que se encontraba en poder de inversionistas de varias nacionalidades: “belga, norteamericana, británica y canadiense.” La compra de las acciones se realizó a través del Banco de México y Nacional Financiera, con el auxilio de varias instituciones bancarias y financieras extranjeras.

El gobierno mexicano se convirtió así en accionista mayoritario de dicha empresa al adquirir 95% de las acciones comunes y 74% de las preferentes. Esta acción no repercutió en las relaciones internacionales del país, ya que en varios países como Francia, Italia y el Reino Unido, la industria eléctrica estaba en manos del Estado.

A partir del 27 de septiembre de 1960, la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S.A., fue administrada por un nuevo consejo designado por la asamblea general de accionistas de la sociedad.

Posteriormente, la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S.A. y sus filiales L.M. Guibara Sucesores, S en C. y compañía Mexicana Hidroeléctrica y de Terrenos, S.A., fueron autorizadas para enajenar a la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A., que cambio su denominación por la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A., la totalidad de sus bienes y derechos de cualquier índole.

La mayoría de las acciones de la Mexican Light Power Company quedaron en propiedad del gobierno de México y a su vez, esta empresa continuó como propietaria de casi todas las acciones de la Compañía de Luz y Fuerza y Fuerza del Centro, S.A., y sus asociadas: Compañía de Luz y Fuerza de Pachuca, S.A., Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca, S.A. y compañía Mexicana Meridional de Fuerza, S.A.

Todos los bienes de estas compañías quedaron sujetos a garantía hipotecaria, según contrato de fideicomiso e hipoteca al día 1 de febrero de 1950 que celebraron la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A., (Mex-Light) y sus subsidiarias, con el National Trust Company Limited, de Canadá.

¹⁶ Datos tomados de:

C.F.E. (Comisión Federal de Electricidad), *El Sector Eléctrico De México*. (México, D.F., Editorial Fondo de cultura económica, 1994) P. 28.

“El 21 de abril del año de 1960, en la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, se suscribió en convenio de compraventa de los activos de las empresas eléctricas que hasta el momento estaban bajo la administración de la Compañía Impulsora de Empresas Eléctricas, S.A., propiedad de American and Foreign Power Company, Inc. subsidiaria a su vez de consorcio norteamericano Electric Bond and Share.”¹⁷

Este documento fue suscrito por el licenciado Antonio Ortiz Mena en representación del gobierno federal (a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y de Nacional Financiera, S.A.), así como los representantes de la American and Foreign Power Company, Inc. , y las compañías eléctricas Mexicana del Norte, S.A., Mexicana del Centro, S.A., Mexicana del Sureste, S.A., Nacional, S.A., de Electricidad de Tampico, S.A., Eléctrica de Mérida y Nacional de Bienes Raíces, S.A..

La operación de compraventa surtió sus efectos retroactivamente el 31 de marzo de 1960 y el precio estipulado fue de 65 millones de dólares cinco millones pagados en efectivo el 26 de abril de 1960 y el resto pagaderos a 15 años, en forma semestral, con causa de intereses al 6.5% anual sobre saldos insolutos.

Nacional Financiera asumió deudas contraídas por las compañías vendedoras, que ascendían a 32 099 715 dólares. Debe mencionarse que los sesenta millones que serían pagados en un plazo máximo de 15 años debían invertirse en negocios en México que impulsaran el desenvolvimiento de la economía nacional.

Con la compra de acciones de las empresas integrantes de los dos consorcios más importantes en el país en materia de generación y suministro de energía eléctrica, el proceso de integración tuvo un avance definitivo.

En el que el control de servicio público lo asumió el gobierno federal, a través de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S.A., del grupo nacional Financiera Empresas Eléctricas y de la propia Comisión Federal de Electricidad con 19 afiliadas.

Con fecha de 19 de enero de 1962, se publicaron en el Diario oficial de la Federación las primeras tarifas de aplicación nacional, eliminando así la existencia de 168 juegos de tarifas que se venían aplicando en diversas regiones del país, lo que repercutió de manera positiva en un trato sobre las bases de igualdad para los diferentes tipos de usuarios.

El control y propiedad de la industria de suministro eléctrico permitió:

- planeación uniforme según programas nacionales;
- unificación de frecuencias de operación;
- interconexión de sistemas;
- un solo régimen tarifario, existían 168;
- normatividad nacional;
- capacitación profesional;
- optimización de recursos;
- menor y mejor administración y gerencia.

¹⁷ Datos tomados de:
C.F.E. (Comisión Federal de Electricidad), *El Sector Eléctrico De México*. (México, D.F., Editorial Fondo de cultura económica, 1994) P. 29.

En 1963 se cambia la denominación social del organismo al de Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A. los sistemas de generación de energía eléctrica no eran uniformes, lo que impedía la unificación del servicio en todo el país.

A partir de la nacionalización y hasta 1972, la Comisión Federal de Electricidad, además de intensificar sus actividades como empresa pública responsable de la prestación del servicio público en gran parte del territorio nacional, prosiguió con la adquisición de instalaciones, bienes y derechos de diversas empresas eléctricas que continuaban funcionando en el país.

Las acciones para lograr la consolidación continuaron y el 14 de agosto de 1967 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, bajo el rubro de la Secretaría del Patrimonio Nacional, el acuerdo que autorizaba a la Comisión Federal de Electricidad a disolver y a liquidar sus filiales.

El activo de 19 empresas se incorporó al patrimonio de la Comisión, la que asumió las obligaciones y adeudos.

Los beneficios técnicos, económicos y sociales, se manifestaron de inmediato:

la industria se expandió y atendió áreas no cubiertas anteriormente;
electrificación de zonas deprimidas y rurales;
formación de un cuerpo técnico de experiencia;
integración de departamentos de planeación, de ingeniería, diseño y construcción;
especialización en transmisión y distribución.

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

Empresas consultoras que han auditado a la (CFE) expresan que los indicadores de productividad, eficiencia en generación, fallas en equipos, interrupciones por usuario y otros, compiten con empresas de países desarrollados.

El sector eléctrico en México comprende dos empresas propiedad de la Nación: (CFE) y Luz y Fuerza del Centro, esta última opera en el área metropolitana de la Ciudad de México y la primera en el resto del país. Las dos paralelamente en generación, transmisión y distribución.

En 1974 se autoriza a la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A., a realizar los actos necesarios y procedentes para su disolución y liquidación.

En 1989 se reforma la Ley del Servicio Público de Energía (crear enlace), previéndose que el Ejecutivo Federal disponga la constitución, estructura y funcionamiento del servicio que venía proporcionando la Compañía de Luz y Fuerza del Centro en liquidación.

Decreto del 21 de diciembre de 1989, publicado en el Diario Oficial de la Federación del día 27 del mismo mes y año y que a la letra se transcribe:

"DECRETO" por el que se reforma la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Presidente de la República.

CARLOS SALINAS DE GORTARI, Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, a sus habitantes, sabed:

Que el H. Congreso de la Unión, se ha servido dirigirme el siguiente:

DECRETO

"EL CONGRESO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, DECRETA: SE REFORMA LA LEY DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

ARTÍCULO ÚNICO.- Se reforma el Artículo Cuarto Transitorio de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica para quedar como sigue:

ARTÍCULO CUARTO.- Las empresas concesionarias, entrarán o continuarán en disolución y liquidación y prestarán el servicio hasta ser totalmente liquidadas. Concluida la liquidación de la compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A., y sus asociadas Compañía de Luz y Fuerza de Pachuca, S.A., Compañía Mexicana Meridional de Fuerza, S.A., y Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca, S.A., el ejecutivo Federal, dispondrá la constitución de un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonios propios, el cual tendrá a su cargo la prestación del servicio que ha venido proporcionando dichas Compañías. El Decreto de creación del organismo establecerá, con arreglo a esta disposición, la estructura, organización y funciones que tendrá el propio organismo para el adecuado cumplimiento de sus fines." ¹⁸

En 1993 las demandas de la creciente población y el medio rural, fueron determinando la necesidad de que el estado interviniera para dictar las medidas administrativas a fin de que se creara un organismo que proporcionara los servicios de energía eléctrica dando un sentido social y más moderno a la electrificación.

En 1994 el 9 de febrero se crea por decreto presidencial el organismo descentralizado Luz y Fuerza del Centro, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

¹⁸ México, Leyes, estatutos, etc., "Decreto que reforma la ley del servicio publico de energía eléctrica," *Diario Oficial* (México, D.F.: 27 de diciembre de 1989)

1.2.1 Aspectos técnicos de la nacionalización.

La nacionalización de la industria eléctrica respondió a la necesidad de integrar el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) de extender la cobertura del suministro y de acelerar la industrialización del país.

Para ello, el estado mexicano adquirió los bienes e instalaciones de las compañías privadas que operaban con serias deficiencias por la falta de inversión de capital y por los problemas laborales que enfrentaban.

En las regiones apartadas de las grandes ciudades, la electricidad se convirtió rápidamente en un recurso necesario para el bombeo de agua de riego, el arrastre y la molienda, pero sobre todo para el alumbrado público.

Es de mencionarse dos aspectos muy importantes: la interconexión de los sistemas eléctricos de las diversas empresas y la unificación de frecuencias. Para resolver el primer aspecto se requirió enfrentar y resolver la problemática derivada de la existencia de las diferentes normas técnicas diferentes, que se aplicaban en las diversas empresas generadoras de electricidad.

“Existiendo cerca de 30 tensiones de distribución primaria, siete de alta tensión para las líneas de transmisión y dos frecuencias eléctricas, 50 ciclos en la zona central y 60 en el resto del país.”¹⁹

Una vez hechos los estudios pertinentes, en cuanto las líneas de transición, algunas de las tensiones fueron suprimidas y otras homologadas, adicionando las que actualmente son utilizadas para la transmisión de grandes bloques de energía a puntos distantes, en redes de distribución en la que solo se conservaron las de 13200 y 20000 volts.

“En 1960, de los 2,308 MW de capacidad instalada en el país, la CFE aportaba el 54%, la Mexican Light el 25%, la American and Foreign el 12% y el resto de las compañías el 9%. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de generación y electrificación, para estas fechas apenas el 60% de la población contaba con electricidad.”¹¹⁰

Desde la creación de la (CFE), la población creció en un 91% (34.9 millones de habitantes), acompañada de una metamorfosis en el desarrollo de la industria, la agricultura y otras actividades urbanas y rurales.

¹⁹ Datos tomados de:

Sergio Sánchez Guevara, *El Sindicato Mexicano de Electricistas ante la reestructuración productiva de la empresa Luz y Fuerza del Centro* (México, Atzacapozalco, D.F., 2000.:Departamento de Administración de la UAM-A.)

¹¹⁰ Datos tomados de:

C.F.E. (Comisión Federal de Electricidad), *El Sector Eléctrico De México*. (México, D.F., Editorial Fondo de cultura económica, 1994) P. 123.

En 1967 concluyó la integración de los Sistemas de Operación Norte, Oriental, Occidental y Central. Ese mismo año se logró la primera interconexión de los sistemas Oriente y Occidental en uno solo denominado (ORIOC).

Para la homologación de frecuencia se realizaron estudios detallados para dimensionar la complejidad del proyecto y tuvieron que transcurrir 12 años para iniciarlo, pasando antes por una fase piloto que modificó la frecuencia en el servicio prestado en Parras, Coahuila.

Una vez que se contaron con los elementos técnicos, el 22 de julio de 1971 se publicó el decreto que declaró de la utilidad pública la homologación de frecuencia eléctrica a 60 ciclos por segundo en todos los sistemas destinados al servicio público.

Posteriormente, el 10 de mayo de 1972 se creó, por decreto ejecutivo federal, el Comité de Unificación de Frecuencia como organismo público descentralizado, con el propósito de auxiliar a los usuarios del servicio del sistema central durante el proceso de cambio de frecuencia.

El cambio de frecuencia inició en 1972 y terminó en noviembre de 1976, tres años antes de la fecha de terminación establecida en el programa original. Estas acciones han permitido la conformación de un sistema interconectado nacional, así como un mejor aprovechamiento de las instalaciones eléctricas y de los recursos naturales utilizados, haciendo posible la normalización de equipos y reducción de costos.

I.3 HISTORIA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA EN MÉXICO.

Los primeros molinos movidos por el viento tienen un origen remoto y dudoso. Se sabe que, ya en el siglo VII en Persia, se utilizaban para regar y moler granos. En estos primeros molinos la rueda que sujetaba las aspas era horizontal y se sustentaba sobre un eje vertical. No resultaban muy eficientes, pero aún así, se extendieron por China y Oriente.

En Europa los primeros molinos aparecieron en el siglo XII en Francia e Inglaterra. Como características comunes tenían que, en la parte superior del molino sobresalía 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 tablones de madera y la energía generada por el giro del eje se transmitía, a través de un sistema de engranes, a la maquinaria del molino localizada en la base de la estructura.

Posteriormente, entre los siglos XV y XIX, se les dieron otras aplicaciones, como el bombeo de agua, aserraderos, fábricas de papel, prensado de semillas para producir aceite, etc. En el siglo XIX se llegaron a construir en Holanda unos 9000 molinos.

Desde mediados del siglo XVIII, se han introducido importantes mejoras. Siendo las más destacables 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 uso de las turbinas de viento para generar electricidad comenzó en Dinamarca a finales del siglo antepasado y se ha extendido por todo el mundo.

MOLINOS DE VIENTO EN CASTILLA LA MANCHA (ESPAÑA).

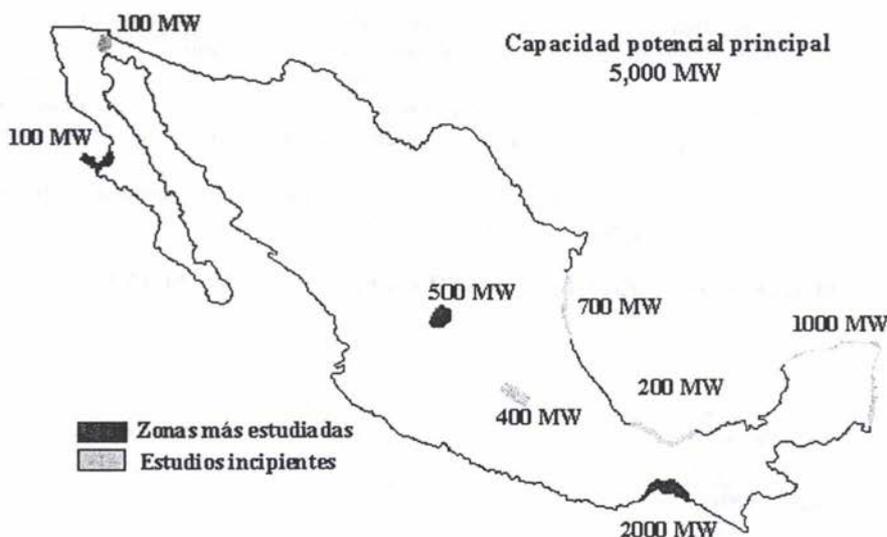


En el Siglo XX el hombre comienza a utilizar la energía eólica para producir electricidad pero en principio sólo para autoabastecimiento de pequeñas instalaciones. En la década de los noventa comienza el desarrollo de esta energía cuando se toma conciencia de la necesidad de modificar el modelo energético basado en los combustibles fósiles y la energía nuclear, por los problemas que estos causan al medio ambiente.

En los últimos diez años del Siglo XX y gracias a un desarrollo tecnológico y a un incremento de su competitividad en términos económicos, la energía eólica ha pasado de ser un proyecto marginal a una realidad que se consolida como alternativa futura y de momento complementaria, a las fuentes contaminantes.

“En México se cuenta con la planta piloto central eólica de la Ventosa en Oaxaca, operada por CFE, con una capacidad instalada de 1.5 MW y una capacidad adicional en aerogeneradores y aerobombas, de alrededor de 3.0 MW. la cual puso en operación en agosto de 1994.”¹¹¹

REGIONES PRINCIPALES CON POSIBILIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CENTRALES EOLOELÉCTRICAS EN LA REPÚBLICA MEXICANA.



Gráfica tomada de documento interno del Instituto de Investigaciones Eléctricas (México) IIE.

¹¹¹ Datos tomados de: Secretaría de Energía, *Prospección del sector eléctrico 2002-2011*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F.,:2002) p. 92

En diciembre de 1998, entró en operación la central eólica Guerrero Negro que se ubica en la península de Baja California Sur.

En nuestro país hay muchas zonas con alto potencial eoloenergético. Están el Istmo de Tehuantepec, especialmente en las cercanías de Salina Cruz y Juchitán; Zacatecas en el Cerro de la Bufa y el de la Virgen.

Estos son los que más destacan por la intensidad del viento y por la extensión en la cual sopla. En Pachuca, San Quintín y Mazatlán el aire se encajona y se requiere de estudios minuciosos para localizar con toda exactitud el lugar ideal para cada torre.

AEROGENERADOR DE BAJA POTENCIA.



Para la generación industrial de electricidad existen sólo tres proyectos importantes:

1. Un aerogenerador de Mitsubishi de 250 KW (equivalente a la energía que consumen 2,500 focos de 100 W) que instaló la compañía Exportadora de Sal en Guerrero Negro, Baja California Sur.
2. Un proyecto que encabezan el municipio de Zacatecas y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, para la instalación de aerogeneradores en las cercanías de la ciudad de Zacatecas.
3. El proyecto de la Venta, Oaxaca, de la Comisión Federal de Electricidad. ¹¹²

¹¹² Datos tomados de:

Secretaría de Energía, *Balance nacional de energía de 1997*. (México, D.F.: 1997)

El futuro global de la energía puede ser abordado por el lado de la demanda, tomando en cuenta que la gran cantidad de combustibles fósiles que se consume actualmente está causando un daño grave de contaminación al planeta, además de que el incremento constante de la utilización está siendo cuestionado por la opinión pública.

La solución más inmediata para el problema energético es considerar a la energía eólica como la mejor alternativa para generar energía limpia.

La finalidad de esto es demostrar en forma práctica las ventajas y desventajas de esta tecnología, para fomentar la utilización de la energía eólica como una opción inteligente en la generación de energía renovable que no contamine.

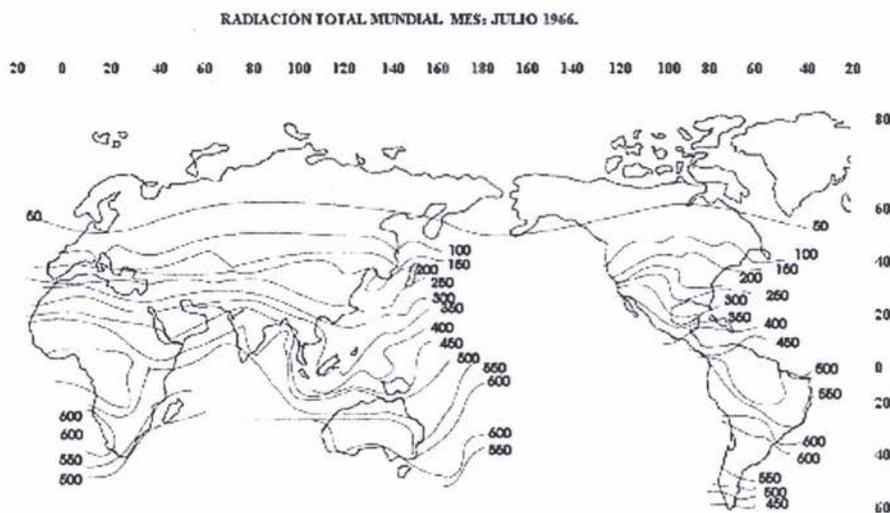
En cuanto a la energía eólica, aunque ya existen varios aerogeneradores de baja potencia instalados en diferentes partes de la República (en Hidalgo, Morelos, San Luis Potosí, etc.) y una planta piloto eólica (La venta en Oaxaca), el potencial eólico existente en México no ha sido aprovechado completamente ya que se estima que este potencial es de cerca de cinco mil mega watts, siendo muy complejo su aprovechamiento tomando en cuenta los factores o aspectos de localización de sitios ideales donde existan grandes corrientes de viento para poder extraer este potencial y contar con la tecnología adecuada para transformarla a energía eléctrica.

I.4 HISTORIA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO

La energía solar tiene su origen en la superficie del sol, en donde por medio de explosiones es creada, liberando grandes cantidades de energía, donde una pequeña parte de esa es radiada hacia nuestro planeta.

Esa pequeña parte llega en forma de radiación y luz solar, la cual en nuestro país no ha sido aprovechada, debido a la carencia de tecnología y recursos, los cuales son costosos. A diferencia de otros países donde su tecnología y sus necesidades de energía los ha hecho avanzar en este campo de la investigación.

“El potencial de aprovechamiento de energía solar en México es uno de los más altos del mundo, ya que alrededor de tres cuartas partes del territorio nacional son zonas con una insolación media de 5 kWh/m² al día, más del doble del promedio de los Estados Unidos de América.”¹¹³



Radiación en cal/cm²/día

(Tomado y adaptado del Solar Energy Universidad de Wisconsin, julio, 1966.)

En nuestro país se encuentran dos zonas de elevada insolación donde se presentan los climas extremos, secos en las zonas áridas o húmedos en las selvas tropicales.

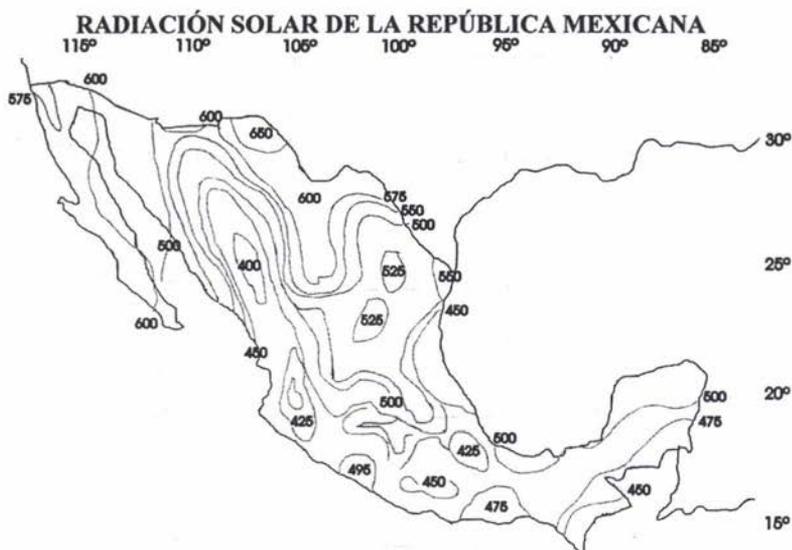
¹¹³ Datos tomados de:

Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F.,: 1999) p. 81.

La zona Noreste de nuestro país cuenta con un excelente promedio anual de insolación como la tiene el norte y el sur de África, La península Arábiga, la zona central de Australia y la parte norte de Chile.

En la zona del golfo de México donde los valores de insolación son relativamente bajo, resultan elevados a comparación con otros países de América, Europa y Asia.

Investigaciones hechas por el Centro de Investigación de Materiales de la UNAM, muestran que el periodo anual de energía disponible en México alcanza los 5.5 Kw-hora/m² y en los estados del Noreste de México reciben en verano un promedio diario de energía de 8Kw-hora/m².



Radiación en cal/cm²/día

Radiación solar en la República Mexicana. (Tomado y adaptado de Alternativas Energéticas, Alonso C., A y Rodríguez V., L; datos de Galindo, I. Y Chávez A.)

En la figura se muestra un mapa de asoleamiento o insolación para la República Mexicana y cada una de las líneas corresponde a los lugares que reciben la misma cantidad de radiación. Como puede apreciarse, los estados de Sonora y Baja California son los que reciben anualmente mayor cantidad de Sol. Por otro lado, cabe señalar que la ciudad de México se encuentra entre las cinco ciudades del mundo que reciben mayor cantidad de radiación solar.

En la zona del golfo de México en los meses de invierno se dispone de una energía de 3.5 Kw-hora/m², cantidades considerables y privilegiadas en cuanto a disponibilidad de energía solar.

Estas son características a nivel general de la radiación solar de la captación que recibe parte de nuestro país de este recurso energético.

I.5 HISTORIA DE OTRAS FUENTES DE GENERACIÓN ALTERNATIVA EN MÉXICO

I.5.1 Inicios

La investigación y desarrollo de las energías renovables da inicio de manera general a mediados de la década de los años 70's; y que hasta la fecha continúa con éxito, cobrando cada vez más importancia.

Una de las más importantes en nuestro país formada por diversas asociaciones e Instituciones que agrupan a investigadores, científicos; que difunde y promueve es la Asociación Nacional de Energía Solar.

(ANES), la cual ha unificado a esta comunidad, particularmente a través de sus semanas y reuniones nacionales celebradas anualmente desde 1977.

En las cuales dan a conocer parte de las investigaciones realizadas, en la fabricación y comercialización de equipos y sistemas relacionados con las energías renovables, en donde resalta la gran cantidad de fabricantes de calentadores solares planos en el territorio nacional.

CALENTADOR SOLAR DE 295 LTS.



“Para analizar y plantear estrategias nacionales sobre energías renovables, la Secretaría de Energía se ha apoyado en la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, (CONAE), quien a su vez, estableció, desde 1999, una alianza con la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) y juntas han administrado el Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables, (COFER), al cual concurren reconocidos especialistas de los sectores público y privado quienes han organizado foros públicos sobre asuntos relacionados con la promoción de las energías renovables.”¹¹⁴

I.5.2 Biomasa

La utilización de la biomasa es tan antigua como el descubrimiento y el empleo del fuego para calentarse y preparar alimentos, utilizando la leña. Aún hoy, la biomasa es la principal fuente de energía para usos domésticos empleada por más de 2,500 millones de personas en el tercer mundo.

Los empleos actuales son la combustión directa de la leña y los residuos agrícolas, la producción de carbón vegetal y la producción de alcohol como combustible para los automóviles en Brasil. Los recursos potenciales son enormes, superando los 120 mil millones de toneladas anuales, recursos que en sus dos terceras partes corresponden a la producción de los bosques.

En México, existe un amplio potencial de aprovechamiento de las diversas formas de biomasa. Las comunidades rurales aisladas en país, satisfacen la mayor parte de sus necesidades energéticas con biomasa. Se estima que la leña provee cerca del 75% de la energía de los hogares rurales.

“La CONAE ha realizado diversos estudios, uno de ellos es la generación de biogás generado por residuos sólidos urbanos, así como el empleo de bagazo de caña para la generación de energía térmica y eléctrica en los ingenios azucareros del país.”¹¹⁵

I.5.3 Minihidráulica

La hidroenergía es quizás la forma más antigua de aprovechamiento de energía para el desarrollo de las actividades productivas de la humanidad. Las ruedas hidráulicas se utilizaron desde el tiempo de los antiguos romanos para actividades como la molienda de granos, los aserraderos o simplemente como fuerza mecánica.

La construcción de minicentrales se siguió dando principalmente en varios países de Europa y en algunos de Asia.

¹¹⁴ Datos tomados de:

Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F.,: 1999) p. 80.

¹¹⁵ Datos tomados de:

Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F.,: 1999) p. 83.

Las minicentrales hidroeléctricas causan menos daños que los grandes proyectos y podrían proporcionar electricidad a amplias zonas que carecen de ella.

La energía hidroeléctrica se genera haciendo pasar una corriente de agua a través de una turbina. La electricidad generada por una caída de agua depende de la cantidad y de la velocidad del agua que pasa a través de la turbina, cuya eficiencia puede llegar al 90%.

En México este tipo de energía, no se ha aprovechado desde sus inicios, por su generación que es pequeña a comparación de las grandes obras hidráulicas que existen; ya que en sus inicios las compañías extranjeras enfocaron su distribución sólo a las grandes ciudades, las cuales generaban las grandes ganancias.

En 1999, la energía hidráulica aportaba 14.4 % de la generación de electricidad en nuestro país.

“ El potencial nacional minihidráulico, es decir, de pequeñas centrales hidroeléctricas de menos de 5 MW es, de acuerdo con estudios realizados por la CONAE y la CFE, de alrededor 3,000 MW. ”¹¹⁶

Tan sólo para una importante región montañosa de México, comprendida entre los estados de Veracruz y Puebla, se han identificando 100 sitios de aprovechamiento que alcanzarían una generación de 3,570 GWh anuales, equivalentes a una capacidad media de 400 MW.

I.5.4 Energía geotérmica

El gradiente térmico resultante de las altas temperaturas del centro de la Tierra (superiores a los mil grados centígrados), genera una corriente de calor hacia la superficie, que es la fuente de la energía geotérmica.

El valor promedio del gradiente térmico es de 25 grados centígrados por cada kilómetro, siendo superior en algunas zonas sísmicas o volcánicas.

Los flujos y gradientes térmicos anómalos alcanzan valores máximos en zonas que representan cerca de la décima parte de las tierras emergidas: costa del Pacífico en América, desde Alaska hasta Chile, occidente del Pacífico, desde Nueva Zelanda a Japón, el este de África y alrededor del Mediterráneo.

El potencial geotérmico almacenado en los diez kilómetros exteriores de la corteza terrestre supera en 2 mil veces a las reservas mundiales de carbón.

La explotación comercial de la geotermia, al margen de los tradicionales usos termales, comenzó a finales del siglo diecinueve en Lardarello, Italia, con la producción de electricidad.

Hoy son ya 17 los países que generan electricidad a partir de la geotermia, con una capacidad instalada de 6 mil MW, equivalente a seis centrales nucleares de tamaño grande.

¹¹⁶ Datos tomados de:

Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F.,: 1999) p. 81.

Estados Unidos, Filipinas, México, Italia y Japón, en este orden, son los países con mayor producción geotérmica.

“El mayor aprovechamiento de energía geotérmica se encuentra en la central de Cerro Prieto, en las cercanías de Mexicali, B.C. con 620 MW de capacidad, que representan 82.7% del total de la capacidad geotermoelectrica en operación en el país. El 17.3% restante se encuentra ubicado en Los Azufres, Michoacán y Los Humeros, Puebla.”¹¹⁷

I.5.5 Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica se genera haciendo pasar una corriente de agua a través de una turbina. La electricidad generada por una caída de agua depende de la cantidad y de la velocidad del agua que pasa a través de la turbina, cuya eficiencia puede llegar al 90%. El aprovechamiento eléctrico del agua no produce un consumo físico de ésta, pero puede entrar en contradicción con otros usos agrícolas o de abastecimiento urbano y sobre todo las grandes centrales tienen un gran impacto ambiental.

Las centrales hidroeléctricas en sí mismas no son contaminantes; sin embargo, su construcción produce numerosas alteraciones del territorio y de la fauna y flora: dificulta la migración de peces, la navegación fluvial y el transporte de elementos nutritivos aguas abajo, provoca una disminución del caudal del río, modifica el nivel de las capas freáticas, la composición del agua embalsada y el microclima, y origina el hundimiento de tierras cultivables y el desplazamiento forzado de los habitantes de las zonas anegadas.

En la mayoría de los casos es la forma más barata de producir electricidad, aunque los costos ambientales no han sido seriamente considerados.

El potencial eléctrico aún sin aprovechar es enorme. Apenas se utiliza el 17% del potencial mundial, con una gran disparidad según los países. Europa ya utiliza el 60% de su potencial técnicamente aprovechable. Al contrario, los países del tercer mundo solamente utilizan del 8% de su potencial hidráulico.

El mayor desarrollo hidroeléctrico se concentra en dos zonas: la del río Grijalva en el sureste y la del río Balsas-Santiago, al sur y occidente del País. La primera está integrada por ocho centrales, siendo las de mayor capacidad Chicoasén, Malpaso, Angostura y Peñitas.

La capacidad hidroeléctrica de la zona del Balsas- Santiago, la constituyen 26 presas de muy diversos tamaños, entre las que destacan Infiernillo, Caracol y Aguamilpa, La Villita y Agua Prieta. La capacidad que se tiene en cada una de las zonas es de un poco más de 3,900 MW la primera y cercana a los 3,800 MW la segunda. Entre ambas aportan el 77% de la capacidad hidroeléctrica del país que en 1996 fue de un poco más de 10,000 MW. El resto de la hidroeléctricidad se genera en las cuencas de los ríos Papaloapan, Pánuco, Yaqui, El Fuerte, Culiacán y Sinaloa.

¹¹⁷ Datos tomados de:

Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F., 1999) p. 61.

I.6 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y ENERGÍA ALTERNATIVA EN LA ACTUALIDAD.

I.6.1 El Sistema Eléctrico Nacional.

El sector eléctrico en México comprende dos empresas propiedad de la Nación: CFE y Luz y Fuerza del Centro, esta última opera en el área metropolitana de la Ciudad de México y la primera en el resto del país. Las dos paralelamente en generación, transmisión y distribución.

En el año de 1960, la capacidad de generación de energía eléctrica era de 3021 MW. La solicitud de energía era distribuida por sistemas eléctricos independientes. En la actualidad, el 97 por ciento de la generación (37 700 MW) lo concentra la CFE en nueve regiones de producción, cada una semiautónoma; son casi 70 centrales las más importantes que integran a 300 unidades generadoras.

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) ha sufrido una constante evolución, que se ha desarrollado conjuntamente con un proceso de planeación, que tiene como propósito el mejorar constantemente las condiciones del servicio público de energía eléctrica.

“Algunos de los aspectos más importantes durante su evolución han sido, la utilización de mayores tensiones de transmisión (230 y 400 KV), la unificación de frecuencia a 60Hz, la interconexión de los sistemas regionales, el desarrollo de proyectos hidroeléctricos y termoeléctricos, el aprovechamiento del carbón, de las energías geotérmica, nuclear y eólica.

En 1998 se tenía una capacidad 35,256MW y 414,019 Km de líneas de transmisión en niveles de tensión de 2.4 a 400 KV. en tensiones de 115 y 85 KV. es de 42 000 Km y contando con la red nacional de distribución en baja tensión es de 550 000 Km.”¹¹⁸

Así mismo los productores privados complementan la demanda de energía eléctrica satisfaciendo sus propias necesidades y vendiendo sus excedentes a CFE, de acuerdo marco regulatorio legal vigente.

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) se divide en nueve áreas: noroeste, norte, noreste, occidental, central, Oriental, peninsular, Baja California, Baja California Sur.

¹¹⁸ Datos tomados de:

Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F.: 1999) p. 57.

Estos sistemas se encuentran interconectados entre sí y se le conoce como el Sistema Interconectado (SI).

Las dos áreas de la península de Baja California permanecen como sistemas independientes debido a que su interconexión con el resto de la red nacional no se ha justificado por razones técnicas y económicas.

Las demás áreas interconectadas han logrado en su conjunto los siguientes beneficios.: reducir el requerimiento de capacidad instalada. (Aprovechando la diversidad de las demandas y se comparten las reservas de capacidad.)

Intercambio de energía entre regiones, de manera que se reduzcan los costos de producción para todo el conjunto.

Incrementar la confiabilidad del suministro ante condiciones de emergencia.

“Actualmente, la capacidad instalada en el país es de 38,519 MW, de los cuales 62.70% corresponde a generación termoeléctrica, 25.0% a hidroeléctrica, 6.70% a centrales carboeléctricas, 2.20% a geotérmica, 3.50% a nucleoelectrica y 0.01% a eoloelectrica.

Al año 2000 el 94.7% de los mexicanos cuentan con el servicio de energía eléctrica los que residen en 116,019 localidades, quedando pendientes de electrificar 85,120, de las cuales 80,889 (95%) son menores de 100 habitantes donde se centra el principal reto de la electrificación rural en México.”¹⁹

Por encontrarse diseminadas a lo largo y ancho de la geografía nacional, retiradas de las líneas eléctricas, fuera de las áreas urbanas y por sus propias características de aislamiento sus accesos terrestres son difíciles por lo que su electrificación a través de los sistemas convencionales resulta muy problemática.

A través de la historia de la energía eléctrica en México, el desarrollo en los últimos veinte años ha sido el de menor crecimiento.

Aún contando con grandes recursos, se tiene la necesidad de importar energía eléctrica para la zona norte del país, donde las temperaturas en verano son extremas durante el día.

En el verano de 1998, la CFE firmó un contrato con (Enova Inc.) para importación complementaria de 120 a 320 MW. Posteriormente se firma otro contrato con (Williams Energy Marketing & Trading Company) para importar 120 a 170 MW.

Así en el año 2000 se firma un contrato con (Imperial Irrigation District) de 41 MW, para “la segregación de carga”²⁰ de baja tensión.

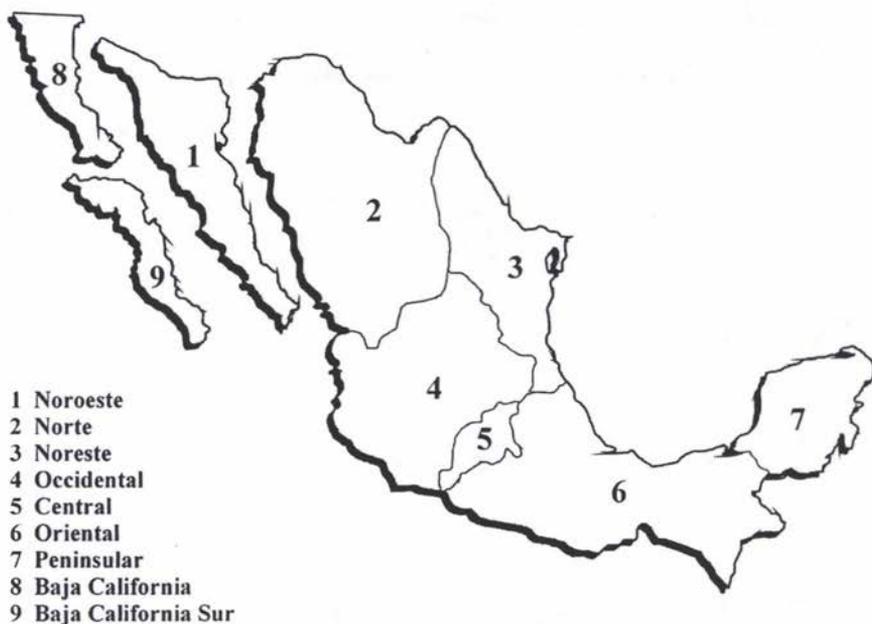
Actualmente se encuentra parcialmente cubierta la demanda en esta zona, sin embargo el crecimiento de la misma, exige a futuro mayor crecimiento en materia de energía eléctrica.

¹⁹ Datos tomados de:

Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F.: 1999) p. 48.

²⁰ La segregación de cargas consiste en desconectar o separar eléctricamente la zona importadora del sistema eléctrico de la CFE.

ÁREAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL



Mapa tomado de Prospectiva del sector eléctrico 1999 – 2008.

I.6.2 Generación de energía eléctrica y energía alternativa.

En México la energía eléctrica se genera aprovechando varias tecnologías que se encuentran en distintos estados de desarrollo.

I.6.2.1 Las plantas termoeléctricas convencionales

Operan con combustóleo, éstas en la actualidad generan problemas ambientales debido a la contaminación excesiva que estas emiten.

El combustóleo se emplea en unidades de carga base, que se encuentran localizadas principalmente en los puertos o en la proximidad de las refinерías de Petróleos Mexicanos.

Las plantas de mayor capacidad son las de Tuxpan en el estado de Veracruz, que cuenta con una capacidad de 2,100 MW, dos centrales en Manzanillo. Colima con una capacidad total de 1,900 MW: la de Tula en Hidalgo, con 1,500 MW; en Salamanca, Altamira, Valle de México, San Luis Potosí. Puerto Libertad, Rosarito y Mazatlán, se tienen centrales que van de 900 a 600 MW.

Algunas centrales que se ubican en las zonas metropolitanas del Distrito Federal y Monterrey operan con gas natural.

Así como la operación de plantas de ciclo combinado, una de las más importantes es la de Samalayuca II, con una capacidad instalada de 521.7 MW y la cual se proyecta operar con gas natural en el futuro, para disminuir los índices de contaminación e impacto ambiental.

Una central termoeléctrica dual, con la propiedad para quemar combustóleo y carbón es la de Petacalco, localizada en el estado de Guerrero, a 25 Km al noroeste de Ciudad Lázaro Cárdenas, Michoacán, con 2,100 MW de capacidad.

Existe dentro de las generadoras de electricidad, dos centrales carboeléctricas donde la materia prima que se utiliza es el carbón mineral.

Estas centrales se alojan en estado de Coahuila, la central José López Portillo (Río escondido) con 1200 MW y Carbón II con 1400 MW, ambas operando.

Este tipo de plantas generadoras cuyo crecimiento está cada vez más limitado por restricciones ambientales, implica un mayor costo e impacto ecológico. En esta misma situación se encuentran también las plantas de combustión interna a partir de combustóleo y diesel.

1.6.2.2 Plantas hidroeléctricas

En la actualidad gran parte de la generación de energía eléctrica que se produce en el país, son generadas por las hidroeléctricas.

El mayor desarrollo hidroeléctrico se concentra en dos zonas. “ La del río Grijalva en el sureste y la del río Balsas-Santiago, al sur y occidente del País. La primera está integrada por ocho centrales, siendo las de mayor capacidad Chicoasén, Malpaso, Angostura y Peñitas.

La capacidad hidroeléctrica de la zona del Balsas- Santiago, la constituyen 26 presas de muy diversos tamaños, entre las que destacan Infiernillo, Caracol y Aguamilpa, La Villita y Agua Prieta. La capacidad que se tiene en cada una de las zonas es de un poco más de 3,900 MW la primera y cercana a los 3,800 MW la segunda. Entre ambas aportan el 77% de la capacidad hidroeléctrica del país que en 1996 fue de un poco más de 10,000 MW.

El resto de la hidroeléctricidad se genera en las cuencas de los ríos Papaloapan, Pánuco, Yaqui, El Fuerte, Culiacán y Sinaloa.”¹²¹

¹²¹ Datos tomados de:

Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F.: 1999) p. 39.

Actualmente se encuentra en proceso de desarrollo la hidroeléctrica “El Cajón” que se ubica en el estado de Nayarit, con un estimado de generación de 636 MW.

“Existiendo otros dos proyectos importantes por definirse en materia hidroeléctrica, “ La Parota” en el estado de Guerrero, y “Copainalá” en el estado de Chiapas. Las cuales se proyectan en funcionamiento al año de 2008, si se aprueban dichos proyectos.”¹²²

Hasta el año de 1999 se contaba con una capacidad instalada de 9702MW aportadas por las hidroeléctricas, se contempla cubrir hasta el año 2008, una producción de energía eléctrica de 7639MW., con la ampliación de proyectos existentes y la ejecución de proyectos de nueva creación.

I.6.2.3 Centrales geotermoeléctricas

Existen tres zonas potenciales para la generación de energía eléctrica por medio de géisers, el cual expulsan de la corteza terrestre vapor de agua a temperaturas y presión para operar turbinas generadoras.

La mayor zona potencial se encuentra en la frontera norte de país, en Mexicali Baja California, la cual cuenta con la central de Cerro Prieto con una capacidad de 620 MW la cual equivale a 82.7% del total de la capacidad geotermoeléctrica del país. El otro 17.3% se encuentra en Michoacán y Los Húmeros, Puebla.

I.6.2.4 Central nucleoeeléctrica

El país cuenta en la actualidad con una planta nucleoeeléctrica que se ubica en el estado de Veracruz, en el municipio de Alto Lucero.

La central nucleoeeléctrica de Laguna Verde cuenta con dos reactores, el primer reactor de 654.5 MW., de capacidad de generación y el segundo reactor de 654.5 MW de capacidad el cual entro en operación en abril de 1995.

¹²² Datos tomados de:

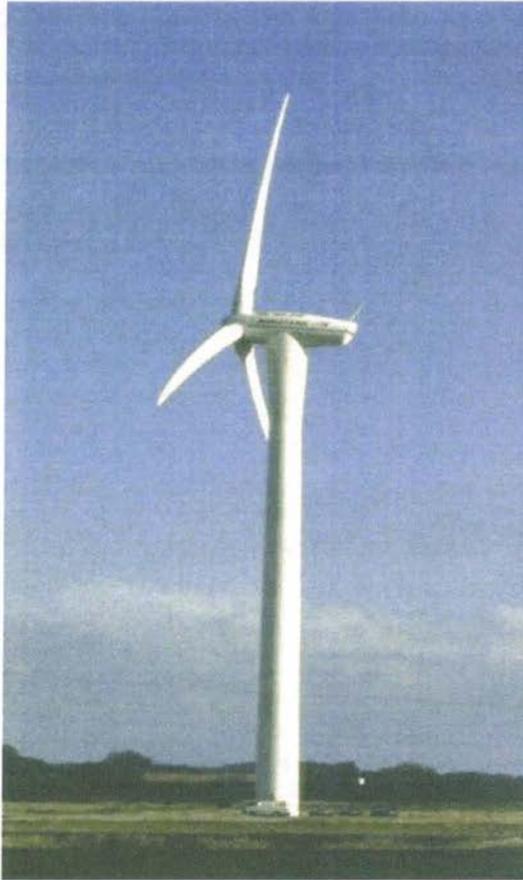
Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F.,: 1999) p. 97.

I.6.2.5 Central eoloeléctrica

Desde 1994 entró en operación la primera planta piloto de generación, con una capacidad de 1.6 MW.

Localizado en el municipio de La Venta en Oaxaca (zona de La Ventosa); posteriormente iniciaron su operación 0.9 MW en Baja California Sur.

AEROGENERADOR HORIZONTAL VESTAS (DANESES) DE 225 KW.



Las condiciones atmosféricas de varias zonas de la República Mexicana (sobre todo en el altiplano y en las dos penínsulas, Baja California y Yucatán) permiten que la energía eólica sea considerada una importante fuente de energía limpia, alternativa a las convencionales. El potencial eólico total en la República se estima en 5,000 MW.

I.6.2.6 Generación por energía solar

México se considera como uno de los países con mayor potencial solar en el mundo, ya que recibe una extraordinaria radiación solar en una gran extensión territorial y alrededor de tres cuartas partes del territorio nacional son zonas áridas o semiáridas con una insolación promedio mayor de 5.5 kWh/m² al día (es decir, más de 2,000 kWh/m² al año.) “En los últimos años, el aprovechamiento del recurso solar ha registrado significativos avances. La capacidad instalada para el año de 1995 fue de 9.5 MW. Actualmente, se están instalando pequeñas plantas en Puerto Lobos, Sonora y en Tuzandepetl, Veracruz.”¹²³

Este tipo de sistemas aun costosos comparativamente con los sistemas convencionales, sin embargo con el desarrollo en serie de este tipo de tecnología se podría abatir costos. La tecnología fototérmica de potencia, llevada a cabo por medio de concentradores solares, ha sido en la actualidad estudiada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, presentando grandes perspectivas para su aplicación, principalmente en la zona noreste del país.

I.6.2.7 Generación por biomasa.

El aprovechamiento de la biomasa como recurso energético, por medio de la combustión o por la conversión de la biomasa en diferentes combustibles a través de digestión anaerobia, pirólisis, gasificación, o fermentación.

La madera, residuos sólidos, residuos de actividades agrícolas, excrementos de animales de granja, son principalmente la materia prima.

Actualmente la CONAE, se encuentra trabajando en diversos estudios de los que sobresale, la generación de biogás por medio de desechos sólidos urbanos y el empleo de bagazo de caña para la generación de energía calorífica por medio de su combustión en los ingenios azucareros del país.

El primero evaluando la generación de biogás generado por residuos sólidos generados por rellenos sanitarios uno en la Ciudad de México y en Cancún, Q.Roo. basados en autoabastecimiento municipal.

Con respecto a la utilización de bagazo de caña en los ingenios azucareros, se lleva a cabo un estudio con el fin de establecer, un sistema de cogeneración independiente y asociada con los ingenios, en los cuales se ha llegado a la conclusión que satisface los requerimientos técnicos para su operación, proporcionando entre 20 y 25 MW durante todo el año, incrementando la eficiencia energética con el ahorro de otros combustibles.

¹²³ Datos tomados de:

Francisco Tapia García, *Energía eléctrica 2025*. Sector Eléctrico 1998 (México, D.F.,: 1998.)

CAPÍTULO II

ENERGÍA SOLAR Y EÓLICA.

Objetivo: Analizar los principios fundamentales para la generación de Energía Eléctrica por fuentes alternas como la Energía Solar y Eólica.

II.1 GENERACIÓN DE ENERGÍA: SOLAR Y EÓLICA. (SISTEMAS HÍBRIDOS)

II.1.1 Sistemas híbridos.

Se conocen como sistemas híbridos para la alimentación de cargas, aquellos que combinan, por algún medio manual o electrónico una o más fuentes de generación alternas (renovables) de energía convencional, que se unen para entregar la energía en un solo centro de carga.

Los sistemas híbridos son una tecnología emergente y, como tal, se encuentran en proceso de investigación; su arquitectura aún no está bien definida y por lo tanto, ni la filosofía de control ni el equipo correspondiente son tecnologías ya establecidas.

“El sistema de X-Calar que se puso en operación en 1992”¹, representa la mayor instalación que se ha realizado en México bajo el concepto de sistema híbrido, eólico-fotovoltaico y actualmente es objeto de análisis e investigación por parte de diferentes instituciones y empresas.

los sistemas híbridos son por definición centralizados, es decir, proporcionan energía al usuario por medio de una red de distribución.

II.1.2 Generación de energía solar

“La energía solar es producida por el sol como resultado de fusión termonuclear, siendo el hidrógeno su principal combustible. La temperatura en su centro se estima en unos 20.000.000 C° y en su superficie de unos 6.000 C°.”²

La energía radiante resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones y es generada con una longitud de onda original y durante en trayecto hacia nuestro planeta estas chocan con otras partículas en suspensión que se encuentran en el espacio provocando pérdida de energía y variación en su longitud de onda, originando el espectro que llega a nuestro planeta.

Durante las reacciones nucleares, parte de la masa de las partículas que intervienen se convierte en energía, la cual se puede calcular empleando la fórmula de Einstein $E=mc^2$; (donde E equivale a la energía, m a la masa y c a la velocidad de la luz, que es igual a 300 000 km. /s).

¹ Datos tomados de:

Jorge M. Huacuz V., *Sol, viento y generación eléctrica*. Boletín IIE. Septiembre- octubre 1995. (Temixco, Morelos, México.: 1995) pp. 183-193.

² Texto tomado de:

Solar (España, 2000. Pagina web.)

De esta forma, el Sol irradia la energía proveniente de la fusión de los núcleos atómicos que lo componen y como lo hace en todas direcciones, una parte nos llega a la Tierra. El Sol existe desde hace 4 600 millones de años y se cree que seguirá viviendo durante un periodo similar; por lo tanto, para cualquier fin práctico, el Sol es una fuente inagotable de energía.

La radiación que emite el Sol en todas direcciones, producto de las reacciones nucleares, corresponde a una parte del llamado espectro electromagnético. Cada cuerpo, según sus características intrínsecas, emite un patrón de radiación electromagnética (una forma de radiación característica) que puede identificarse en el espectro electromagnético.¹¹³

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

	ν	λ	E	
	10^{22}	10^{-13}	10^8	Rayos Gamma
	10^{21}		10^7	
			$10^{\pm 1 \text{ MeV}}$	Rayo X
	10^{18}	$10^{10} \text{ } \mu\text{A}^\circ$ $10^9 \text{ } \mu\text{nm}$	10^5 10^4	
			$10^3 \text{ } \mu\text{keV}$	Ultravioleta
	10^{15}		10^2	
			1 eV	Visible
			10^{-1}	Infrarojo
1 THZ (Terahertz)	10^{12}		10^{-2} 10^{-3}	
		$10^{-3} \text{ } \mu\text{mm}$	10^{-3}	Microondas
1 GHZ (Gigahertz)	10^9		10^{-4} 10^{-5}	
		$10^0 \text{ } \mu\text{m}$	10^{-6}	Radar
			10^{-7}	
			10^{-8}	VHF (frecuencia ultra alta)
1 MHZ (Megahertz)	10^6	$10^3 \text{ } \mu\text{km}$	10^{-9}	VHF(Tv) FM
			10^{-10}	(Frecuencia muy alta)
			10^{-11}	Transmisión de radio
1 KHZ (Kilohertz)	10^3	$10^6 \text{ } \mu\text{mm}$	10^{-12}	RADIOFRECUENCIA
			10^{-13}	
			10^{-14}	
1 HZ	10^0		10^{-15}	

Frecuencia (Hertz) Longitud de onda (metros) Energía (Electron-volts) Radiación

¹¹³ Tabla tomada:

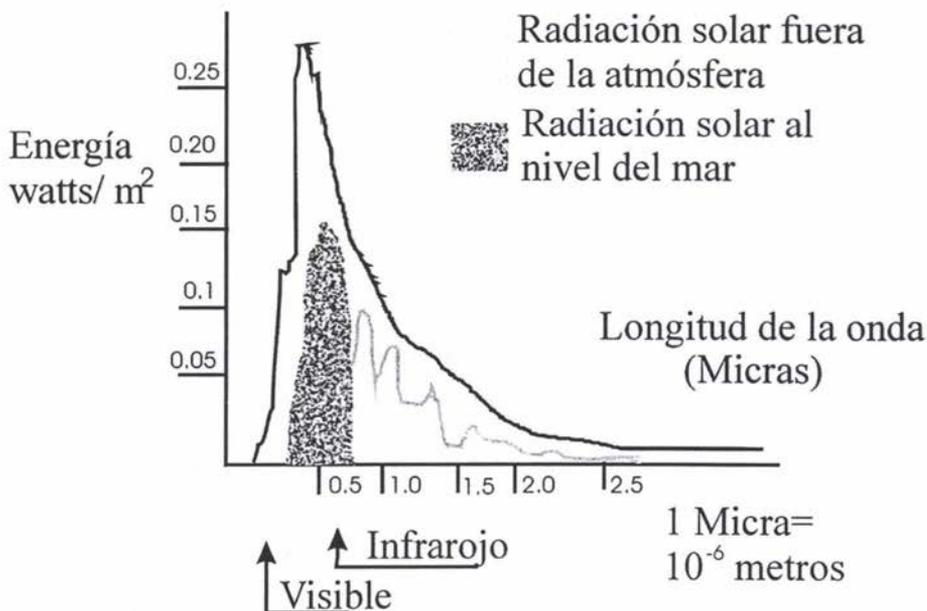
Juan Tonda Mazón, *El oro solar y otras fuentes de energía*. Serie "La ciencia desde México." Fondo de cultura económica, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (México, D.F., 1993) p. 33.

La radiación electromagnética no es otra cosa que el tipo de partículas o de ondas (en el sentido físico) que nos llega de un cuerpo, en este caso del sol. Los rayos del sol están compuestos por diminutas partículas, llamadas fotones que viajan a la velocidad de la luz.

Para nosotros la más común es la luz visible, pero también los rayos X o los rayos infrarrojos constituyen otras formas de radiación electromagnética.

Los rayos que provienen del sol traen consigo fotones de características diferentes (rayos gamma, rayos ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos y ondas de radio) y estos constituyen "el espectro del sol."¹⁴

ESPECTRO DEL SOL



Espectro del sol. Fuera de la atmósfera, la radiación solar está constituida por 7% de rayos ultravioleta, 47% de radiación visible y 46% de rayos infrarrojos. En la superficie, en condiciones ideales (cielo despejado y a nivel del mar) los porcentajes son: 4% de ultravioleta, 46% de visible y 50% de infrarroja. La curva corresponde a la radiación de cuerpo negro a aproximadamente 6 000° K)

¹⁴ Gráfica tomada de:

Juan Tonda Mazón, *El oro solar y otras fuentes de energía*. Serie "La ciencia desde México." Fondo de cultura económica, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (México, D.F., 1993) p. 39.

La intensidad de energía solar disponible en un punto determinado de la Tierra depende, de forma complicada pero predecible, del día del año, de la hora y de la latitud. Además, la cantidad de energía solar que pueda captarse depende de la orientación del dispositivo receptor.

La captación directa de energía solar requiere dispositivos tecnológicos llamados colectores solares, diseñados para recoger energía, a veces después de concentrar los rayos del sol. La energía, una vez recogida, se emplea en procesos térmicos o fotoeléctricos, o fotovoltaicos. En los procesos térmicos, la energía solar se utiliza para calentar un gas o un líquido que luego se almacena o se distribuye. En los procesos fotovoltaicos, la energía solar se convierte en energía eléctrica sin ningún dispositivo mecánico intermedio. Los colectores solares pueden ser de dos tipos principales: los de placa plana y los de concentración.

II.1.2.1 Colectores de placa plana

En los procesos térmicos los colectores de placa plana interceptan la radiación solar en una placa de absorción por la que pasa el llamado fluido portador. Éste en estado líquido o gaseoso, se calienta al atravesar los canales por transferencia de calor desde la placa. La energía transferida por el fluido portador, dividida entre la energía solar que incide sobre el colector y expresada en porcentaje, se llama eficiencia instantánea del colector.

Los colectores de placa plana tienen, en general, una o más placas colectoras transparentes para intentar minimizar las pérdidas de calor de la placa de absorción en un esfuerzo para maximizar la eficiencia. Son capaces de calentar fluidos portadores hasta 82 °C y obtener entre el 40 y el 80% de eficiencia.

Los colectores de placa plana se han usado de forma eficaz para calentar agua y para calefacción. Los sistemas típicos para casa-habitación emplean colectores fijos, montados sobre las azoteas. En el hemisferio Norte se orientan hacia el Sur y en el hemisferio Sur hacia el Norte. El ángulo de inclinación óptimo para montar los colectores depende de la latitud. En general, para sistemas que se usan durante todo el año, como los que producen agua caliente, los colectores se inclinan (respecto al plano horizontal) un ángulo igual a los 15° y se orientan a 20° latitud S o 20° de latitud N.

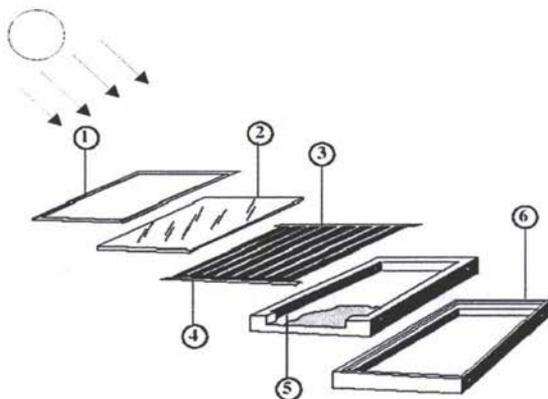
Además de los colectores de placa plana, los sistemas típicos de agua caliente y calefacción están constituidos por bombas de circulación, sensores de temperatura, controladores automáticos para activar el bombeo y un dispositivo de almacenamiento. El fluido puede ser tanto el aire como un líquido (agua o agua mezclada con anticongelante), mientras que un lecho de roca o un tanque aislado sirven como medio de almacenamiento de energía.

Colector de placa plana

El colector solar plano es el aparato más representativo de la tecnología solar fototérmica. Su principal aplicación es en el calentamiento de agua para baño y albercas, aunque también se utiliza para secar productos agropecuarios mediante el calentamiento de aire y para destilar agua en comunidades rurales principalmente.

Esta constituido básicamente por:

- 1.- marco de aluminio anodizado;
- 2.- cubierta de vidrio templado, bajo contenido en hierro;
- 3.- placa absorbidora. Enrejado con aletas de cobre;
- 4.- cabezales de alimentación y descarga de agua;
- 5.- aislante, usualmente poliestireno, o unicel;
- 6.- caja del colector, galvanizada.



II.1.2.2 Colectores de concentración o receptores centrales

Para aplicaciones como el aire acondicionado y la generación central de energía y de calor para cubrir las grandes necesidades industriales, los colectores de placa plana no suministran, en términos generales, fluidos con temperaturas bastante elevadas como para ser eficaces. Se pueden usar en una primera fase, y después el fluido se trata con medios convencionales de calentamiento.

Como alternativa, se pueden utilizar colectores de concentración más complejos y costosos. Son dispositivos que reflejan y concentran la energía solar incidente sobre un punto receptor pequeño. Como resultado de esta concentración, la intensidad de la energía solar se incrementa y las temperaturas del receptor (llamado 'blanco') pueden acercarse a varios cientos, o incluso miles, de grados Celsius. Los concentradores deben moverse para seguir al Sol si se quiere que actúen con eficacia; los dispositivos utilizados para ello se llaman heliostatos.¹¹⁵

La generación centralizada de electricidad a partir de energía solar está en desarrollo. En el concepto de receptor central, o de torre de potencia, una matriz de reflectores montados sobre heliostatos controlados por computadora reflejan y concentran los rayos del Sol sobre una caldera de agua situada sobre la torre. El vapor generado puede usarse en los ciclos convencionales de las plantas de energía y generar electricidad.

¹¹⁵ Gráfica tomada de:

Juan Tonda Mazón, *El oro solar y otras fuentes de energía*. Serie "La ciencia desde México." Fondo de cultura económica, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (México, D.F., 1993) p. 70.

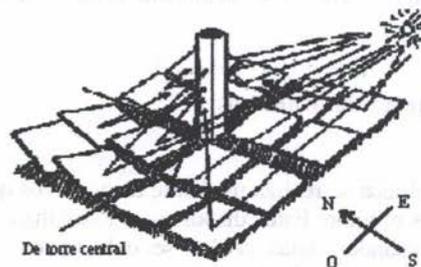
REFLECTORES PARABÓLICOS



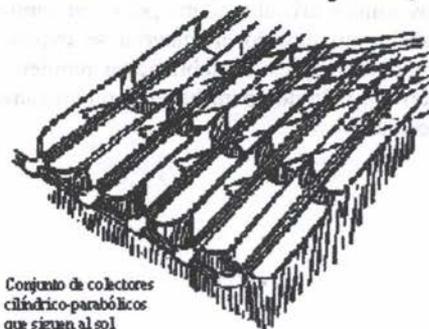
Los sistemas tipo canal parabólica usan reflectores parabólicos en una configuración de canal para enfocar la radiación solar directa sobre un tubo largo que corre a lo largo de su foco y que conduce al fluido de trabajo, el cual puede alcanzar temperaturas hasta de 500° C.

Tipo de concentradores

Concentradores parabólicos en un solo punto.



Concentradores tipo canal parabólicos.



Conjunto de colectores cilíndrico-parabólicos que siguen al sol

II.1.2.3 Hornos solares

Los hornos solares son una aplicación importante de los concentradores de alta temperatura. El mayor, situado en Odeillo, en la parte francesa de los Pirineos, tiene 9600 reflectores con una superficie total de unos 1900 m² los cuales son guiados electrónicamente, en un punto específico, para producir temperaturas de hasta 4.000 °C. Estos hornos son ideales para investigaciones, por ejemplo, en la investigación de materiales, que requieren temperaturas altas en entornos libres de contaminantes.



II.1.2.4 Enfriamiento solar

Se puede producir frío con el uso de energía solar como fuente de calor en un ciclo de enfriamiento por absorción. Uno de los componentes de los sistemas estándar de enfriamiento por absorción, llamado generador, necesita una fuente de calor. Puesto que, en general, se requieren temperaturas superiores a 150 °C para que los dispositivos de absorción trabajen con eficacia, los colectores de concentración son más apropiados que los de placa plana.

II.1.2.5 Sistemas fotovoltaicos.

La conversión fotovoltaica se realiza mediante dispositivos que no requieren movimiento y su mantenimiento es mínimo. Estos dispositivos fotovoltaicos, llamados celdas en forma unitaria y módulos cuando varias celdas se colocan en serie, están basados en las propiedades de ciertos sólidos cristalinos que permiten suministrar una corriente eléctrica capaz de realizar trabajo útil cuando el material se expone a la luz solar. Si bien los módulos son relativamente simples, su fabricación requiere de tecnología sofisticada, la que actualmente desarrolla métodos para hacer económicamente factible y justificable el uso extensivo de las celdas solares.

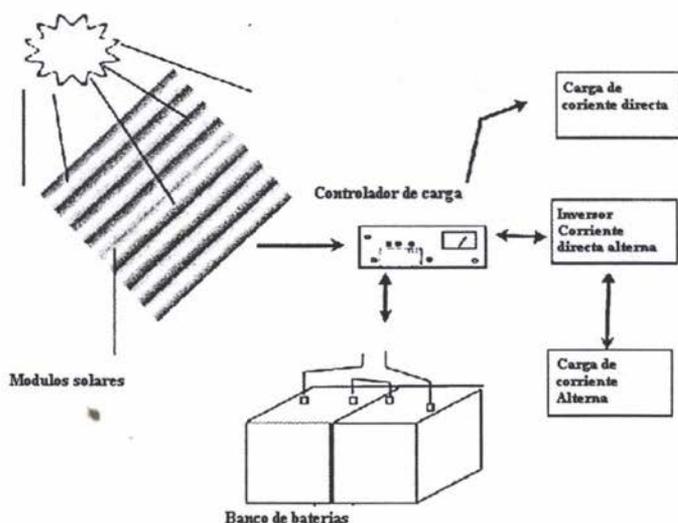
“Las celdas solares fueron comercializadas inicialmente en 1955. Su desarrollo inicial estuvo enfocado hacia un producto para las investigaciones espaciales, de hecho su primera y exitosa aplicación fue en satélites artificiales, sus propiedades: simplicidad, bajo peso, eficiencia, confiabilidad y ausencia de partes móviles, las hicieron ideales para el suministro de energía en el espacio exterior.”^{11.6}

A la fecha las celdas que han alcanzado mayor grado de desarrollo son las de silicio cristalino, esta es la tecnología que predomina en el mercado mundial debido a su madurez y confiabilidad en cuanto a su aplicación. De igual manera las celdas de película delgada han alcanzado cierto grado de popularidad debido a su bajo costo, sin embargo, su baja durabilidad, debido a la degradación, está por debajo de la de las celdas cristalinas. Otros compuestos como el Arsenuro de Galio y el Cobre-Indio-Selenio se encuentran ya en aplicación en el espacio exterior.

Si bien los sistemas más eficientes son aquellos que utilizan corriente directa (CD), la gran mayoría de aparatos eléctricos comerciales, domésticos e industriales requieren de corriente alterna (CA) para su operación. Para convertir la corriente directa de un sistema fotovoltaico a alterna se requiere de un inversor.

La conversión de CD a CA se puede realizar mediante varios métodos, el mejor es aquel que proporciona la onda más cercana a la senoidal típica de la CA. La mayoría de inversores se fabrican a la frecuencia de 60 ciclos por segundo, aunque esto no es impedimento para encontrar inversores a 50 ciclos por segundo. Existen además inversores de diferentes tipos de onda: onda cuadrada, onda modificada o casi senoidal, pulso modulado, onda senoidal y síncronos.

CONFIGURACIÓN BÁSICA DE UN SISTEMA SOLAR



^{11.6} Datos tomados de:

Condux, *Los sistemas fotovoltaicos*. División de energías alternas, Documento interno (México, D.F., 2003.) p. 9.

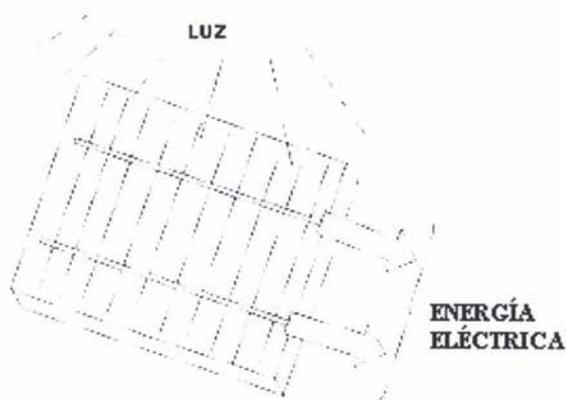
“Los inversores se dimensionan de dos formas. La primera es la cantidad de Watts que el inversor puede proporcionar durante ciertos periodos. La segunda es mediante la capacidad pico del inversor. Algunos inversores manejan potencias mayores a las nominales durante cortos intervalos de tiempo, esta característica es importante para arrancar motores que consumen de 2 a 7 veces más potencia al arranque que cuando están funcionando en forma estable.”^{11.7} Los inversores son menos eficientes cuando se utilizan a un pequeño porcentaje de su capacidad, por tal motivo éstos no deben ser sobre dimensionados.

Análogamente a los controladores de carga, la tecnología de los inversores está ampliamente asimilada. En México la mayoría de unidades de transporte de primera utilizan inversores de fabricación nacional para los diferentes servicios que brindan a bordo.

II.1.2.5.1 Celdas de silicio mono y policristalino

Las celdas de silicio monocristalino representan el estado de la tecnología fotovoltaica comercial. Para fabricarlas el silicio es purificado, fundido y cristalizado ya sea en lingotes o en láminas delgadas; posteriormente el silicio es rebanado en obleas delgadas para formar las celdas individuales, posteriormente las obleas se pulen por ambas caras. Durante el proceso de corte y pulido se desperdicia casi la mitad del material original. Una vez pulidas las obleas se introduce por difusión a alta temperatura un material dopante, típicamente boro y fósforo, con lo cual se convierte a la oblea en un semiconductor tipo *p* si se le añadió boro, o tipo *n* si se añadió fósforo. La mayoría de las celdas fotovoltaicas producen un voltaje de aproximadamente 0.5 V, independientemente del área superficial de la celda, sin embargo, mientras mayor sea la superficie de la celda mayor será la corriente que entregará.

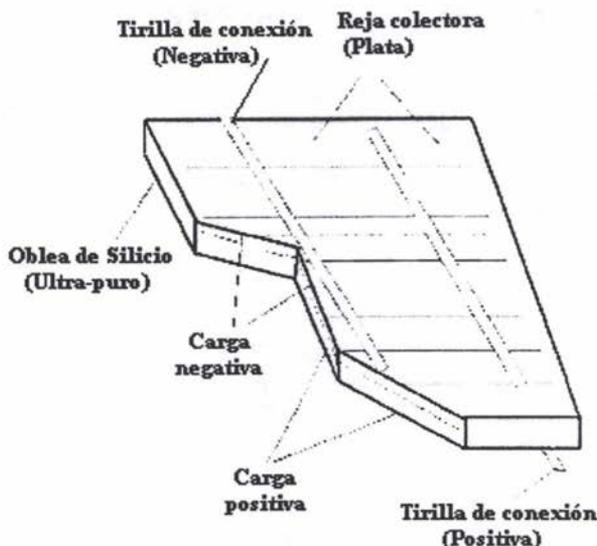
PRINCIPIO DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA CELDA SOLAR



^{11.7} Datos tomados de:

José Mompín Poblet, *Energía solar fotovoltaica*. (Barcelona, España, 1985) pp. 169-171.

CORTE TRANSVERSAL DE UNA CELDA SOLAR



El espesor requerido para que se lleve a cabo el efecto fotovoltaico y se evite al máximo la recombinación de portadores de carga es del orden de 3 a 4 μm , por este motivo, la celda se torna extremadamente frágil ocasionando que en el proceso de fabricación se generen más desperdicios.

“Existen muchas combinaciones de materiales que poseen las características requeridas para convertir directamente la energía solar con eficiencias mayores que el 13%, destacando entre ellas el silicio, sulfuro de cadmio y el arsenuro de galio.”^{11.8}

Las celdas monocristalinas son fabricadas y operan de una manera similar a las policristalinas. La diferencia es que durante su manufactura se emplea un silicio de menor calidad y costo, esto da como resultado celdas de eficiencia ligeramente menor. Al estar compuesta la celda por una serie de granos de silicio, a nivel microscópico, quedan varios huecos entre las uniones de los granos y por lo tanto en esos microhuecos se interrumpe el fenómeno fotovoltaico. No obstante la diferencia de eficiencias entre el silicio monocristalino y el Policristalino es relativamente pequeña y generalmente se absorbe en las evaluaciones de costos.

Si bien el silicio es uno de los materiales más abundantes en la naturaleza, se encuentra como bióxido de silicio en la arena de mar; para poder utilizarlo en celdas solares se requiere que sea muy puro y en forma cristalina, para lo cual hay que realizar varios procesos.

^{11.8} Datos tomados de:

José Mompín Poblet, *Energía solar fotovoltaica*. (Barcelona, España, 1985) p. 55.

II.1.2.5.2 Película delgada

Los tipos de celda tienen estructura cristalina, el silicio amorfo no tiene tal estructura. Al silicio amorfo también se le denomina película delgada. "Las unidades de silicio amorfo se fabrican depositando capas delgadas de silicio, evaporado al vacío, sputtering (erosión iónica), deposición de vapor u otro método sobre un sustrato que puede ser vidrio, plástico o metal." ^{II.9} Las celdas de silicio amorfo se presentan prácticamente en cualquier tamaño, siendo la limitante la configuración del domo de evaporación donde se efectúa el proceso.

Debido a que las capas de silicio permiten el paso de parte de la luz solar, se requiere depositar varias capas, una sobre otra. Las capas añadidas incrementan la cantidad de electricidad que la celda puede producir. La producción de electricidad se ve disminuida hasta en un 15% a las 8 semanas de que inicia la operación de la celda. Esto se debe a que la película delgada presenta una acelerada degradación a partir de que es expuesta a los rayos solares. A partir del cuarto o quinto año de operación las celdas presentan una degradación del 35 al 50 %.

"Las eficiencias de las celdas de silicio amorfo son de aproximadamente el 50% de las celdas cristalinas. Esta tecnología tiende a ser mucho más barata que las cristalinas. Por esta razón el estado actual de la investigación se enfoca hacia el problema de la degradación.

El silicio amorfo es, sin duda, el material fotovoltaico que más se ha instalado en el mundo, esto es debido a la gran cantidad de relojes, calculadoras, radios y demás artefactos domésticos que operan con energía solar." ^{II.10}

^{II.9} Datos tomados de:
José Mompín Poblet, *Energía solar fotovoltaica*. (Barcelona, España, 1985) p. 52

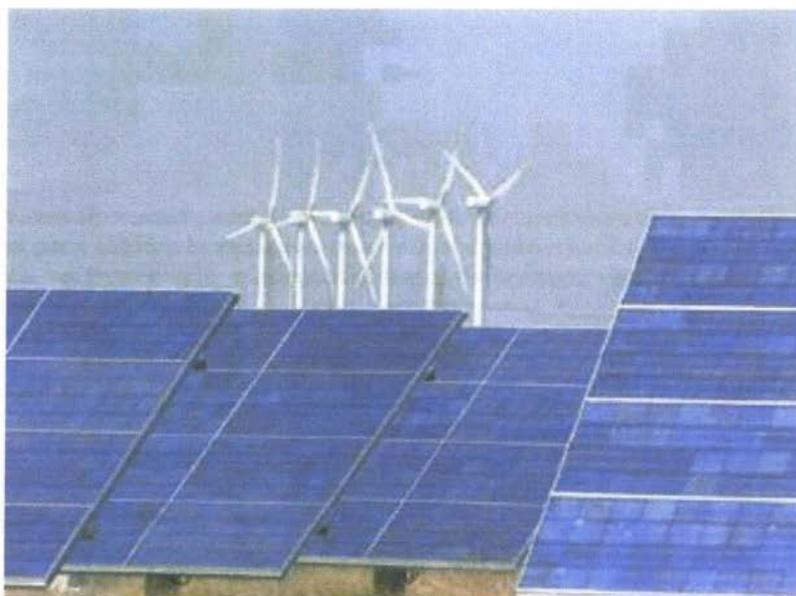
^{II.10} Datos tomados de:
José Mompín Poblet, *Energía solar fotovoltaica*. (Barcelona, España, 1985) pp. 49-56.

II.1.2.5.3 Módulos fotovoltaicos

Para la gran mayoría de aplicaciones resulta insuficiente la diferencia de potencial de 0.5 V generada por una celda fotovoltaica. “De esta manera las celdas tienen que ser colocadas en serie para que, en conjunto, proporcionen el voltaje adecuado. De la misma manera varias de esas series pueden ser colocadas en paralelo para incrementar la corriente.” ¹¹

Posteriormente las celdas interconectadas en serie y sus conexiones eléctricas se encapsulan y se colocan entre dos placas que pueden ser de vidrio, o bien una de vidrio superior y una posterior plástica o metálica. Para absorber esfuerzos mecánicos y con propósitos de montaje se añade un marco metálico. La unidad resultante recibe el nombre de módulo o panel fotovoltaico, el módulo es típicamente la unidad básica de los sistemas fotovoltaicos. Los módulos pueden interconectarse en serie y/o paralelo para formar un arreglo.

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS



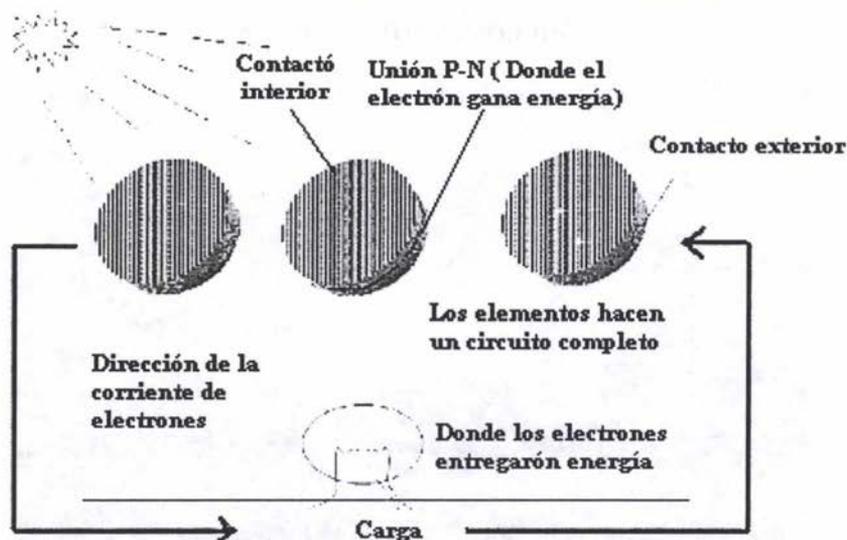
Una función importante del encapsulado en los módulos es que las celdas puedan quedar protegidas para que operen bajo condiciones de climas cambiantes, o de posibles daños mecánicos producidos por aves, polvo o piedras. El encapsulado proveerá suficiente rigidez para sujetar a las celdas y sus interconexiones.

¹¹ Datos tomados de:

Condumex, *Los sistemas fotovoltaicos*. División de energías alternas, Documento interno (México, D.F., 2003.) pp. 17-18.

También tiene la función de aislar eléctricamente a las celdas respecto a posibles rupturas dieléctricas. Para los adhesivos encapsulantes y capas intermedias se utilizan resinas de silicón que tienen excelente estabilidad ante la radiación ultravioleta, baja absorción de la luz visible, y son suficientemente elásticas para reducir los esfuerzos térmicos en el módulo. También se ha usado Etileno-Vinil-Acetato (EVA) para las capas laminadas, así como otros polímeros. Para la capa posterior se ha usado Mylar o Tedlar para proteger el módulo contra la humedad, sin embargo casi todos los polímeros son permeables en cierta medida a la humedad. Una solución para esto ha sido utilizar una capa posterior de aluminio recubierta con algún polímero adecuado; aunque la mejor opción, desde el punto de vista encapsulamiento, la representa el vidrio. Sin embargo éste último material representa la desventaja de la fragilidad aun cuando haya sido endurecido.

CONSTRUCCIÓN TÍPICA DE UN MÓDULO SOLAR



Conexión en serie de celdas solares en un módulo fotovoltaico

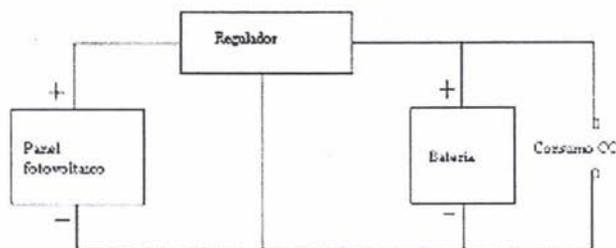
Otro aspecto importante en la fabricación de los módulos es la conexión entre las celdas; las interconexiones también están sujetas a esfuerzos térmicos a consecuencia de las diferentes propiedades de expansión de los diferentes componentes del módulo. Por esto durante la fabricación del módulo se tienen que emplear conexiones redundantes, por si alguna de ellas falla.

El voltaje de salida de un módulo depende del número de celdas conectadas en serie. Los módulos típicos tienen 30, 32, 33, 36 o 44 celdas en serie. Los módulos de 30-32 celdas son considerados autoregulables, es decir que no requieren de un dispositivo de control cuando son conectados a una batería.

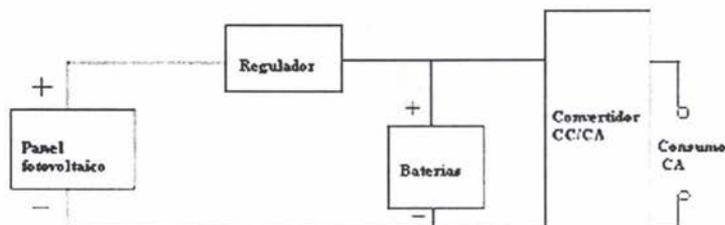
“Los módulos de 33 a 36 celdas son los más comunes en la industria fotovoltaica, su voltaje, 16.7 volts, les permite superar la reducción en el voltaje de salida cuando los módulos operan a alta temperatura, generalmente requieren de dispositivo de control para evitar dañar la batería con sobrecarga.” ^{11, 12} Los módulos de 44 celdas generan un voltaje de 20.3 volts y son preferidos para operar a temperaturas ambiente muy altas.

DIAGRAMA DE BLOQUE DE DIFERENTES GENERADORES FOTOVOLTAICOS SEGÚN SU UTILIZACIÓN. SE INDICAN DISTINTOS COMPONENTES

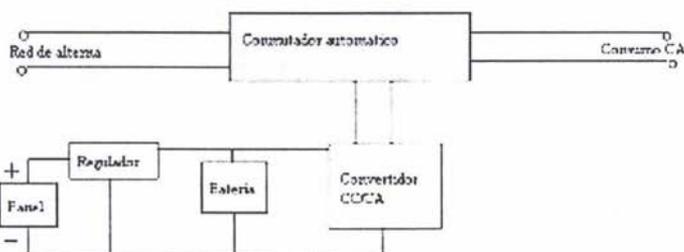
CONSUMO EN CONTINUA



CONSUMO EN ALTERNA



CONSUMO EN ALTERNA CON APOYO DE LA RED



^{11, 12} Datos tomados de:

Condumex, *Los sistemas fotovoltaicos*. División de energías alternativas, Documento interno (México, D.F., 2003.) p. 18.

II.1.2.6 Dispositivo de almacenamiento de la energía solar

II.1.2.6.1 Baterías

La batería almacena la energía eléctrica generada por los módulos durante los periodos de sol. Normalmente, las baterías se utilizan durante las noches o periodos nublados, el intervalo que incluye un periodo de carga y uno de descarga, recibe el nombre de ciclo. Idealmente las baterías se recargan al 100 por ciento de su capacidad, durante el periodo de carga de cada ciclo. Si existe un controlador, las baterías no se descargarán totalmente durante el ciclo, de igual manera no corren el peligro de sobrecargarse durante periodos de poco uso.

II.1.2.6.1.1 Dimensionamiento de la batería.

“Una batería se dimensiona en función de a) la energía que debe abastecer diariamente; b) la autonomía que debe proporcionar durante periodos nublados; y c) la profundidad de descarga.”^{ii. 13}

II.1.2.6.2 Capacidad.

“La capacidad en amperios-hora (A-h) es simplemente el número de amperios que la batería puede descargar, multiplicado por el número de horas en que se entrega dicha corriente.”^{ii. 14} Este parámetro determina cuánto tiempo el sistema puede operar una carga determinada sin que haya necesidad de recarga.

II.1.2.6.2.1 Capacidad de régimen.

En teoría una batería de 200 A-h podría entregar 200 amperios durante una hora, 100 A durante dos horas, 1 A durante 200 horas y así sucesivamente. Sin embargo, en realidad este no es el caso ya que en las baterías siempre se debe especificar el régimen en horas. “Si la batería es cargada y descargada a una razón diferente a la especificada en el régimen, la capacidad en A-h puede variar.”^{ii. 15} Generalmente, si la batería se descarga a una razón menor, entonces la capacidad será ligeramente mayor. Por ejemplo una batería que está diseñada con una capacidad de 100 A-h a un régimen de 8 horas puede descargar 12,5 A durante 8 horas ($C = 12.5 \times 8 = 100$ A-h), mientras que si la misma batería se descarga a un régimen de 20 horas podría proporcionar 5.8 A durante 20 horas ($C' = 5.8 \times 20 = 116$ A-h)

^{ii. 13} Datos tomados de:

José Mompín Poblet, *Energía solar fotovoltaica*. (Barcelona, España, 1985) p. 137.

^{ii. 14} Datos tomados de:

José Mompín Poblet, *Energía solar fotovoltaica*. (Barcelona, España, 1985) p. 159.

^{ii. 15} Chester L. Dawes *Tratado de electricidad I corriente continua*. (México, D.F., 1986.) P. 130.

II.1.2.6.2.2 Profundidad de descarga.

Este parámetro describe la fracción de la capacidad total de la batería que puede ser usada sin necesidad de recarga y sin dañar a la batería. Como regla general, mientras menor sea la cantidad de energía que se extrae de la batería durante cada ciclo, mayor será la vida útil de la misma.

Esta descripción da origen a la clasificación de las baterías en dos grandes grupos: **ciclo ligero o automotriz** y **ciclo profundo**. “En el **ciclo ligero o automotriz**, las baterías se diseñan para altas descargas iniciales, como puede ser el arranque de un motor, pero continuamente se están cargando y descargando de manera alternativa. Estas baterías, también llamadas de **arranque**, se diseñan para profundidades de descarga no mayores del 20 por ciento.”^{II.16} De manera opuesta las baterías de ciclo profundo se diseñan en función de largos periodos de utilización sin necesidad de recibir recarga, por lo tanto éstas son más robustas y generalmente tienen mayor densidad energética. Su profundidad de descarga puede ser hasta del 80% de su capacidad.

II.1.2.7 Tipo de batería.

“Las baterías más empleadas en aplicaciones fotovoltaicas son las de **plomo-ácido**, éstas tienen la ventaja de ser más económicas que las formadas por otros compuestos. Adicionalmente, dada la gran familiaridad que el público en general tiene con las baterías automotrices, su potencial comercial es muy elevado. Estas baterías se fabrican mediante diversas aleaciones de plomo en una solución de ácido sulfúrico que actúa como electrolito. El material de las placas es una aleación de plomo con otro material, ya que el plomo puro es débil físicamente.”^{II.17}

Dependiendo del material con que se mezcle el plomo, resultará la profundidad de descarga de la batería. Así por ejemplo, si las placas son de una aleación de plomo y antimonio, el antimonio permite que la batería tenga una mayor profundidad de descarga sin que se dañen las placas, esto significa una mayor vida para la batería, y por lo tanto **las baterías de plomo-antimonio-ácido son de ciclo profundo**. Por otra parte, el calcio aumenta la rigidez del plomo y reduce la autodescarga; sin embargo, la aleación plomo calcio se ve dañada cuando las profundidades de descarga son mayores al 25 por ciento, en consecuencia **las baterías plomo-calcio-ácido son de ciclo ligero**.

Otro tipo de batería plomo-ácido es la denominada *Gel* en la que el ácido se encuentra en ése estado. Tienen la ventaja de que son completamente selladas y pueden operar en cualquier posición sin regar ácido o gas.

^{II.16} Chester L. Dawes *Tratado de electricidad I corriente continua*. (México, D.F., 1986.) P. 130.

^{II.17} Chester L. Dawes *Tratado de electricidad I corriente continua*. (México, D.F., 1986.) Pp.117-119.

Debido a que el electrolito se mueve más lentamente, estas baterías no pueden tolerar altas tasas de carga y descarga. Su construcción sellada hace imposible verificar sus condiciones con un hidrómetro y su uso queda reducido a lugares donde se requieren cantidades de energía y que no cuenten con ventilación.

La reacción en las baterías de Níquel-Cadmio (NiCd) es muy diferente a la de las de plomo-ácido. En las primeras las celdas utilizan una base, hidróxido de potasio, como electrolito en lugar de ácido. El electrolito no efectúa cambios químicos con los materiales de las placas; éste solo actúa como un medio de transferencia para los electrones. De tal manera que la gravedad específica del electrolito no cambia con el estado de carga. El polo positivo está compuesto con aleaciones de níquel, el negativo es de cadmio. Las baterías NiCd pueden sobrevivir a un congelamiento y descongelarse sin sufrir daño, tampoco son tan afectadas por las altas temperaturas como lo son las plomo-ácido. Otra ventaja que poseen es que no son tan afectadas por las sobrecargas y pueden ser descargadas totalmente sin sufrir daño alguno. Sin embargo el costo de éstas es muy superior al de las otras baterías, motivo por el que no son consideradas en los diseños fotovoltaicos.

II.1.2.7.1 Las placas

Las placas en una batería se encuentran alternadas en el interior de la misma con separadores entre ellas para no provocar cortocircuito. Los separadores se elaboran de un material poroso para permitir el flujo del electrolito. Son materiales no conductores fabricados con mezclas de sílica y plásticos o hule.

II.1.2.7.2 Funcionamiento de las baterías

El funcionamiento de las baterías se puede describir mediante dos formas: la capacidad en amperios-hora (Ah) y la profundidad de descarga.

“La capacidad en Ah es simplemente el número de amperios que la batería puede descargar, multiplicado por el número de horas en que se entrega dicha corriente.”^{ii. 18} Este parámetro determina cuánto tiempo el sistema puede operar una carga determinada sin que haya necesidad de recarga. En teoría una batería de 200 Ah podría entregar 200 A durante una hora, 100 A durante dos horas, 1 A durante 200 horas y así sucesivamente. Sin embargo este no es el caso ya que algunas baterías, como las automotrices, están diseñadas para grandes descargas en periodos cortos. Si la batería es cargada y descargada a una razón diferente a la especificada, la capacidad en Ah puede variar. Generalmente, si la batería es descargada a una razón menor, entonces la capacidad será ligeramente mayor.

“Otro factor que influye en la capacidad de la batería es la temperatura.”^{ii. 19} A menor temperatura se reduce la capacidad, a mayor temperatura se incrementa la capacidad, no obstante, a mayor temperatura se incrementan las pérdidas evaporativas de la batería reduciéndose así el número de ciclos.

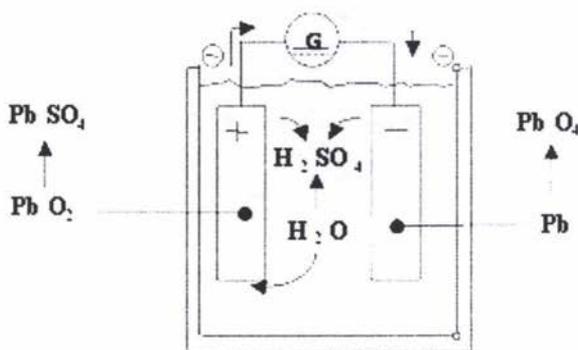
La segunda descripción es la profundidad de descarga, que se mencionó anteriormente.

^{ii. 18} Chester L. Dawes *Tratado de electricidad I corriente continua*. (México, D.F., 1986.) Pp. 129-130.

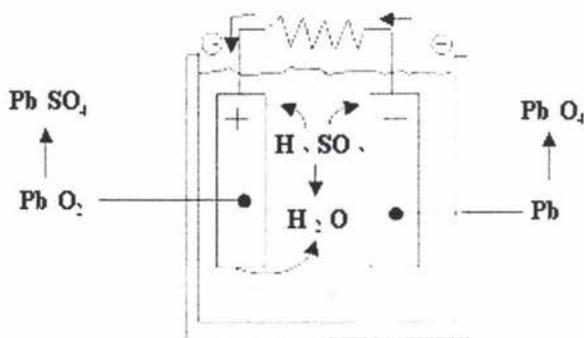
^{ii. 19} Chester L. Dawes *Tratado de electricidad I corriente continua*. (México, D.F., 1986.) P. 130.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE UNA BATERÍA

Ciclo de carga



Ciclo de descarga



II.1.2.8 Controlador de carga

Los controladores se incluyen en los sistemas fotovoltaicos para proteger a las baterías contra sobrecargas y descargas excesivas. La mayoría de los controladores detectan el voltaje de la batería y actúan de acuerdo con los niveles de la tensión. Los controladores no son aparatos muy simples, ya que el estado de recarga de la batería depende de muchos factores y es difícil de medir.

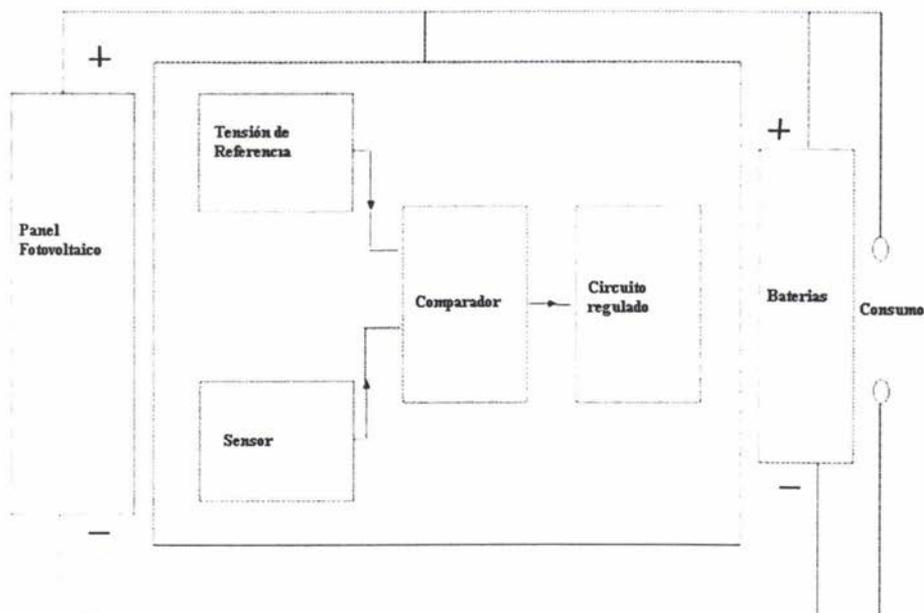
Existen dos métodos básicos para controlar o regular la carga que va del arreglo fotovoltaico hacia la batería. “En el **Método de Shunt** la carga de la batería se regula interrumpiendo la corriente proveniente del arreglo provocando un corto circuito en el arreglo.”^{II.20} Esto se logra mediante un diodo de bloqueo colocado en serie entre la batería y el arreglo.

^{II.20} Datos tomados de:

Conumex, *Los sistemas fotovoltaicos*. División de energías alternas, Documento interno (México, D.F., 2003.) p. 11.

Los controladores tipo **Shunt** generalmente se diseñan para aplicaciones de corrientes fotovoltaicas menores de 20 A. El otro método es el del controlador en serie, donde la regulación se lleva a cabo mediante un relevador que impide el paso de la corriente cuando la batería se encuentra en condiciones de plena carga; en esta caso la interrupción se lleva a cabo poniendo el arreglo en circuito abierto.

INSTALACIÓN Y ESTRUCTURA INTERNA DE UN REGULADOR EN UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONVENCIONAL.



II.1.2.8.1 Capacidad del controlador.

El controlador debe tener suficiente capacidad para controlar la máxima corriente producida por el conjunto fotovoltaico. Multiplique la corriente de cortocircuito del conjunto fotovoltaico por 1.25 para manejar la corriente excesiva ocasional.

Por ejemplo, si un conjunto de 6 módulos de 12 V nominales y 3.5 A cada uno, está arreglado en 3 series paralelas de 2 módulos, entonces la capacidad del controlador deberá ser:

$$\text{Capacidad del controlador} = 1.25 \times 3.5 \times 3 = 13.125 \text{ A a cada } 24 \text{ V.}$$

Un controlador de 15 A a 24 V será suficiente.

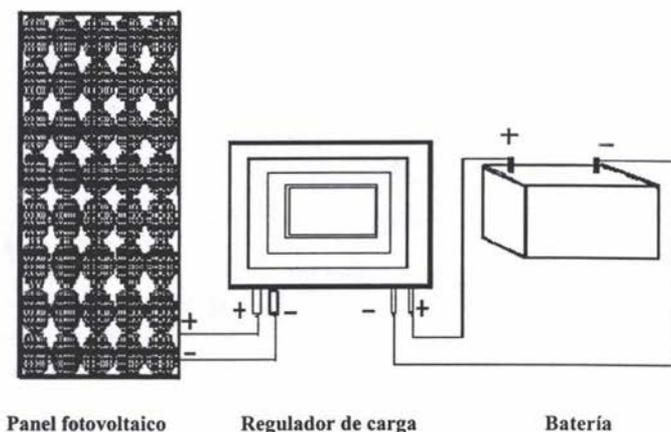
II.1.2.8.1.1 Voltaje del controlador.

“El controlador se especifica de acuerdo al voltaje nominal del conjunto fotovoltaico, sin embargo, dado que su principal función consiste en proteger a la batería de sobrecargas y descargas profundas, los voltajes de corte y reconexión representan un papel muy importante en el diseño del sistema.”^{II.21}

Voltaje de corte. Este puede ser **superior** para proteger a una batería que se encuentre en estado de carga plena. Cuando esto sucede, la corriente que proviene del conjunto fotovoltaico es interrumpida por medio de un relevador o un diodo en el controlador, así se evita que la batería se sobrecargue y dañe sus celdas. El **voltaje o punto de corte superior** depende del tipo de batería y los valores típicos para sistemas de 12 V oscilan de los 13.3 a los 13.8 V.

La mayoría de los controladores también protegen a la batería contra descargas profundas, esto se logra mediante un relevador, que actúa en el **punto de corte inferior**, y corta la corriente que va de la batería hacia las aplicaciones cuando la energía contenida en la batería alcanza un mínimo establecido. Otros controladores no interrumpen el suministro, simplemente emiten un zumbido para indicar al usuario que la batería se encuentra en estado de carga mínima permisible. El **punto de corte inferior** depende de la naturaleza de la batería y los valores típicos para sistemas de 12 voltios van de **12 a cada 12.2 V**.

CRÓQUIS DE CONEXIÓN DE UN REGULADOR EN UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.



Dado que los módulos fotovoltaicos entregan corriente directa cuando son expuestos a la radiación solar, esta corriente generalmente es almacenada en baterías de diferentes tipos.

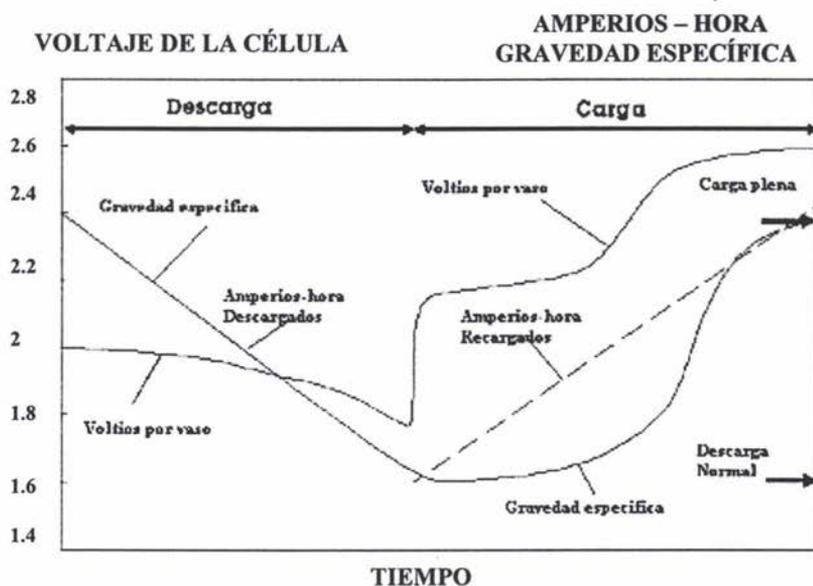
^{II.21} Datos tomados de:

José Mompín Poblet, *Energía solar fotovoltaica*. (Barcelona, España, 1985) p. 189.

“Las baterías tienen una cierta capacidad de almacenamiento y una tolerancia a la carga y a la descarga. De tal manera que si una batería rebasa sus límites inferior y superior sufre descargas profundas y sobrecargas respectivamente, lo que ocasiona que su vida útil se vea reducida.”^{11.22}

La función primaria de un controlador de carga en un sistema fotovoltaico es proteger a la batería de sobrecargas y descargas profundas. Cualquier sistema fotovoltaico que esté expuesto a cargas impredecibles, intervención del usuario o cualquier característica que haga suponer sobrecargas y descargas profundas, requiere de un controlador de carga.

ESTADO DE CARGA DE UNA BATERÍA.



Los controladores generalmente se especifican en función de, el voltaje nominal de operación, la corriente que proviene del módulo o arreglo, la corriente que va a la carga y los voltajes superior e inferior de desconexión y reconexión. Otros parámetros importantes son: la temperatura de operación y las pérdidas intrínsecas del aparato. Generalmente los valores prefijados de los parámetros anteriores dependen del tipo de batería a que es conectado el controlador.

Las características de carga de las baterías cambian con la temperatura. Algunos controladores de carga tienen un dispositivo para determinar la temperatura de la batería y efectuar los ajustes correspondientes. Este proceso se conoce como corrección de temperatura y es utilizado para ajustar los puntos de corte y reconexión, así como para estimar la cantidad real de energía que contiene la batería.

^{11.22} Datos tomados de:

Samuel Chacón Madrigal, "Fundamentos y aprovechamiento de la conversión de la energía solar en energía fotovoltaica para proyectar una casa habitación." Tesis para licenciatura en Ingeniería Eléctrico-industrial. (Cuautitlán, Estado de México, 1994.) p. 92.

II.1.2.9 Centro de distribución de carga

Debido a que la corriente directa se conduce en una sola dirección, es muy importante conservar la polaridad en un sistema fotovoltaico, de hecho la mayoría de los módulos fotovoltaicos cuentan con diodos de bloqueo contra polaridad invertida. El centro de distribución de carga debe contar también con diodos de bloqueo así como con fusibles que protejan a las aplicaciones de eventuales sobrecargas.

El centro de distribución de carga se especifica por el número de canales (circuitos) y la capacidad por canal (circuito). Por ejemplo si se quieren alimentar 5 lámparas compactas que consumen 1.5 A cada una, se tendrá que especificar un centro de carga de 6 canales (circuitos) por 2 A cada uno.

Esto es debido a que no debe sobrecargarse cada circuito para evitar una desconexión por sobre demanda y calentamiento mismo, cada circuito esta protegido por un margen de seguridad al sobre dimensionar la capacidad de carga. El margen de seguridad queda a criterio del diseñador ya que esto implica incrementar el costo de un proyecto.

Ya que muchas veces el usuario podría remplazar las lámparas por unas de mayor amperaje, es por eso que se hace para cada lámpara un circuito diferente ya que al haber algún problema en alguna esta no afectaría el funcionamiento de las otras.

II.1.2.10 Convertidor de voltaje Cd/Cd

Si bien es cierto que el estándar de los módulos fotovoltaicos es de 12 V, también lo es que existe una infinidad de aplicaciones en corriente directa a tensiones diferentes de 12 V. En este caso es conveniente emplear adaptadores de corriente directa a corriente directa. El convertidor CD/CD frecuentemente convierte de 12 a 9, 6, 3 y 1.5 V mediante una perilla selectora.

II.1.2.11 Inversor

“Los inversores son unidades acondicionadoras de potencia para alimentar cargas de artefactos eléctricos de corriente alterna (CA). Los inversores más comunes de sistemas fotovoltaicos aislados funcionan 12, 24, 48 o 120 V de entrada en corriente directa (CD) y salida a 120 o 240 V en CA a 60 Hertz (Hz).”^{II. 23}

Algunos inversores pueden soportar sobretensiones transitorias de hasta tres veces su capacidad, pero no pueden funcionar a capacidad máxima durante más de media hora sin sobrecalentarse. Son apropiados para la carga de arranque de motores pero, si se requiere su funcionamiento continuo, deben tener un exceso de capacidad sobre el valor de régimen. En general dicho exceso debe ser de 25 por ciento o más para aumentar la confiabilidad y vida útil. El proyectista del sistema debe obtener información de fábrica acerca de los parámetros específicos de rendimiento antes de comprar el inversor.

^{II. 23} Datos tomados de:

José Mompín Poblet, *Energía solar fotovoltaica*. (Barcelona, España, 1985) p. 169.

II.1.2.11.1 Forma y tipo de onda.

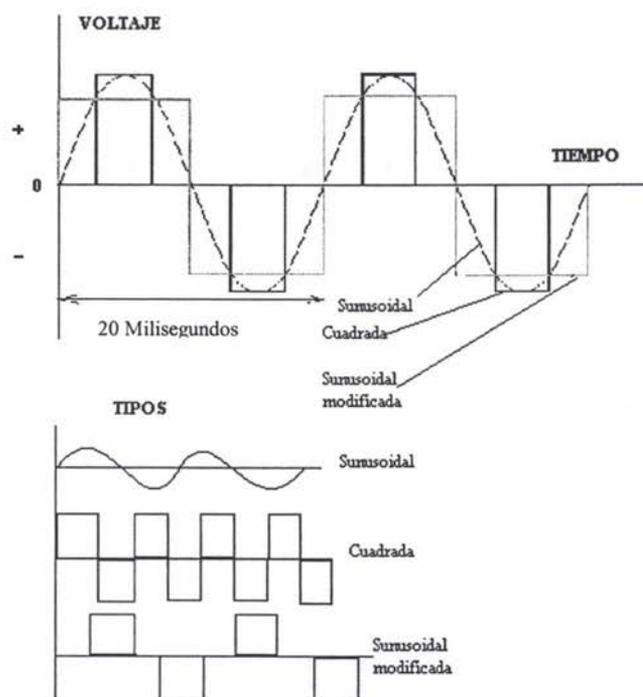
Los inversores generalmente se clasifican de acuerdo al tipo de la forma de onda que producen, las tres formas de onda más comunes son la **cuadrada**, la **sinusoidal modificada** y la **sinusoidal**.

Las unidades de **onda cuadrada** proporcionan una salida conmutada de CA con económicos y adecuados para alimentar ciertos artefactos de corriente alterna como calentadores con resistencia eléctrica, herramientas o artefactos de mano y lámparas incandescentes.

“Los inversores de tipo de **onda sinusoidal modificada** soportan perturbaciones transitorias y pueden alimentar una gran variedad de equipos de CA como lámparas, equipos electrónicos y la mayoría de motores.

Los inversores de **onda sinusoidal** producen una forma de onda de CA tan buena como la de las empresas de servicios públicos.”^{II.24}

ONDAS DE CORRIENTE ALTERNA PRODUCIDAS POR LOS DISTINTOS TIPOS DE CONVERTIDORES



^{II.24} Datos tomados de:

José Mompín Poblet, *Energía solar fotovoltaica*. (Barcelona, España, 1985) pp. 170-171.

II.1.2.12 Rendimiento de la conversión de potencia

Es la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada del inversor. El rendimiento de los inversores para sistemas independientes variará en alto grado según el tipo y la demanda de carga de artefactos eléctricos. El proyectista debe saber que es difícil medir la potencia de una salida no sinusoidal debido al gran número de armónicas presentes. No confíe mucho en los folletos de inversores que anuncian rendimientos de más del 90 por ciento. Los valores que aparecen en las especificaciones de fábrica son los máximos que se pueden esperar. Sin embargo, cuando se alimentan ciertos tipos de motores, el rendimiento real puede ser menor del 50 por ciento.

II.1.2.12.1 Potencia de régimen

“La potencia de régimen indica el número de watts que el inversor puede suministrar durante su funcionamiento normal.” ^{II. 25} Seleccione un inversor que pueda proporcionar no menos del 125 por ciento de la demanda máxima de carga, para dejar un margen en caso que aumente la demanda en el futuro. El régimen de funcionamiento también es importante.

II.1.2.12.1.1 Factor de potencia.

Es el coseno del ángulo entre las formas de onda de la tensión y de la corriente producidas por un inversor. Este factor varía de acuerdo con el tipo de carga. Las unidades de mejor calidad tienen circuitos diseñados para compensar el valor del factor de potencia. Especifique un valor cerca de 1.

II.1.2.12.2 Régimen de funcionamiento.

“Es el período de tiempo que el inversor puede alimentar la máxima carga de artefactos eléctricos.” ^{II. 25 A} El exceder este tiempo puede causar la falla del equipo. Esta es otra razón para comprar un inversor con exceso de capacidad, por ejemplo, 2,5 Kw para una carga de 2,0kW.

II.1.2.12.3 Tensión de entrada.

Se determina por la potencia total que requieren todas las cargas de artefactos de CA. Mientras mayor sea la demanda de carga, mayor deberá ser la tensión de funcionamiento del inversor.

^{II. 25} Datos tomados de:
José Mompín Poblet, *Energía solar fotovoltaica*. (Barcelona, España, 1985) p. 220.

^{II. 25 A} *Ibid.*

II.1.2.12.4 Capacidad de sobretensión transitoria.

La mayoría de los inversores puede exceder su potencia de régimen durante cortos períodos de tiempo (segundos). Deben determinarse o medirse los requisitos de sobretensiones de ciertas cargas de artefactos eléctricos. Algunos transformadores y motores de CA requieren una corriente de arranque varias veces mayor que su corriente de funcionamiento. Esta corriente de arranque puede ser necesaria durante varios segundos.

II.1.2.12.5 Regulación de tensión.

“Indica las variaciones de tensión de salida. Los mejores inversores producen un valor de tensión eficaz, (RMS) regulación media de salida, casi constante para una gran variedad de niveles de carga.”^{II. 26}

II.1.2.12.6 Protección de tensión.

El inversor puede ser dañado si se exceden los niveles de tensión de entrada de corriente continua. Recuerde que la tensión de una batería puede exceder considerablemente su valor nominal Si dicha batería esta sobrecargada. Las baterías de 12 V pueden alcanzar hasta 16 V, y un inversor de 12 V puede dañarse Si se le aplica una tensión de entrada de 16 V. por lo tanto, “los inversores deben estar provistos con circuitos protectores que desconecten el inversor de la batería si se presenta una tensión de entrada demasiado alta o baja.”^{II. 27}

II.1.2.12.7 Frecuencia.

La mayoría de las cargas de artefactos eléctricos en México requieren corriente de 60 Hz, mientras que en otros países se usa generalmente 50 Hz. Los equipos de alta calidad requieren una regulación de frecuencia precisa. Cualquier variación puede causar un mal funcionamiento de relojes u otros dispositivos electrónicos con control de tiempo.

II.1.2.12.8 Modularidad.

“Es la formación de un sistema con unidades interconectables.”^{II. 28} Resulta ventajoso usar inversores múltiples en algunos sistemas. Estos inversores pueden ser conectados en paralelo o usados para alimentar diferentes tipos de cargas de artefactos eléctricos. La conmutación manual de la carga a veces se provee para permitir que un inversor pueda alimentar algunas cargas críticas en caso de falla de otro inversor. Esta redundancia aumenta la confiabilidad del sistema.

^{II. 26} *Ibid.*

^{II. 27} Datos tomados de:

José Mompín Poblet, *Energía solar fotovoltaica*. (Barcelona, España, 1985) p. 176.

^{II. 28} Datos tomados de:

José Mompín Poblet, *Energía solar fotovoltaica*. (Barcelona, España, 1985) p. 217.

II.1.3 Generación de energía eólica

Los vientos ocurren por diferencias de presión generadas por un calentamiento no uniforme de la atmósfera terrestre, desplazándose grandes masas de aire de las zonas de alta presión a las de baja, que son consecuencia de, el calor que genera el sol, combinado con el movimiento de rotación de nuestro planeta. Los rayos solares calientan la corteza terrestre y al aire que la rodea. Esto ocasiona que el aire se dilate, pierda presión, se eleve y lo sustituya el aire frío que viene de los océanos. Durante las noches, el proceso es al revés, es decir, el mar guarda mejor el calor que la corteza, el aire se dilata y ahora de la corteza proviene el aire frío.

“En las montañas ocurre un ciclo diurno y nocturno parecido. Estas diferencias de presión en nuestra atmósfera ocasionan corrientes de convección. Esto es, corrientes más o menos circulares que van de la parte alta de la atmósfera a la baja, para luego regresar a la primera (la rotación de la Tierra hace más complejo el patrón de circulación del aire, porque las fuerzas inerciales ocasionan que en las capas altas de la atmósfera del Hemisferio Norte el aire se desvíe hacia el este y en las bajas hacia el oeste, mientras que en el Hemisferio Sur ocurre a la inversa).”^{II. 29}

De estas corrientes, únicamente las fuerzas horizontales son dinámicas y pueden transformarse, por medio de unas aspas, en energía utilizable. Las corrientes verticales son convectivas y no poseen la energía dinámica para ser aprovechables. De hecho, el viento se define como el movimiento horizontal de las masas de aire en nuestra atmósfera.

Aproximadamente el 2% del calor del sol que llega a la tierra se convierte en energía cinética (3.5×10^{12} kw), de esta solo una fracción muy pequeña puede ser aprovechada ya que buena parte de estos vientos ocurren a grandes alturas o sobre los océanos, mar adentro. Las velocidades del viento promedio van de 0.25 m/s para los lugares con muy baja incidencia de viento hasta los 10 y 12.5 m/s para los más altos.

Los factores más importantes que determinan el comportamiento del viento son: la radiación solar y la rotación de la tierra. Las variaciones estacionales son debidas al ángulo de inclinación del eje relativo de la tierra y por lo tanto su posición con respecto al sol. Esto es lo que rige el comportamiento a nivel macro y de ahí se pueden estimar algunos sitios como los más probables ventosos como los hemisferios y sus locaciones cercanas.

Los factores que determinan el comportamiento de los vientos a nivel micro son, la topografía del lugar, altura, fricción sobre la superficie, montañas, diferencias de temperaturas entre el día y la noche.

^{II. 29} Datos tomados de:

Juan Tonda Mazón, *El oro solar y otras fuentes de energía*. Serie “La ciencia desde México.” Fondo de cultura económica, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (México, D.F., 1993) p. 82.

Por limitaciones de tipo tecnológico, solo los vientos que fluyan sobre los primeros 150 m son aprovechables, de los vientos disponibles solo una fracción puede ser convertida en energía útil, según Betz el límite teórico es de 59%.

Debe considerarse que el contenido energético del viento es mayor cuanto mayor sea la altura, (debido al efecto de rugosidad del terreno).

Para cada lugar, la velocidad del viento es una variable aleatoria que corresponde a una serie en el tiempo con variaciones estacionales, variaciones cíclicas diarias e importantes variaciones debidas a turbulencias atmosféricas. Por lo anterior al predecir al 100% el comportamiento del viento es prácticamente imposible, aunque sí posible asumir ciertos valores, pero esto solo será cuando se ha adquirido experiencia y sensibilidad al respecto y la información obtenida será meramente cualitativa.

Las investigaciones que se realizan actualmente sobre la energía eólica se dirigen a aprovechar el viento como energético para producir electricidad, calor, energía mecánica o cualquier otra forma de energía.

Está clasificada como una fuente no convencional. Es prácticamente inagotable y no contamina. Sin embargo, su principal desventaja es que cuando no sopla el viento no se produce energía. Por esta razón es una fuente intermitente y, como tal, requiere de un sistema de almacenamiento para aprovecharla continuamente

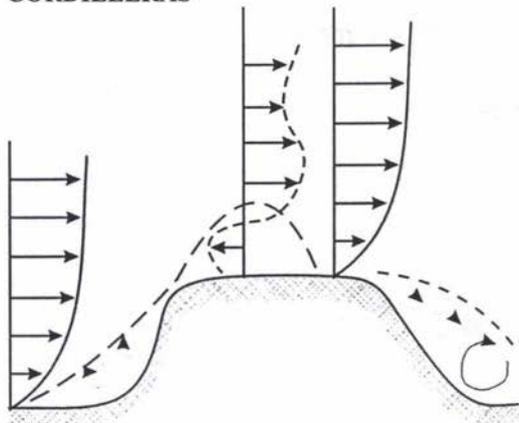
II.1.3.1 Factores condicionantes.

Los diferentes efectos meteorológicos descritos de circulación de aire, configuran a nivel global la composición de los vientos sobre el planeta. A nivel local, debemos tomar en cuenta los efectos producidos por el mar, las montañas,, y aún más detenidamente los que se deriven de la orografía del terreno, que pueden perturbar considerablemente el movimiento de las capas bajas de la atmósfera.

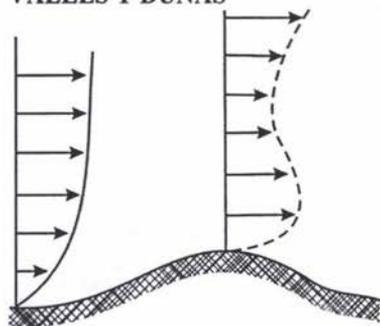
La orografía de emplazamiento es muy importante para determinar la velocidad del aire un punto localizado. El aire que se desplaza en la proximidad de la corteza terrestre se debe sortear los innumerables obstáculos que se encuentran a su paso, alterando en mayor o en menor grado las líneas de corriente y sus velocidades correspondientes.

COMPORTAMIENTO DEL VIENTO EN LAS DIFERENTES TOPOGRAFÍAS.

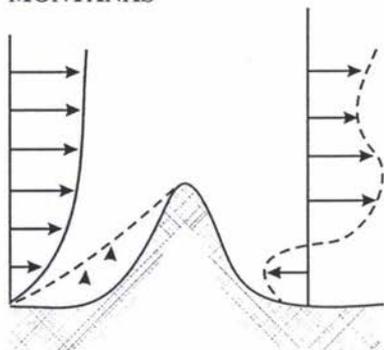
CORDILLERAS



VALLES Y DUNAS



MONTAÑAS



Las montañas constituyen un importante obstáculo al desplazamiento del aire y su comportamiento ante ellas puede resultar muy complejo. Los estudios realizados hasta el momento no han sido de todo concluyentes.

Por regla general, se puede considerar que las montañas ejercen un efecto de frenado sobre una corriente de aire, reduciendo su velocidad de un 30 a un 50 % de la que tendría en iguales condiciones moviéndose en un espacio abierto.

El efecto de frenado que se ejerce también en zonas libres de obstáculos. Las fuerzas de rozamiento, que actúan en las capas de la atmósfera, que se encuentran en contacto con el suelo tienden a disminuir su velocidad, siendo sus efectos menores a medida que generamos altura.

“Así los parámetros que definen el régimen de los vientos en un punto determinado dependen de”:^{II. 30}

- la situación geográfica
- las características microclimáticas locales
- la estructura topográfica de la zona
- las irregularidades del terreno
- la altura sobre el nivel del suelo.

^{II. 30} Datos tomados de:

Jorge Gutiérrez Vera, **Energía renovable en el siglo XXI**. Sistemas de Energía Internacional, S.A. de C.V., Talleres de Grafo Print Editores, Segunda Edición 2002, (México, Monterrey, Nuevo León. 2002) p.76.

II.1.3.2 Medición del viento.

La energía del viento.

“ Desde el punto de vista práctico, es el contenido energético del viento lo que nos interesa aprovechar. La energía cinética de una masa de aire que se desplaza viene determinada por la llamada Ley del cubo”¹¹³¹

$$E = \frac{1}{2} \delta A V^3$$

Donde

E= energía por unidad de tiempo (Watts);

A= área interceptada (m²);

δ = densidad del aire (kg/m³);

V= velocidad del viento (m/s)

El contenido energético del viento depende de la densidad del aire y de su velocidad.

Como en cualquier gas, la densidad varía con la temperatura y la presión, y esta a su vez, con la altura sobre el nivel del mar.

Medición de la velocidad del viento.

La velocidad del viento usualmente se mide a través del movimiento angular impartido a un mecanismo que gira libremente o mediante el efecto de presión. En 1805, el admirante inglés, Sir Francis Beaufort propuso una escala para medir la velocidad del viento. Esta escala, que lleva su nombre, la hizo basándose en estimaciones personales logradas observando las manifestaciones físicas del viento visibles en humo, agua, follajes de árboles, etc.

Existen herramientas (anemómetros) y procedimientos para medir con relativa precisión los vientos, los cuales con ayuda de sensores de velocidad y dirección se llevan en registros en tabletas electrónicas de almacenamiento de datos, los cuales se procesan con ayuda de una computadora. Por este medio se puede obtener:

El patrón diario de velocidad, que muestra si el viento obedece a gradientes locales de temperatura del ciclo día-noche o a procesos termodinámicos de más baja frecuencia como el movimiento de las masas continentales y oceánicas.

¹¹³¹ Datos tomados de:

Jorge Gutiérrez Vera, **Energía renovable en el siglo XXI. Sistemas de Energía Internacional, S.A. de C.V., Talleres de Grafo Print Editores, Segunda Edición 2002, (México, Monterrey Nuevo León. 2002) p.77.**

El histograma mensual de velocidad que al asociar tiempos de duración acumulados a las velocidades observadas describe la forma como se disipa la energía a través del viento, dentro de un sistema climático-geográfico definido. La uniformidad en el contenido energético del viento ha permitido emplear con éxito la función de Distribución de Weibull aunque también es aplicable la distribución de Rayleigh.

Estas mediciones se deberán llevar a cabo por periodos relativamente largos (hasta dos años) si el proyecto es de una magnitud grande de capital, o con simples exploraciones o mediciones a mano cuando el sistema a instalar sea pequeño.

“El estudio y la medición del viento, se utilizan principalmente dos instrumentos, el anemómetro registra gráficamente la velocidad del viento, y el anemoscopio, los cambios en la dirección del viento. Por normas meteorológicas estos instrumentos se deben situar como mínimo a 10 m sobre el suelo. A esta altura la energía eólica es similar en magnitud de la densidad de la energía solar recibida en un periodo de 24 h.

Los anemómetros se clasifican en: a) rotatorios de eje vertical, b) rotatorios de eje horizontal, y c) anemómetros de presión.”^{ii.32}

Los anemómetros de presión no indican el viento que pasa sino su velocidad instantánea. En estos, la presión es medida ya sea por el par aplicado a un conjunto de capas montadas sobre el plano horizontal manteniendo perpendicularmente al viento, o por la diferencia de presiones en los tubos cuando el anemómetro es de este tipo.

Los datos del viento proporcionan información sobre la energía disponible, que facilitan la selección del sitio y permiten definir rangos apropiados de operación del sistema de conversión de energía eólica.

“Para proyectos de más de 5 Kw, vale la pena llevar a cabo mediciones aunque sea por periodos muy cortos (4-6 meses), pero para más de 20 Kw es recomendable medir al menos un año. Entre los parámetros que son necesarios conocer están: velocidad, dirección, temperatura ambiente, humedad y presión atmosférica.”^{ii.33}

La cuantificación del potencial energético de un lugar dado se indica en términos de energía disponible, la cual puede ser traducida a valores de velocidad media con sus respectivas reservas. El término más adecuado es el que se da en kW/m^2 como un dato de densidad de potencia, o kWh/m^2 como un dato de densidad de energía.

La altura recomendada para llevar a cabo estas mediciones es a 20 m como mínimo, algunos autores recomiendan 10 m, sin embargo la experiencia nos dice que a esta altura existen un sinnúmero de factores que alteran los valores reales por lo que resultan o insuficientes o sumamente imprecisos los datos obtenidos. Cuando ya se tiene un proyecto en mente, lo mejor es medir a la altura a la que se instalaría el generador eólico.

^{ii.32} Datos tomados de:

Gerardo Zapata González, “aprovechamiento de la energía eólica.” Proyecto Terminal, para la licenciatura de Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. (México, D.F., 1986.) pp. 29-30.

^{ii.33} **Ibid**

II.1.3.3 Unidades de medición del viento.

El parámetro que interesa del viento es su energía disponible. La cual podrá ser convertida posteriormente a energía mecánica, química eléctrica, etc.

“La energía está definida como la capacidad para producir trabajo.

Energía = Potencia * Tiempo Potencia = Energía/Tiempo

Existen diferentes forma de energía y cualquier masa en movimiento posee energía cinética y el viento es aire en movimiento.

La energía cinética está dada por:” II. 34

$$E_{cin} = \frac{1}{2} m V^2$$

Donde m es la masa del aire y V su velocidad

Pero la masa del aire está dad por:

$$\delta = m/v$$

Donde δ es la densidad, m la masa del aire y v el volumen ocupado por esta masa.

El volumen de aire es igual a la velocidad a la que viaja el aire en un tiempo dado por unidad de área, esto es:

masa/tiempo = densidad * velocidad * área

Sustituyendo esta ecuación en I tenemos:

$$E_{cin}/t = \frac{1}{2} \delta A V V^2$$

Como la energía dividida entre el tiempo nos da potencia tenemos que:

$$P/A = \frac{1}{2} \delta V^3$$

Donde P/A se conoce como densidad de potencia y se expresa en W/m^2 , la densidad del aire es diferente para cada sitio aunque para casos prácticos se asume un valor de 1 kg/m^3 . Como se puede observar la densidad de potencia es proporcional al cubo de la velocidad del viento.

Debido a esta función cúbica, unas pequeñas variaciones en la velocidad del viento, pueden representar grandes cambios en el contenido de energía y de ahí en casos de tormentas, tornados, huracanes y ciclones los daños pueden ser sorprendentes.

II.1.3.4 Selección del emplazamiento.

Los emplazamientos más adecuados para la instalación de máquinas eólicas son aquellos en los que sopla el viento con velocidades más elevadas.

Tomando en cuenta las características operacionales de los aerogeneradores, habrá que considerar no solo el valor medio de las velocidades del viento, sino también su distribución.

Todo aerogenerador requiere de una velocidad mínima de viento, por debajo de la cual no genere el suficiente impulso para arrancar. Una vez en funcionamiento se va acelerando a medida que aumenta su velocidad del viento, hasta que llega a una velocidad determinada en la que alcanza las condiciones de régimen del aerogenerador.

II. 34 Datos tomados de:

Jorge Gutiérrez Vera, *Energía renovable en el siglo XXI*. Sistemas de Energía Internacional, S.A. de C.V., Talleres de Grafo Print Editores, Segunda Edición 2002, (México, Monterrey Nuevo León. 2002) pp. 76-77.

Para esta velocidad de viento se diseña especialmente el aerogenerador de forma que se obtenga el máximo rendimiento. Esta velocidad de diseño suele obtener aproximado al valor medio de la velocidad del viento en el emplazamiento elegido.

Cuando la velocidad del viento es superior a la de diseño, el rendimiento aerodinámico disminuye, desperdiándose parte de la energía. En la mayoría de los modernos aerogeneradores, el exceso de energía en vientos con velocidades superiores a la de diseño se pierde en su totalidad por motivos de regulación y control. Construyéndose con limitación de velocidad de viento por encima de la cual se desconecta por motivos de seguridad.

Para obtener un mejor aprovechamiento de la energía de los vientos hay que elegir cuidadosamente la velocidad de diseño del aerogenerador y buscar un emplazamiento en el que la velocidad del viento tenga un elevado valor medio y sople con regularidad.

Se hace necesario disponer de una información metereológica detallada sobre la estructura y distribución de los vientos en función de su velocidad. Las mediciones estadísticas deben realizarse durante un periodo mínimo de tres años para poder obtener valores fiables, que a su vez procesados permitan elaborar.

- potencial eólico y características del viento en el sitio seleccionado;
- mapa eólicos;
- distribución de velocidades;
- perfil de velocidades;
- superficie disponible para la instalación de los aerogeneradores así como vías de acceso al sitio;
- características de la red eléctrica a la que se pretende descargar la generación eólica, así como la distancia de los aerogeneradores a la red eléctrica más próxima.

II.1.3.5 Mapas eólicos.

“En 1979 se desarrolló un Atlas eólico del México el cual indicaba la potencia media anual disponible en W/m^2 .”^{II.35} Con la información actual existente, y las observaciones propias se concluye que se conocía muy poco sobre el recurso eólico de México y aún falta mucho por evaluar. Los datos obtenidos por algunas instituciones, empresas y universidades se mantienen sin difusión y por ende sin análisis adecuado. A pesar de todo se cuenta con un atlas preliminar de la UNAM el cual da una idea muy general del potencial eólico.

COMPORTAMIENTO DE LA DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS DOMINANTES EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DEL AÑO EN LA REPÚBLICA MEXICANA.



II.35 Gráficos tomados de:

Oscar Reyes Juárez, “Atlas eólico preliminar de la república mexicana.” Tesis para licenciatura en Ingeniería Geofísica, Universidad Veracruzana, Facultad de Física. (México, Xalapa, Veracruz. 1987.) p. 65.

“La curva de distribución de velocidades se obtiene por procedimientos estadísticos a partir de mediciones tomadas en el lugar de emplazamiento. De forma aproximada se puede ajustar analíticamente unas funciones de distribución que suelen dar buenos resultados. Las más utilizadas aplicaciones eólicas son las distribuciones de Weibull y la de Raleigh.” ^{II. 36}

- Distribuciones de Weibull:

$$N = 8760 e^{-(v/c)^k}$$

Siendo:

N= número de horas al año en que la velocidad de viento es inferior o igual a v;

v= velocidad del viento;

c y k = parámetros que dependen de las condiciones eólicas de emplazamiento.

- Distribución de Raleigh

$$N = 8760 e^{-\pi/4 (v/v)^2}$$

Siendo

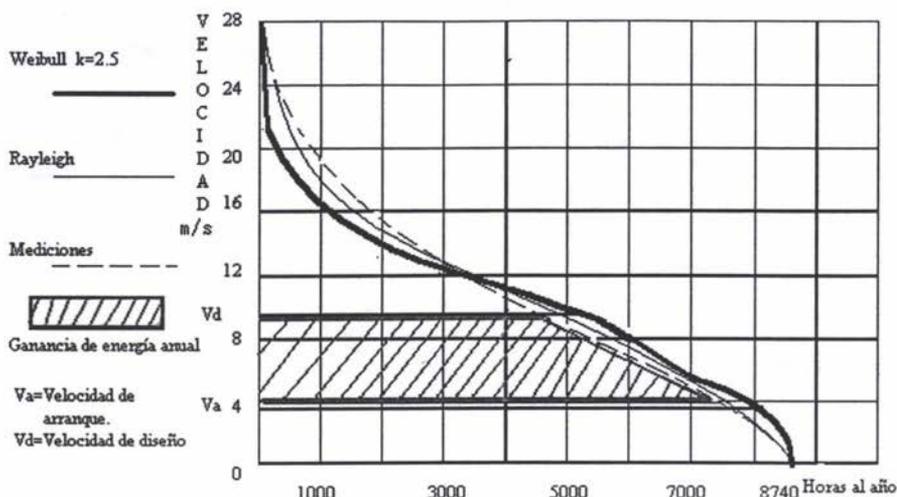
v= velocidad media del viento.

Ambas distribuciones dan resultados muy aproximados, en particular cuando en estudio se realiza en zonas ventosas

^{II. 36} Datos tomados de:

Gerardo Zapata González, “aprovechamiento de la energía eólica.” Proyecto Terminal, para la licenciatura de Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. (México, D.F., 1986.) pp. 64-66.

GRÁFICA DE CURVA DE DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES



Esta gráfica corresponde a un aerogenerador de baja velocidad con una velocidad de arranque de 4.3 m/s a una velocidad de diseño óptimo de 9.5 m/s

Entrando en el eje de coordenadas con la velocidad de arranque y la de diseño, margen de velocidades de viento durante el cual funciona la turbina, se obtienen las horas previsibles de actuación de la máquina a lo largo del año.

II.1.3.7 Perfil de velocidades.

El perfil de velocidades nos da la variación de la velocidad del viento a medida que ganamos altura con respecto al suelo. Las fuerzas de rozamiento y el efecto de frenado debido a las irregularidades del terreno son más intensos en las capas que se encuentran en contacto con el terreno, y la distribución de velocidades en función de la altura sigue una ley tipo exponencial.

$$(v_1/v_2)=(h_1/h_2)^c$$

siendo:

v_1 = velocidad del viento a una altura h_1

v_2 =velocidades del viento a una altura h_2

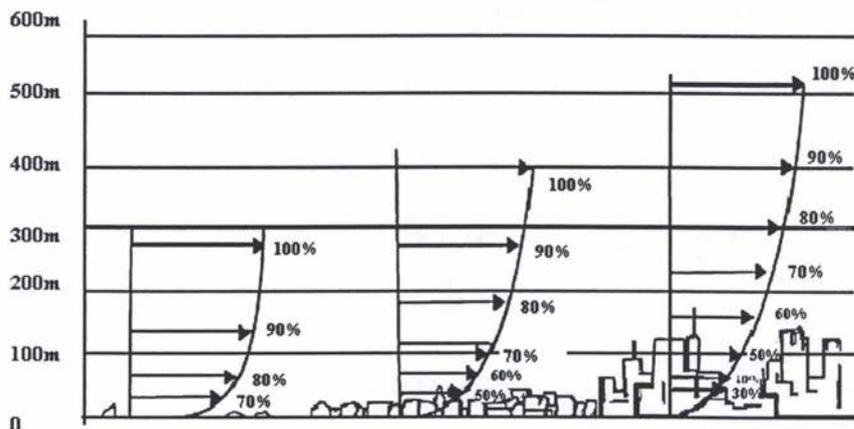
“El coeficiente e es un parámetro que depende de la topografía del terreno y las condiciones meteorológicas. Generalmente se calcula en base a las mediciones y estimaciones estadísticas.” II. 37

Valores típicos del coeficiente e:

área descubierta	0.14 -- 0.34
área boscosa	0.35 - 0.60
área edificada	0.60 - 0.80

Con la información que nos proporciona el perfil de velocidades podemos determinar la altura más adecuada para instalar el aerogenerador. Esta altura se obtiene como una solución de compromiso entre el incremento de costo por cada metro de torre adicional y el aumento de ganancia energética que presenta.

PERFIL DE VELOCIDADES DEL VIENTO EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DEL TERRENO



Planicies y campos extensos.

Pequeñas ciudades con campos y superficies topográficas regulares.

Grandes ciudades con gran concentración de grandes edificios.

II. 37 Datos tomados de:

Gerardo Zapata González, "aprovechamiento de la energía eólica." Proyecto Terminal, para la licenciatura de Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. (México, D.F., 1986.) pp. 66-67.

II.1.3.8 Estadísticas de viento en la República Mexicana.

No se han desarrollado hasta la fecha, estudios a fondo acerca del viento que rige en el País. Se cuentan con las mediciones hechas por el Servicio Meteorológico Nacional.

De los registros de los anemómetros colocados por el Servicio Meteorológico Nacional se calcularon las velocidades promedio de viento máxima y mínima, las cuales se muestra en tabla.

Promedio de velocidades máximas y mínimas en la República Mexicana^{TVR}

VMA (Velocidad media anual) en metros / segundo.			
No.	Estación	VMA. Máx (m/s)	VMA Mín (m/s)
1	Acapulco, Gro.	21.70	10.39
2	Campeche, Camp.	42.00	9.50
3	Coatzacoalcos, Ver.	19.59	17.10
4	Colima, Col.	12.45	6.16
5	Culiacán, Sin.	12.40	4.17
6	Chapingo, Méx.	16.06	8.85
7	Chihuahua, Chi.	23.01	10.20
8	Chilpancingo, Gro.	16.90	9.20
9	Durango, Dur.	16.73	10.48
10	Guadalajara, Jal.	20.63	5.35
11	Guanajuato, Gto.	17.00	10.73
12	Guaymas, Son.	22.20	13.10
13	Huejúcar, Jal.	4.26	2.10
14	Isla de Gpe., B.C.	17.23	9.02
15	Isla Ma. Madre, Nay	15.23	4.78
16	Jalapa, Ver.	20.00	9.04
17	La Paz, B.C.	13.91	8.75
18	León, Gto.	13.94	10.22
19	Manzanillo, Col.	23.53	13.67
20	Mérida, Yuc.	19.97	13.34
21	Monterrey, N.L.	20.01	5.43
22	Morelia, Mich.	12.50	8.60
23	Oaxaca, Oax.	18.10	13.83
24	Pachuca, Hgo.	25.15	14.20
25	Progreso, Yuc.	31.00	12.59
26	Puebla, Pue.	15.10	10.49
27	Salina Cruz, Oax.	38.50	17.30
28	Querétaro, Qro.	18.90	6.20
29	Saltillo, Coah.	20.60	11.99
30	San Luis Potosí, S.L.P.	16.00	5.83
31	Soto la Marina, Tamps.	24.04	7.60
32	Tampico, Tamps.	22.05	13.63
33	Tapachula, Chis	12.04	4.42
34	Tepic, Nay.	8.09	2.33
35	Tlaxcala, Tlax.	9.24	6.48
36	Toluca, Méx.	14.32	9.17
37	Torreón, Coah	18.08	9.66
38	Tulancingo, Hgo.	13.45	9.48
39	Tuxtla Gutz, Chis.	12.76	3.71
40	Valladolid, Yuc.	18.10	15.78
41	Veracruz, Ver.	45.85	15.43
42	Zacatecas, Zac.	25.59	6.06

^{TVR} Datos tomados: Estadísticas del viento en la República Mexicana obtenidas del Servicio Meteorológico Nacional de 1970 a 1979.

II.1.3.9 Aerogeneradores.

Existen muchos tipos de aerogeneradores. Si los clasificáramos de acuerdo con la potencia que producen se dividirían en pequeños, que generan alrededor de 3 kilowatts; medianos, que llegan a producir hasta 1 000 kilowatts (es decir, 1 megawatt), y los grandes, que son de 1 MW en adelante. Para dar una idea de estas cifras, la potencia de los aerogeneradores grandes es cien veces menor que la de una planta termoeléctrica común.

Por ello, para conseguir una potencia elevada deben instalarse varios aerogeneradores grandes en un mismo lugar.

La potencia máxima que proporciona un aerogenerador depende fundamentalmente de dos características: la velocidad del viento y el radio de las aspas. Concretamente, la potencia es proporcional al cubo de la velocidad del viento, mencionada anteriormente.

Así que para poseer un aerogenerador de gran potencia se necesita escoger un lugar en donde los vientos sean veloces la mayor parte del año (entre 10 y 40 km/h aproximadamente).

El alto costo de los aerogeneradores y las aerobombas representa actualmente la desventaja fundamental para integrarlos a mediana escala; lo mismo sucede con el sistema de almacenamiento de energía.

PLANTA PILOTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA VENTA, OAXACA.



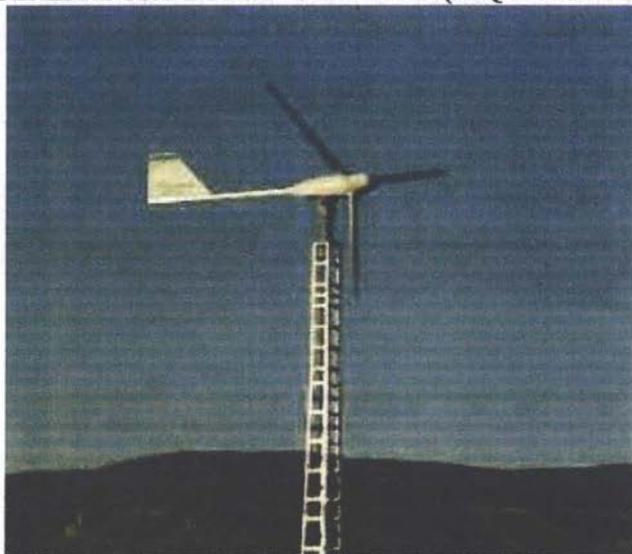
Generadores de pequeña potencia

La mayoría están diseñados para embarcaciones marinas e instalaciones de recreo, se colocan sobre mástiles o sobre tejados. Es posible obtener una potencia concreta bajo encargo.

Dichos generadores están comprendidos entre los 180 y 3000 Watios de potencia y producen corriente continua de 12-24 Voltios para los de menor potencia y de 120-240 V para los de mayor.

“Su precio aproximado es de 1150 US\$ para los de 180W y de 7700 USD para los de 3000 W.”^{II. 38} Este tipo de aerogeneradores es idóneo para abastecer de energía eléctrica a viviendas aisladas de la red eléctrica, con bajos consumos, y que podrían instalarse combinados con otros tipos de fuentes de energía como es la solar fotovoltaica, conocidos como sistemas híbridos.

AEROGENERADOR DE BAJA VELOCIDAD (PEQUEÑA POTENCIA)



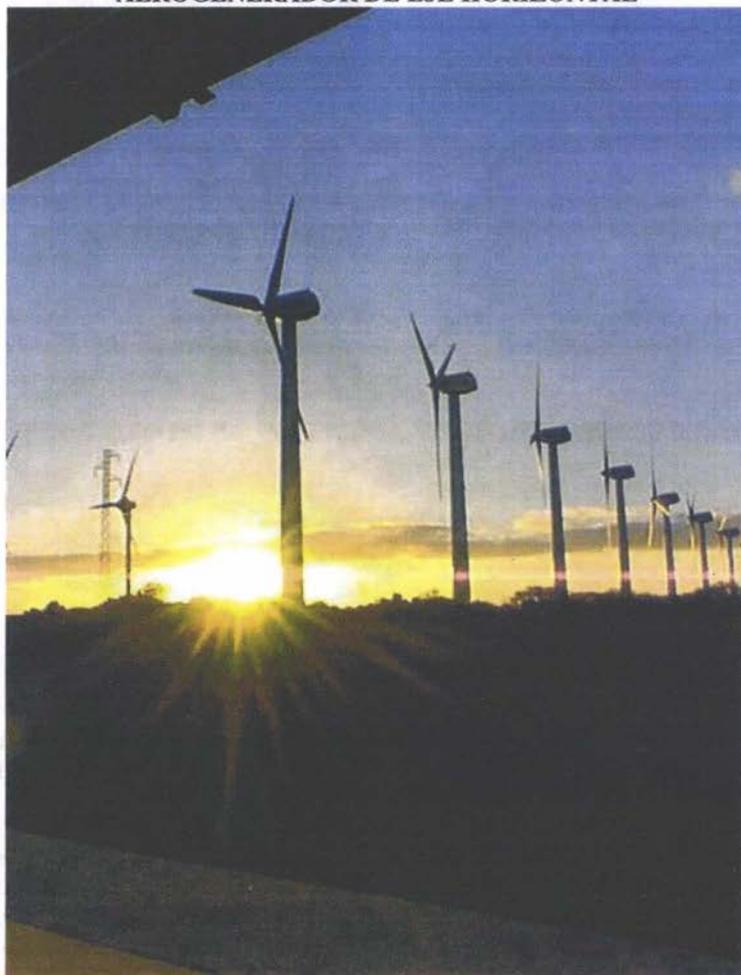
^{II. 38} Costos proporcionados por la empresa Mexicana: **Fuerza eólica S.A de C.V** México, D.F., julio de 2003.

Generadores de gran potencia

“La fracción de energía capturada por un aerogenerador viene dada por el factor C_p , llamado coeficiente de potencia. Este coeficiente de potencia tiene un valor máximo teórico de 59,3% denominado límite de Betz.” ^{II. 39}

Los primeros aerogeneradores tenían rendimientos del 10%, pero los más modernos utilizan sistemas de control de manera que operan siempre con la máxima eficiencia aerodinámica alcanzando valores de rendimiento próximos al 50%.

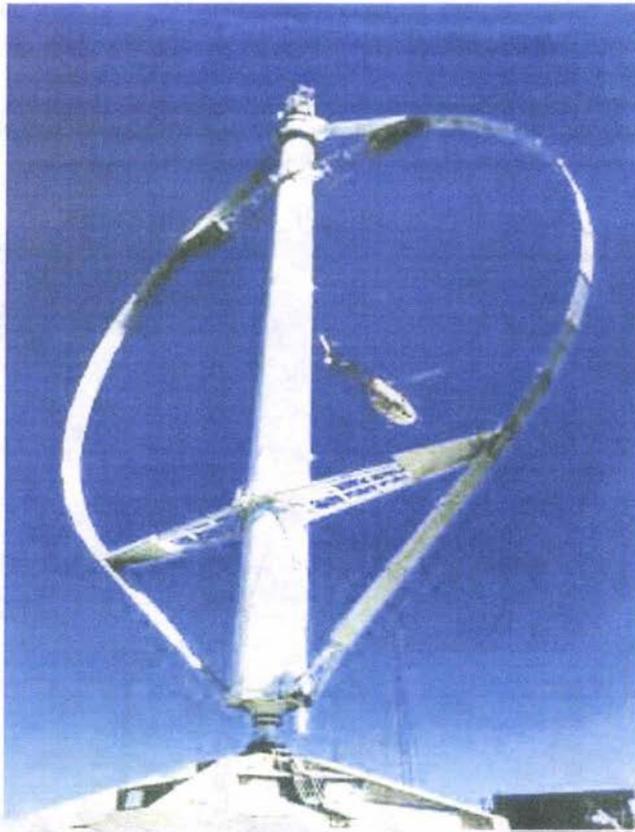
AEROGENERADOR DE EJE HORIZONTAL



^{II. 39} Datos tomados de:

Gerardo Zapata González, “aprovechamiento de la energía eólica.” Proyecto Terminal, para la licenciatura de Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. (México, D.F., 1986.) p. 147.

AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL



aerogenerador vertical (Savonius Darrieus)

La mayoría de los aerogeneradores actuales son de eje horizontal. La opción de eje vertical tiene la ventaja de que los equipos de conversión y control están en la base del grupo y el aerogenerador no tiene que orientar su posición según la dirección del viento.

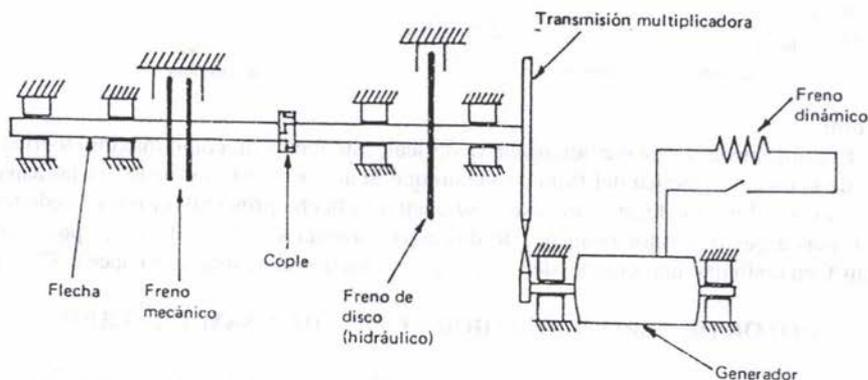
La principal desventaja es que las cargas mecánicas pasan de cero a su valor máximo dos o tres veces por ciclo, dependiendo del número de palas y también la altura del rotor es más pequeña que en los de eje horizontal, con lo que el viento recibido es menor.

Los primeros aerogeneradores comerciales utilizaban la serie de perfiles aerodinámicos para las palas del aerogenerador. Recientemente se han estado usando perfiles específicos para el uso en turbinas eólicas.

El número de palas utilizado normalmente suele ser de 3. Idealmente, se obtendría mayor rendimiento cuanto menor número de palas debido a que la estela que deja una pala es recogida por la pala siguiente, lo que hace que esta se frene.

Aunque idealmente el aerogenerador de una única pala sería el de mayor rendimiento, este tendría un pobre par de arranque. La solución óptima considerada es la de rotor de 3 palas. La velocidad del rotor de un aerogenerador comercial se elige para la utilización óptima de la velocidad del viento en el emplazamiento.

ESQUEMA DE FRENADO DE UN AEROGENERADOR ALBATROS DE 8.5 MW.



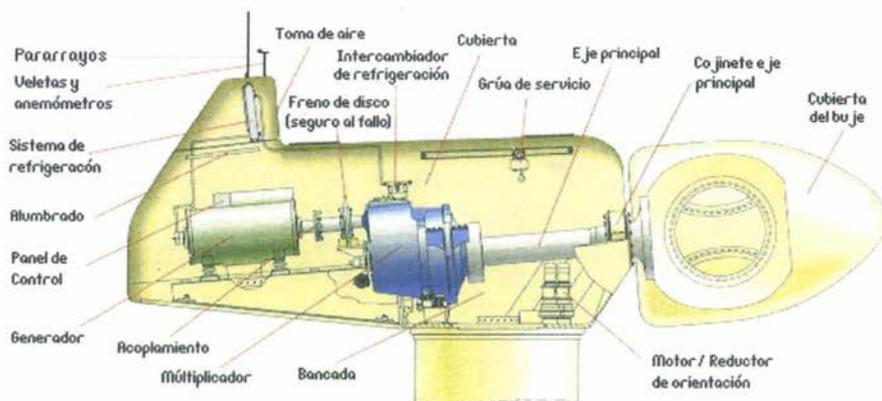
La velocidad resultante del rotor será varias veces más pequeña que la velocidad requerida por el generador. Esta diferencia de velocidad se soluciona mediante un engranaje.

Las claves en el diseño y funcionamiento de un aerogenerador están en los componentes estructurales, el diseño aerodinámico, el sistema de conversión eléctrica y el sistema de control.

II.1.3.10 Principales componentes de los aerogeneradores.

Un sistema eólico se compone de tres partes principales: (1) el rotor, que convierte la energía cinética del viento en un movimiento rotatorio en la flecha principal del sistema; (2) un sistema de transmisión, que acopla esta potencia mecánica de rotación de acuerdo con el tipo de aplicación. Aplicación para cada caso, es decir, si se trata de bombeo de agua el sistema se denomina aerobomba, si acciona un dispositivo mecánico se denomina aeromotor y si se trata de un generador eléctrico se denomina aerogenerador.

CORTE LONGITUDINAL DE UN AEROGENERADOR DE GRAN POTENCIA. ^{II.40}



El rotor

El rotor puede ser de eje horizontal o vertical, éste recupera, como máximo teórico, el 60% de la energía cinética del flujo de viento que lo acciona. Está formado por las aspas y la maza central en donde se fijan éstas y se unen a la flecha principal; el rotor puede tener una o más aspas. Un rotor pequeño, de dos aspas, trabaja a 900 revoluciones por minuto (r.p.m.), en tanto que uno grande, de tres aspas y 56 metros de diámetro, lo hace a 32 r.p.m.

ROTOR DE AEROGENERADOR VESTAS DE 225KW DE 43 RPM.



Aerogenerador (2) de la planta piloto de generación de la Venta, Oaxaca

^{II.40} Gráfico tomado de la enciclopedia electrónica *Encarta 99* (Aerogeneradores)

El rotor horizontal de tres aspas es el más usado en los aerogeneradores de potencia, para producir electricidad trifásica conectada a los sistemas eléctricos de las empresas suministradoras.

La transmisión.

La transmisión puede consistir en un mecanismo para convertir el movimiento rotatorio de la flecha en un movimiento reciprocante para accionar las bombas de émbolo de las aerobombas, que en el campo se utilizan para suministrar agua a los abrevaderos del ganado o a las viviendas.

Para la generación de electricidad normalmente se utiliza una caja de engranes para aumentar las revoluciones a 900, 1,200 ó 1,800 rpm, para obtener corriente alterna trifásica de 60 ciclos por segundo.

En la actualidad, la generación de electricidad es la aplicación más importante de este tipo de sistemas. Los aerogeneradores comerciales alcanzan desde 500 hasta 1,000 kw de potencia nominal, tienen rotores de entre 40 y 60 m de diámetro y giran con velocidades que van de 60 a 30 rpm.

Generador

Es una máquina basada en la inducción electromagnética que se encarga de transformar la energía mecánica de rotación en la energía eléctrica. Se instala en un bastidor detrás del multiplicador de velocidad y es accionado por el eje mayor de velocidad del multiplicador a través de un acoplamiento elástico. Está compuesto por dos partes fundamentales, el rotor o inductor móvil, que se encarga de generar un campo magnético variable al girar arrastrado por la turbina, y el estator o inducido fijo sobre el que se genera la corriente eléctrica aprovechable.

Los generadores eléctricos pueden ser asíncronos o síncronos, operando a una velocidad y frecuencia constante, que en México es de 60 hz.. En el caso de aerogeneradores con potencias inferiores a los 50 kw también se utilizan generadores de imanes permanentes, que trabajan a menor velocidad angular (de entre 200 y 300 rpm), que no necesitan caja de engranes y que, accionándose a velocidad variable, pueden recuperar mayor energía del viento a menor costo.

La fuerza que ejerce el viento sobre la superficie en que incide es función del cuadrado de la velocidad de éste. Rachas de más de 20 metros por segundo, que equivalen a más de 70 km./hora, pueden derribar una barda o un anuncio espectacular, e incluso dañar un aerogenerador si éste no está bien diseñado o su sistema de control esta fallando.

Sistema de control interno.

En los aerogeneradores de potencia, el sistema de control lo constituye un microprocesador que analiza y evalúa las condiciones de operación considerando rumbo y velocidad del viento; turbulencia y rachas; temperaturas en el generador, en la caja de transmisión y en los baleros de la flecha principal.

Además, muestrea la presión y la temperatura de los sistemas hidráulicos de los frenos mecánicos de disco en la flecha; sus rpm, así como los voltajes y corrientes de salida del generador. Detecta vibraciones indebidas en el sistema, optando por las mejores condiciones para arrancar, parar, orientar el sistema al viento y enviar señales al operador de la central eolieléctrica sobre la operación del mismo.

Torre o estructura principal.

La torre que soporta al aerogenerador de eje horizontal es importante, ya que la potencia del viento es función del cubo de su velocidad y el viento sopla más fuerte entre mayor es la distancia más alto del suelo; por ello, el eje del rotor se sitúa por lo menos a 10 metros en aerogeneradores pequeños y hasta 50 o 60 metros del suelo, en las máquinas de 1000 kw.

AEROGENERADOR VESTAS DE 225KW



Aerogenerador (3) de la planta piloto de la Venta, Oaxaca

En un aerogenerador de 500 kw son típicas las torres de 40 metros, y estas pueden ser de dos tipos: La tubular, recomendada en áreas costeras, húmedas y salinas, y la estructural o reticular, propia de regiones secas y poca contaminación atmosférica, por ser más baratas y fáciles de levantar.

II.1.3.11 Evolución tecnológica de los aerogeneradores.

A partir de las diversas experiencias internacionales de operación de grandes conjuntos de aerogeneradores modernos, constituyendo centrales eolieléctricas, de 1980 a 1995 se evolucionó de la máquina de 50 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 compuestos, que permitan estructuras más esbeltas y ligeras, más resistentes a la oxidación y la corrosión, y más fuertes a la vez, así como de supérmagnetos 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.

II.1.3.12 Expectativas de la energía eólica a corto plazo.

Para fines del año 2005 se esperan estar instalados en el mundo, más de 14,000 MW. En Europa, Alemania, Dinamarca, el Reino Unido, España y Grecia tienen los programas más ambiciosos. En España, la empresa eléctrica tiene planeada la instalación de 54 Centrales eolieléctricas y espera producir más del 50% de la energía que distribuye. La empresa eléctrica de la Provincia de Euskadi (País Vasco) también prevé un desarrollo importante, lo que ha ocasionado, paradójicamente, que grupos ecologistas protesten por lo que consideran excesivo.

Para el año 2020, la Asociación Europea de Energía Eólica, estima tener más de 20,000 MW 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 MW respectivamente. En Argentina son las empresas eléctricas cooperativas de la Patagonia las que han dado el impulso, a la generación eléctrica con energía eólica.

México cuenta con una central de 1,575 kw en la Venta, Oaxaca, con planes de ampliarla a 54 MW. Nicaragua también tiene planes de instalar una central eólica de al menos 30 MW. En el Caribe, la empresa eléctrica de Curazao opera desde marzo de 1994 una central de 4 MW que fue la primera eolieléctrica en América Latina y el Caribe.

II.1.3.13 Rentabilidad de las centrales eólicas.

Los grandes avances de la tecnología eólica que han producido un notable descenso del precio de los aerogeneradores (en torno al 30 por ciento desde 1990) y la mejora de las condiciones de la venta de la energía producida a la red han propiciado un espectacular crecimiento del sector.

Hace tres años se estimaba que la inversión media por kw instalado era de cerca de 1250 dls., hoy está en torno a las 950 dls.

La partida más importante en los costos de puesta en funcionamiento de un parque es la de los aerogeneradores que suele suponer el 75 por ciento.

“Costos de la inversión en un parque eólico:” ^{II.41}

- ingeniería y Dirección 5 %
- sistema eléctrico 10 %
- obra civil 10 %
- aerogeneradores 75 %

^{II.41} Costos aproximados y proporcionados por Fuerza eólica S.A de C.V.

II.2 POTENCIAL SOLAR Y EÓLICA DE MÉXICO.

II.2.1 Potencial solar.

Energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres.

“La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a su distancia promedio del Sol, se llama constante solar, y su valor medio es $1,37 \times 10^6$ erg./s/cm², o unas 2 cal/min./cm².”^{II.42}

Esta cantidad no es constante, ya que parece ser que varía un 0,2% en un periodo de 30 años. La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera.

“La energía solar es producida por el Sol, cuya temperatura en su centro se estima en unos 20.000.000 °C y en su superficie de unos 6.000 °C. De toda esta energía, a los límites superiores de nuestra atmósfera sólo llegan aproximadamente 2 °C por minuto y por cm². De esto un 45% alcanza la superficie de nuestro planeta. A pesar de la pérdida, esto representa más de 25.000 veces el total de la energía que consumimos actualmente.”^{II.43}

La distribución de la radiación solar registra grandes variaciones geográficas, pues va desde dos kwh por m² día, en el norte de Europa a 8 kwh por m² en el desierto del Sahara. Igualmente importantes son las variaciones diarias y estacionales de la radiación solar y sus dos componentes, la radiación directa y la difusa.

La radiación directa es la recibida del sol cuando el cielo está despejado, y la difusa la que resulta de reflejarse en la atmósfera y las nubes. Algunos equipos utilizan ambas, y otros sólo la directa, como es el caso de las centrales de torre.

El aprovechamiento de la energía solar puede ser indirecto, a través del viento (eólica) y la evaporación del agua (hidráulica), entre otras formas, o directo, mediante la captación térmica activa o pasiva y merced a la captación fotónica. Ejemplos de esta última son la captación fotoquímica que realizan las plantas, el efecto fotoeléctrico, base de las actuales células fotovoltaicas.

^{II.42} Datos tomados de:

Juan Tonda Mazón, *El oro solar y otras fuentes de energía*. Serie “La ciencia desde México.” Fondo de cultura económica, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (México, D.F., 1993) p. 49.

^{II.43} Datos tomados de:

Juan Tonda Mazón, *El oro solar y otras fuentes de energía*. Serie “La ciencia desde México.” Fondo de cultura económica, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (México, D.F., 1993) pp. 34-51.

II.2.2 Potencial solar de México.

En nuestro país, que posee regiones con el promedio mundial de insolación o asoleamiento anual más alto, el aprovechamiento de la energía solar constituye, sin lugar a dudas, una buena opción.

El que esta fuente de energía sea rentable depende de las investigaciones que se realicen, de los recursos económicos destinados a su estudio y del interés que se preste a su desarrollo.

Por lo pronto, ya satisface las necesidades energéticas de muchas viviendas, se ha empleado en algunas comunidades que carecen de electricidad y también se han construido algunas plantas de prueba. Pese a lo anterior, actualmente la energía solar contribuye con un pequeño porcentaje al consumo energético nacional, aunque ya empieza a contar y es deseable impulsarla.

Nuestro país tiene algunas regiones (Sonora y Baja California) con el promedio de radiación más alto del planeta. Estas zonas coinciden con los desiertos que se hallan alrededor de los trópicos de Cáncer y de Capricornio, y en ellas pueden construirse centrales de energía solar para satisfacer la demanda que requiere nuestro país.

Además, como en las zonas desérticas el suelo es poco productivo y el clima contribuye a que no se habiten, son las más apropiadas para construir plantas solares de varias decenas de megawatts de potencia.

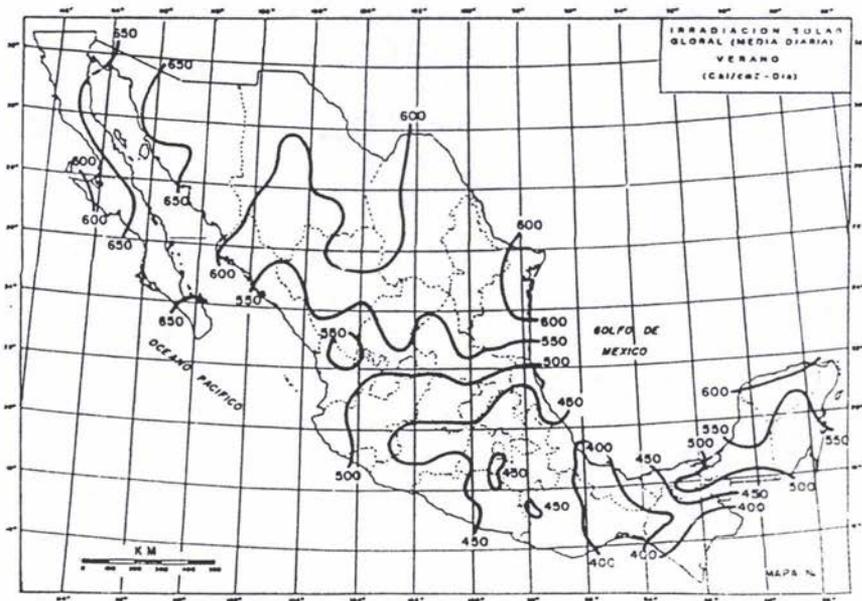
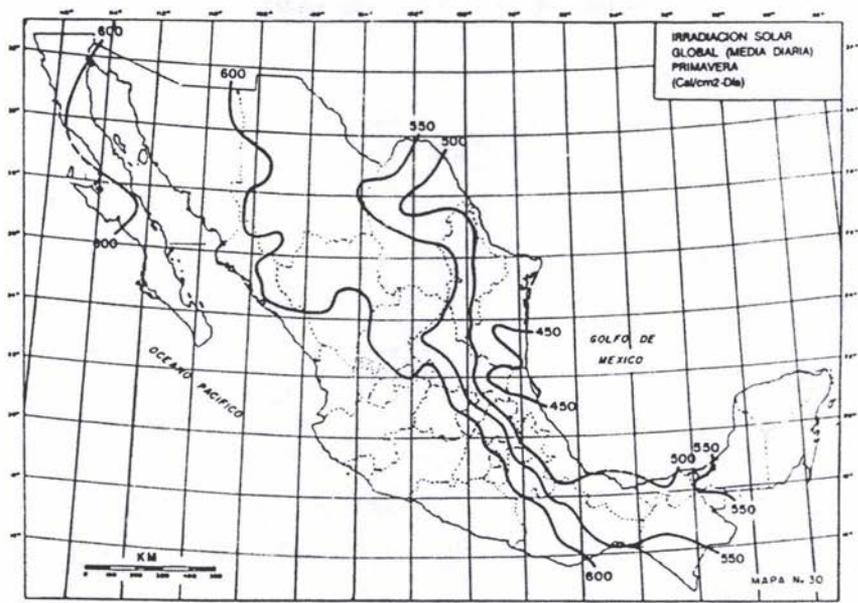
Hoy en día, la energía solar contribuye significativamente a satisfacer las necesidades de pequeñas poblaciones aisladas. Según algunas fuentes, en 1985 el petróleo y el gas natural ocupaban el primer lugar, con el 90.46% del total de la demanda de energía. En segundo lugar se encontraba la biomasa, con el 4.6%; la energía hidroeléctrica contribuía con el 3.3%; después seguía el carbón, con el 1.5% y, finalmente, la energía geotérmica con el 0.2%. , Cabe mencionar que más de 20% de la población rural no tiene acceso a la energía eléctrica.

“El promedio diario de energía solar que llega a la República Mexicana es 5.5 kwh/m².”⁴⁴ La utilización de la energía solar se ha probado con éxito como alternativa para satisfacer las necesidades de electricidad en las comunidades rurales. También se ha usado ampliamente en la vivienda. Cabe destacar el hecho de que una casa puede ser autosuficiente, en lo que respecta al consumo externo de energía, si se emplean algunos dispositivos solares y si la arquitectura de la vivienda está diseñada para que el clima esté controlado naturalmente con diversos sistemas solares llamados pasivos. De lo anterior se desprende que el uso de la energía solar contribuye a eliminar nuestra dependencia de los energéticos y a la descentralización energética.

⁴⁴ Datos tomados de:

Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F.,: 1999) p. 81.

MAPAS DE INSOLACIÓN EN LA REPUBLICA MEXICANA EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DEL AÑO. Tabla



Tabla

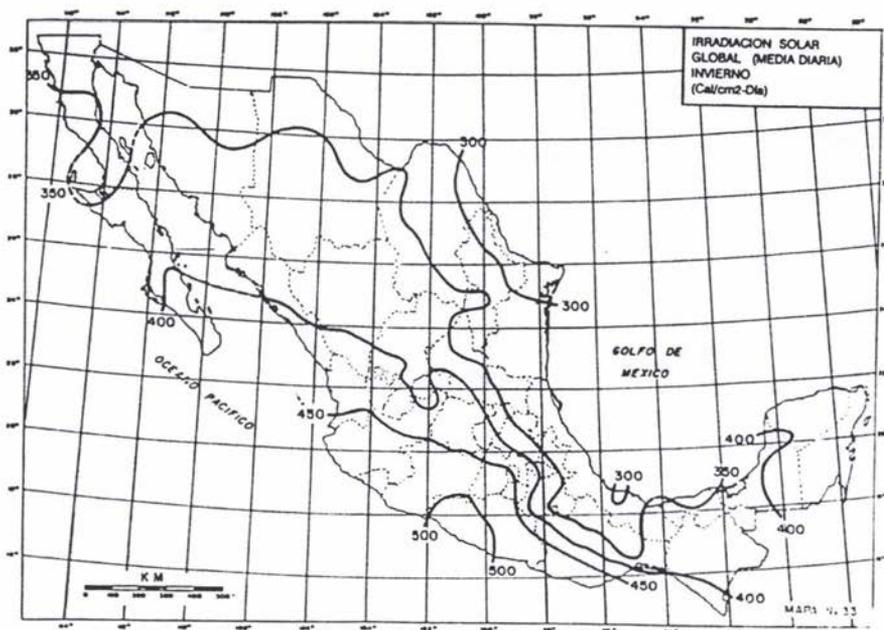
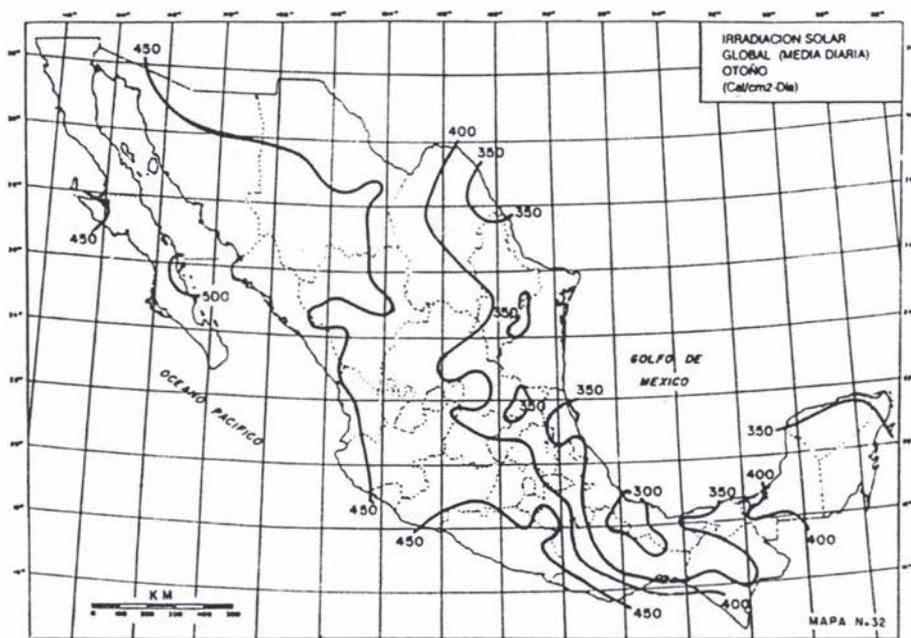


Tabla Mapas tomados del manual de Condumex, Energías Alternas

II.2.3 Potencial eólico de México.

Además de la geotermia, la única fuente de energía alterna susceptible de desarrollarse a precios competitivos en gran escala es la energía eólica o energía del viento.

Los vientos ocurren por diferencias de presión generadas por un calentamiento no uniforme de la atmósfera terrestre, desplazándose grandes masas de aire de las zonas de alta presión a las de baja. Aproximadamente el 2% del calor del sol que llega a la tierra se convierte en energía cinética (3.5×10^{12} kw), de esta solo una fracción muy pequeña puede ser aprovechada ya que buena parte de estos vientos ocurren a grandes alturas o sobre los océanos, mar adentro. Las velocidades del viento promedio van de 0.25 m/s para los lugares con muy baja incidencia de viento hasta los 10 y 12.5 m/s para los más altos.

En México ha habido muy poca recolección sistemática y ordenada de información del recurso eólico, por lo que la información se refiere a observaciones puntuales que solo dan una idea del potencial eólico pero es sumamente relativo.

En 1979 se desarrolló un Atlas eólico del México el cual indicaba la potencia media anual disponible en W/m^2 . Con la información actual existente, y las observaciones propias se concluye que se conocía muy poco sobre el recurso eólico de México y aún falta mucho por evaluar.

Los datos obtenidos por algunas instituciones, empresas y universidades se mantienen sin difusión y sin un análisis adecuado. A pesar de todo se cuenta con un atlas preliminar de la UNAM el cual da una idea muy general del potencial eólico.

La determinación de la magnitud del recurso energético eólico de un país, en términos de reservas probadas y probables, como capacidad instalable en MW y generación posible en GWh, se realiza siguiendo una metodología semejante a la evaluación del potencial hidroeléctrico de un país.

Se requiere de elaborar el inventario de cuencas eólicas y su caracterización, precisando los sitios, su extensión superficial en hectáreas, sus características topográfico eólicas, la rosa de los vientos, vientos energéticos, rumbos dominantes, etc. lo que permitiría configurar la distribución topográfica de los aerogeneradores, y determinar un índice de capacidad instalable por hectárea, que multiplicado por la superficie total, indicaría la capacidad total instalable en el sitio.

La velocidad media del viento en el mismo, sería indicativa del factor de planta posible y por tanto de la generación bruta esperada en GWh/año. Este procedimiento cuantificaría reservas probables, la caracterización detallada, a nivel de estudio de factibilidad, demostraría una reserva probada.

“El conocimiento del recurso energético eólico en México está a nivel exploratorio y de reconocimiento, sin embargo, las mediciones puntuales o de pequeñas redes anemométricas, realizadas principalmente por el IIE y algunas otras entidades o empresas, han servido para confirmar a nivel de prefactibilidad, la existencia de vientos técnicamente aprovechables y económicamente viables en las siguientes regiones:” II. 45

Sur del Istmo de Tehuantepec.

Esta región contiene un área del orden de 1000 Km. cuadrados expuesta a vientos muy intensos, dado un fenómeno monzónico entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec, donde aflora una corriente marina anormalmente caliente, originando un gradiente térmico y de presión que da lugar a un intenso viento del norte desde el otoño hasta la primavera.

“Esta región, considerando la infraestructura eléctrica existente y otros usos del suelo podría asimilar una capacidad instalada del orden de los 2000 a 3000 MW”, con un factor de planta medio de 0.45.”II. 46 En las zonas más propicias, con factores de planta del 0.6 anual y de 0.9 o más en el otoño e invierno. En las inmediaciones del poblado de La Venta, Oaxaca, se instaló en 1994 la primera planta piloto eoloeléctrica en México, con una capacidad de 1,575 kw, constituida por siete aerogeneradores de 225 kw.

Península de Baja California.

Esta península es interesante eoloenergéticamente, por varias razones, su extensión geográfica, su baja densidad poblacional y eléctricamente alimentada por sistemas aislados, cuando eólicamente es una barrera natural perpendicular a los vientos occidentales, que en sus montañas e innumerables pasos puede proporcionar muchos sitios con potencial explotable.

“El poblado de la Rumorosa y zonas aledañas, así como el paso entre la Sierra de Juárez y la Sierra de San Pedro Mártir, por donde cruza la carretera y la línea eléctrica de Ensenada a San Felipe en el Golfo de California, son regiones identificadas con alto potencial eólico, que son indicativas de lo que puede encontrarse en muchos otros lugares de la península.” II. 47

Península de Yucatán.

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

Altiplano norte.

II. 45 Datos tomados de:

Jorge Gutiérrez Vera, *Energía renovable en el siglo XXI*. Sistemas de Energía Internacional, S.A. de C.V., Talleres de Grafo Print Editores, Segunda Edición 2002, (México, Monterrey Nuevo León. 2002) pp. 72-73.

II. 46 *Ibid*

II. 47 *Ibid*

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

Región Central.

En la región central del altiplano, prevalecen los vientos alisios de verano, desde Tlaxcala a Guanajuato, que en Pachuca, la bella airosa, son más conocidos. Estos vientos complementan estacionalmente, a los del altiplano norte y los del sur del Istmo de Tehuantepec.

La complejidad orográfica de esta región, debe dar lugar a la existencia de innumerables pasos y mesetas donde el viento sea energéticamente aprovechable.

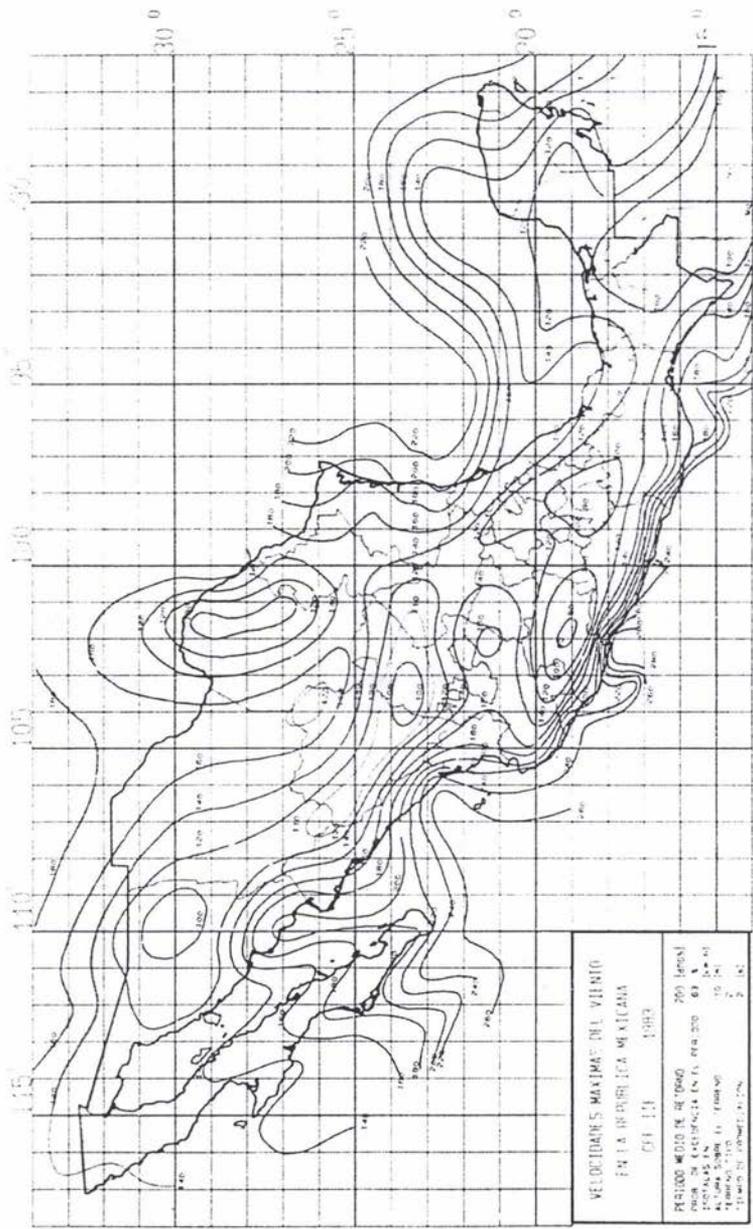
Las costas del país.

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

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

En México, el sureste, el norte y el centro son las regiones más apropiadas para colocar sistemas eólicos; destacando La Ventosa, en Oaxaca, donde los vientos alcanzan velocidades promedio de 20 a 25 km./h. En 1984, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) elaboró el primer mapa de vientos máximos en la República Mexicana, así como un sistema electrónico que permite conocer con bastante precisión las características fundamentales del viento en un lugar determinado. Recientemente, el IIE publicó el primer Atlas Eólico de la República Mexicana. ^{Mapa}

Mapa de viento máximos elaborado en el IIE para un periodo de retorno de 200 años



II.3 ANÁLISIS DE COSTO KW-H. Y COMPARACIÓN CON OTRAS FUENTES DE ENERGÍA.

Al analizar los costos totales para la generación de energía eléctrica, los cuales son elaborados por CFE, de acuerdo al documento elaborado e impreso por la paraestatal.

(COPAR) “Costos y parámetros de referencia de proyectos típicos de generación”, son el resultado del análisis de: “Los costos de inversión, combustible y operación y mantenimiento. Estos parámetros constituyen una base de referencia para caracterizar en forma genérica los diferentes medios de generación; sin embargo, no necesariamente representan con exactitud los valores correspondientes a un proyecto específico.”^{II. 48}

costos de inversión

Los costos de inversión, son tres:

- costos directos; es la suma en moneda constante de las erogaciones correspondientes a una central, dividida entre la capacidad de la misma lo cual es equivalente a que todos los costos de inversión de la obra se erogarán instantáneamente;
- costo directo más indirecto; resulta añadir al costo directo los costos de ingeniería, administración y control de la obra, incurridos en las oficinas centrales de la CFE;
- costo actualizado al inicio de la operación; a partir del “costo directo más indirecto” y mediante el uso de una tasa real de descuento de 10% anual, se calcula en valor de la inversión actualizando al inicio de la operación. Esta tasa de descuento incluye el costo de los intereses devengados durante el proceso de construcción, y otros conceptos;

cargo por combustible

El cargo por combustible es un costo nivelado que depende del escenario de evolución del precio externo de referencia, el cual es representativo del valor de los energéticos en algunos mercados internacionales relevantes para México.

II. 48

Términos tomados textualmente de: (COPAR)

C.F.E., (SUBDIRECCION DE PROGRAMACION), *COSTOS Y PARAMETROS DE REFERENCIA PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN EL SECTOR ELÉCTRICO*. Taller de imprenta C.F.E. (México, D.F., 2001) pp. 1.1-1.7

los costos de operación y mantenimiento

En los costos de operación y mantenimiento se distinguen dos componentes, uno fijo y otro variable. El componente fijo corresponde a todos aquellos costos que se presentan independientemente de la operación de la planta y que por lo tanto, no están directamente relacionados con la energía generada; incluyen, primordialmente, costos relativos al pago de la mano de obra (salarios, prestaciones, seguro social, etc.).

Los costos variables

Los costos variables son aquellos que guardan una relación directa con la generación de energía eléctrica y consideran, principalmente, materiales, servicios de terceros y gastos generales.

Los costos unitarios

Los costos directos más indirectos, no deben tomarse como base de comparación entre proyectos, ya que cada medio de generación tiene un programa de inversión específico, basado en el programa de construcción de la obra.

Al tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo, los costos relativos de la inversión pueden variar considerablemente, en algunos casos puede apreciarse mediante las cifras de costo actualizado al inicio de la operación.

Los parámetros de vida económica y factor de planta no influyen para la determinación de los costos unitarios de inversión, los efectos de dichos parámetros reflejan el costo nivel de inversión y expresado en pesos / MWh

Factor de planta:

Conocido también como factor de utilización de una central, es la relación entre la energía eléctrica producida por un generador o conjunto de generadores durante un intervalo de tiempo determinado y la energía que habría sido producida, si este generador o conjunto de generadores hubiesen funcionado durante ese intervalo de tiempo a su potencia máxima posible en servicio. Se expresa generalmente en por ciento.

Índice:

Es un número de referencia asociado a la generación de las centrales termoeléctricas convencionales, a base de combustóleo con dos unidades de 350 MW, por esto el costo total de generación de esta central se le asoció a un índice igual a 100.

A partir de tal índice se reflejan las diferencias relativas de los costos correspondientes a las diversas tecnologías.

II.3.1 Análisis de costo de generación de energía eléctrica por medio de fotoceldas en una granja de generación.

Para el análisis de costo se requiere el diseño previo a que se desea satisfacer de energía eléctrica, ya que estos son variables, donde el lugar a instalar requiere de un estudio previo, así como el uso a que estará sujeto y las necesidades del cliente.

Es de mencionar que debido a la reforma eléctrica existen ciertas limitantes para la generación de la misma, ya que para el autoabastecimiento, CFE y el gobierno federal, establecen lineamientos en los cuales solo podrán venderse los excedentes a CFE así como el uso de sus líneas de transmisión, ya que sin ellas encarecería el costo para la generación de energía por particulares.

Para nuestro caso en estudio, se propuso la zona Hotelera de Huatulco, Oaxaca. Este análisis es muy general acercándose a valores reales, dado que este tipo de tecnología ha sido implementada en el País por CFE, aún por su costo de generación y que requiere de grandes extensiones para generar grandes cantidades de energía.

Se propone un predio de 100,000 m² para su explotación que satisficiera una parte mínima de los requerimientos de la zona, pero que es de importancia en un futuro para tomarse como opción de generación local y limpia.

Análisis:

Se propone módulos tipo celda mono cristalino, fabricados en Estados Unidos, importados por IEM filial del grupo CONDUMEX.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS GENERALES DE CADA MÓDULO.^{11.49}

MODELO	SR-100
Potencia típica	100 w
Corriente a la carga	5.6 A
Voltaje a la carga	17.0 v
Corriente corto circuito	6.5 A
Voltaje circuito abierto	21.6 v
Tipo de celda	Mono cristalino
Longitud	148.8 cm
Ancho	59.4 cm
Espesor	4.0 cm
Peso	10.9 kg.

Para aumentar la eficiencia en los módulos se procederá a la conexión en serie, cada bloke estará compuesta por 20 de estos, que origina un área de 17.70 m².

^{11.49} Datos tomados de:

CONDUMEX, División de energías alternas, SINERGIA. Datos técnicos. (México, D.F., 2003) p. 5.

Se contará de 200 bloques distribuidos en una área de 100,000 m² dejando espacio uniforme entre ellos, para su maniobra de instalación y mantenimiento, así como los espacios necesarios para el cuarto de control y bodega de materiales, vigilancia y servicios básicos que se requieren para dicha granja.

Costos

CD por módulo	Accesorios 60% de C.D	Instalación 20%	Costo por módulo	Número de módulos por bloque	Costo por bloque	Bloques a usar	Costo de equipo solar-eléctrico
\$ 8007	\$ 4804	\$ 1601	\$14412	20	\$288,240	200 unidades	57,648,000

*Cd (Costo directo)

Vida útil 20 Años.

Vida Útil 20 años

Factor de eficiencia: 85%

Generación diaria por m² con 7 Hrs de luz solar: 7 Kw-h

Generación de la planta durante su vida útil con servicios óptimos de mantenimiento:
 $17.70 \text{ m}^2 \times 200 \text{ unidades} \times 7 \text{ Kw-h} = 24,780 \text{ Kw-h}$

$24,780 \text{ Kw-h} \times 365 \text{ días} \times 20 \text{ años} \times \text{Fac. } 45\% = 81,402,300 \text{ kwh en su vida útil}$

Costo aproximado del terreno: \$ 10,000,000

Costo aproximado de mantenimiento en su periodo de vida útil: \$ 23,059,200

Costos indirectos:

$57,648,000$ (equipo eléctrico) + $10,000,000$ (terreno) + $23,059,200$ (costo de mantenimiento aprox.)

Costo total aproximado: \$ 90,707,200

Costo unitario por Kw-h aproximado en pesos en agosto de 2004.

$90,707,200 / 81,402,300 = \$ 1.11 \text{ Pesos x Kw-h}$

Este costo resultante es muy elevado, ya que el costo en otros países oscila entre 4 y 6 cts. De dólar al tipo de cambio de \$ 11.53 pesos por dólar, resultara. **\$0.46 a \$0.69 pesos** De nuestro análisis la variación es el resultado de los diversos impuestos, permisos que se originan y algunas instalaciones especiales.

En este análisis solo se toma en cuenta el costo de generación en la planta y para ser entregada a CFE en las instalaciones.

II.3.2 Análisis de costo de generación de energía eléctrica por medio de aerogeneradores en una granja de generación.

Considerando para la misma área propuesta en la zona hotelera de Huatulco, Oaxaca se podría considerar la instalación de aerogeneradores de gran capacidad, lógicamente efectuando los estudios necesarios del lugar obviamente por el potencial que existe debe ser un lugar viable, donde actualmente empresas extranjeras que se muestran interesadas en proyectos de generación actualmente se encuentran realizando mediciones de clima, viento, insolación, para la generación de energía alternativa en diversos lugares y uno de esos lugares son cercanos a Puerto Ángel, de los cuales no se cuentan con datos de dichos lugares e inclusive son estudiados con mapas satelitales de gran exactitud.

Análisis de costo de generación:

costo del aerogenerador Vesta de 500 kw de 35 m. De diámetro a una altura de 50m.

costo de la quilla \$ 500,000 dlls.

costo de base principal \$50,000 dlls.

costo del terreno: \$ 1,000,000 dlls.

costo de montaje y obra civil: \$ 65,000 dlls.

costo por equipo de monitoreo: \$20,000 dlls

costo por oficinas y obras anexas: \$20,000 dlls.

costo de mantenimiento preventivo: \$75,000dlls.

Se proponen 10 aerogeneradores de inicio con capacidad de crecimiento de la planta o la implantación de celdas fotovoltaicas ambos sistemas (Sistema Híbrido).

Cd. 550,000 dlls + 100,000 dlls + 79,000 dlls = 729,000 dlls. por Aerogenerador.

Se proponen 10 unidades:

10 x 729,000 dlls. = 7,290,000 dlls. Costo de la planta

Vida útil 20 años.

Un aerogenerador de 500 Kw genera al año: 1,667,617.42 kwh

10 aerogeneradores x 1,667,617.42 kwh = 16,676,174.42 kwh

Costo de generación = 20% costo de la planta / producción anual de potencia Kwh.

$C_g = (0.20 \times 7,290,000 \text{ dlls.}) / 16,676,174.42 = 0.087 \text{ dlls.}$

$C_g = 0.087 \text{ dlls} \times 11.53 \text{ (tipo de cambio en agosto de 2004.)} = \$ 1.00 \text{ pesos}$

Costo de generación Kwh por medio de aerogeneradores: \$ 1.00 pesos

El resultado de costo de generación se ve incrementado con respecto a otros países en donde el costo de generación se encuentra entre 4 y 6 centavos de dólar.

Al tipo de cambio de \$ 11.53 resulta. **\$0.46 y \$0.69 pesos.**

Aún con el resultado del costo, resulta atractivo ya que este tipo de generación no contamina, ni utiliza combustibles únicamente la fuerza del viento.

Para un mejor resultado en el costo, es necesario un estudio minucioso, en el lugar propuesto por dos años así como el rediseño de los aerogeneradores que posiblemente serían de menor capacidad, para hacer más eficientes los aerogeneradores.

II.3.2.1 Datos técnicos.

Aerogenerador "VESTAS".

Modelo: Vestas 500 II

- Eje horizontal.
- Potencia nominal: 500Kw.
- Altura al centro del rotor 50m.
- Diámetro del rotor: 30m. Rotor con control de inclinación de paso variable.
- Dirección de rotación: en sentido a las manecillas del reloj.
- Numero de alabes: 3
- Material de los alabes: Fibra de vidrio, fibra de policarbonato y resinas epóxicas.
- Ángulo de cono 0° grados.
- Ángulo del eje del rotor 4 °
- Control de inclinación Sistemas independientes para cada alabe controlado por sistemas de microprocesadores con control de -1° a 89°
- Freno hidráulico: Activado con sensores, dependiendo la velocidad de operación
- Freno aerodinámico: Activado con sensores, dependiendo la velocidad de operación
- Generador: Asíncrono.
- Cubo rígido.
- Generador Asíncrono potencia nominal: Pn=500Kw.
- Acoplado a un sistema de transmisión de velocidad variable.

Velocidades del viento

- Velocidad del rotor: variable de 25 a 45 r.p.m.
- Velocidad de arranque: 5 m/s
- Velocidad de operación para la producción nominal: 12 m/s.
- Velocidad máxima del viento en servicio. 25 m/s.

Datos eléctricos

- Voltaje de salida: 500 Kw.
- Frecuencia: 60 Hz.
- Corriente al inicio de operación. 0.01 de la corriente nominal
- Sistema de sincronización a base de microprocesadores y un relevador taquimétrico.

Torre

- Material : Concreto armado y placa de acero.
- Inclinación: 4°
- Costo por Kw instalado \$ 1,000 dls.

Datos proporcionados por reportes técnicos internos de la planta de generación eléctrica, de CFE en la Venta, Oaxaca, México 2003.

II.3.2.2 Desarrollo de análisis

Potencia del viento.

$$P = kAV^3$$

Donde P = Potencia extraída del viento (Kw)

$$A = \text{Área barrida por el rotor de la máquina igual } (\pi D^2 / 4)$$

Siendo D = el diámetro del rotor expresada en metros.

$$V = \text{velocidad del viento (m/s)}$$

$$K = \text{constante para la energía eólica con valor de 0.00064 (adimensional)}$$

Potencia producida por el aerogenerador.

$$P_{ag} = C_p K (\pi x D^2 / 4) V^3$$

Donde P_{ag} . Potencia de la maquinaria (Kw).

$$C_p = \text{Coeficiente de potencia del rotor}$$

Potencia Neta producida por el aerogenerador.

$$P_{nag} = P_{ag} - P_p$$

Donde P_{nag} = Potencia neta del aerogenerador (Kw).

$$P_p = \text{Pérdidas de potencia en el generador y en la transmisión (Kw)}$$

Eficiencia global del aerogenerador.

$$\eta_{ag} = P_{nag} / P \times 100$$

Donde η_{ag} = eficiencia del aerogenerador en porciento

Producción anual de potencia.

$$P_{ap} = P_{nag} \times f$$

Donde P_{ap} = producción anual de potencia Kwh

$$f = \text{duración anual de la velocidad del viento (h.)}$$

Potencia nominal.

$$P_n = C_p K (\pi x D^2 / 4) V_n^3$$

Donde C_p = Coeficiente de potencia del rotor

$$V_n = \text{Velocidad nominal del viento o velocidad de diseño del aerogenerador.}$$

Salida Especifica.

$$SE = P_{ap} / P_n$$

Donde SE = Salida específica (Kwh/ año / Kw)

$$P_n = \text{Potencia nominal del aerogenerador.}$$

Costo de la energía o costo de generación.

$$C_g = C_a / P_{ap}$$

Donde C_g = costo por Kwh generado

$$C_a = \text{Cargo anuales de la planta.}$$

TABLA DE CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA DE UN AEROGENERADOR VESTAS 500 II

Velocidad de viento m/s	P (KW)	Cp	Pag (Kw)	Pp (Kw)	Pnag (Kw)	Nag %	P anual vel (hrs.)	Pap (Kwh)
5.0	56.55	0.3	16.97	5.09	11.88	21	984	11,689.92
7.0	155.17	0.3	46.55	13.96	32.59	21	672	21,900.48
10.0	452.39	0.3	136.72	40.71	95.01	21	1584	150,495.84
12.0	781.72	0.3	234.52	70.35	164.17	21	936	153,663.12
15.0	1526.80	0.3	458.04	137.41	320.63	21	552	176,640.00
17.0	2222.56	0.3	666.77	200.03	466.74	21	600	280,044.00
17.4	2383.17	0.3	714.95	214.48	500.47	21	498	249,234.00
18.0	2638.30	0.3	791.49	237.44	500	21	312	156,000.00
20.0	3619.07	0.3	1085.72	325.72	500	21	710	355,000.00
25.0	7068.50	0.3	2120.55	636.17	500	21	225	112,500.00
SALIDA	TOTAL	ANUAL						1,667,617.47

Costo directo.

550,000 dlls + 100,000 dlls + 79,000 dlls = **729,000 dlls. por aerogenerador.**

7,290,000 dlls. Costo de la planta

Un aerogenerador de 500 Kw genera al año: 1'667617.42 Kwh
En las condiciones de viento propuestas. ^{II.50}

Costo de generación = 20% costo de la planta / producción anual de potencia Kwh.

$C_g = (0.20 \times 729,000 \text{ dlls.}) / 1'667,617.42 = 0.087 \text{ dlls.}$

$C_g = 0.087 \text{ dlls} \times 11.53 \text{ (tipo de cambio en agosto de 2004.)} = \text{\$ 1.00 pesos}$

Costo de generación Kwh por medio de aerogeneradores: \\$ 1.00 pesos

Datos proporcionados para cálculo de costo de generación por: Fuerza Eólica S.A.
 México, 2003

^{II.50} Datos proporcionados por Fuerza Eólica S.A. de estudios y documentos internos.
 México, D.F. Agosto 2003.

II.3.3 Análisis de costos de generación de energía eléctrica por métodos convencionales.

Como se mencionó anteriormente los costos de producción son variados aún siendo los mismos procedimientos para la generación, esta variación se da debido a las diferentes características de los lugares (características de viento, orográficas, topográficas, climatológicas, etc. etc.) donde se instalen las plantas.

A continuación se darán los diferentes costos sin hacer el análisis correspondientes de cada uno de ellos, ya que son muy complejos y para el desarrollo de uno de ellos en CFE se comisiona a un equipo de técnicos especializados que analizan cada detalle de los diversos costos llevándose un tiempo considerable.

El presente análisis es propiamente comparativo, con los sistemas propuestos y que se llevó de manera aproximada mas sin embargo, se debe tomar en cuenta que estas son viables para el desarrollo de un proyecto a futuro.

De la tabla siguiente podemos deducir que las dos propuestas se encuentran dentro de los costos actuales elaborados por CFE.

Por lo tanto es necesario hacer estudios de impacto ambiental, diseños y costos más complejos para llegar a un costo más real.

Costo unitario de inversión.

Precios medios de 2000^{II. 51}

Central	Potencia Bruta (MW)	Directo		Directo Mas Indirecto		Actualización al inicio De operación		Costo Kw en pesos ^{II. 51A}
		(\$/Kw)	Índice	(\$/Kw)	Índice	(\$/Kw)	Índice	
Térmica convencional	2x350	6764.26	100	7433.92	100	8690.35	100	0.50
	2x160	8169.59	121	8978.3	121	10392.69	120	0.58
	2x84	9543.01	141	10487.77	141	12165.85	140	0.67
	2x37.5	11591.76	171	12739.35	171	14385.07	166	0.80
Turbogás Aeroderivada gas	1x42.3	5879.43	87	6026.42	81	6406.18	74	1.08
Turbogás Industrial gas	1x85	4458.43	66	4569.89	61	4857.87	56	0.92
Turbogás industrial "F"	1x184	3713.53	55	3806.37	51	4129.41	48	0.78
"G"	1x251	3363.23	50	3447.31	46	3739.87	43	0.71
Turbogás Aeroderivada diesel	1x40.8	6041.66	89	6192.70	83	6582.94	76	1.27
Ciclo combinado gas 1x1 "F"	1x280	4248.99	63	4474.18	60	5028.84	58	0.34
2x1 "F"	1x560	4041.56	60	4255.76	57	4756.78	55	0.33
1x1 "G"	1x368	3955.42	58	4165.06	56	4681.40	54	0.33
2x1 "G"	1x739	3771.71	56	3971.61	53	4439.17	51	0.32
Diesel	2x18.7	11575.30	171	12188.79	164	13418.53	154	0.63
	3x13.5	12061.05	178	12700.28	171	13799.30	159	0.65
	3x3.4	14352.69	212	15113.38	203	15976.87	184	0.75
Carboeléctrica	2x350	10000.21	148	11250.24	151	13471.42	155	0.37
C.dual s/desulfurador	2x350	10250.22	152	11531.49	155	13802.31	159	0.38
C.dual c/desulfurador	2x350	11835.30	175	13314.72	179	15965.44	184	0.43
Nuclear	1x1356	18237.74	270	19204.34	258	26571.10	306	0.55
Geotermoelectrica								
Cerro Prieto	4x26.95	9143.79	135	11475.46	154	12784.69	147	0.39
Los Azufres	4x26.95	8842.04	131	11096.77	149	12362.80	142	0.38
Hidroeléctricas								
Aguamilpa	3x320	11282.15	167	12681.13	171	17406.03	200	0.75
Agua Prieta	2x120	13355.42	197	15011.49	202	20004.79	230	1.05
La Amistad	2x33	7308.89	108	8215.19	111	10258.13	118	0.46
Bacurato	2x46	10427.90	154	11720.96	158	14635.70	168	0.52
Caracal	3x200	12097.48	179	13597.57	183	18761.08	216	0.72
Comedero	2x50	11119.80	164	12498.66	168	16134.58	186	0.60
Chicoasén	5x300	12223.08	181	13738.74	185	18438.58	212	0.48
Peñitas	4x105	15444.63	228	17359.77	234	23842.85	274	0.53
Zimapan	2x146	33196.65	491	37313.04	502	46908.40	540	0.95
Proy. Huatulco Solar								1.11
Proy. Huatulco Eólica								0.82

II. 51 Tabla tomada y modificada de:

C.F.E., (SUBDIRECCION DE PROGRAMACION), *COSTOS Y PARÁMETROS DE REFERENCIA PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN EL SECTOR ELÉCTRICO*. (COPAR) Taller de imprenta C.F.E. (México, D.F., 2001) p. 1.3.

II. 51A *Ibid.* Cuadro 1.1 p. 1.7

II.4 ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO.

Para el análisis de costo beneficio para cualquier proyecto es necesario establecer el tipo de tratamiento a seguir para cumplir con los requerimientos establecidos para un buen funcionamiento.

Para ello definiremos los conceptos.

“Análisis costo beneficio: Metodología para la identificación, cuantificación y valoración de costos y beneficios que permite determinar si conviene llevar a cabo un programa o proyecto de inversión.”^{II. 52}

Este tipo de estudios por ser muy complejos requieren de personas especializadas para su análisis donde el tiempo es muy importante para la correcta ejecución del o los proyectos en cuestión.

Existen lineamientos para la elaboración y presentación de este tipo de análisis.

Para nuestro estudio aplicaremos un “análisis costo beneficio simplificado: metodología para la identificación, cuantificación y valoración de costos y beneficios que permite determinar si conviene llevar a cabo un programa o proyecto de inversión.”^{II. 53}

Aplicaremos este tipo de estudio por que en nuestro caso no se pueden cuantificar y valorarse los beneficios del proyecto por no ser de atención prioritaria por contar con recurso energético en el lugar actualmente y el monto de inversión es superior a los 40 millones de pesos.

Al ser el proyecto una propuesta y que se analizó para ejecutarse por la iniciativa privada este puede ser modificado cuando:

- cambie su rentabilidad, si deja de ser rentable;
- se modifique especificaciones técnicas, metas del programa o proyecto de inversión;
- si este modifica el costo total del programa o proyecto con una variación del 10 por ciento;
- si el proyecto permanece en cartera por más de un año sin que se haya iniciado.

Este tipo de proyectos podrán registrarse en la cartera si este tipo de proyecto es ejecutado por el gobierno federal o estatal cuando este tenga un Valor Presente Neto positivo, por lo tanto en nuestro estudio no lo aplicaremos por tomar una decisión de inversión.

^{II. 52} Lineamientos para la elaboración y presentación del análisis costo beneficio de los programas y proyectos de inversión que realicen las dependencias y entidades de la administración pública federal. Documento oficial, Gobierno Mexicano. México, D.F., septiembre de 2002. Pag.1

^{II. 53} Ibid Pag. 2

II.4.1 Análisis del proyecto Huatulco.

Debido a la gran demanda y consumo de combustibles, que originan contaminación y cambios en el clima a nivel mundial. Actualmente nuestra industria generadora de electricidad se encuentra en límites extremos tanto en generación y vida útil de sus plantas. La mayor parte de la electricidad generada en nuestro país, es por medio de combustión de combustibles fósiles no renovables y altamente contaminantes.

Otra parte es generada por las presas hidroeléctricas en su mayor parte y por capacidad estas se ubican el Sureste de nuestro país, las cuales cubren las necesidades de esa zona.

La energía que abastece actualmente el estado de Oaxaca, es originada por las hidroeléctricas que se ubican en el estado de Chiapas y a su vez distribuida por varios ramales, uno de los cuales llega de la Subestación Juchitán, la cual abastece al mismo municipio y la zona de Salina Cruz, la cual también conecta a los municipios de la costa Sureste donde se encuentra la Zona hotelera de Huatulco; Oaxaca.

Debido al crecimiento y desarrollo en el estado de Oaxaca, la demanda de energéticos se ha incrementado originando en el suministro eléctrico fallas las cuales en proporción al tamaño del estado han sido corregidas por que la demanda no ha superado la producción de este energético.

Actualmente la zona hotelera de Huatulco se encuentra en un 20 por ciento de desarrollo así como la capacidad instalada de energía eléctrica en el lugar.

“En sus inicios el proyecto estaba calculado llegar al 100 por ciento de capacidad a finales del año 2005.”^{II. 54}

Lo cual no se ha cumplido debido al impacto económico a nivel mundial y la escasa inversión en nuestro país para el desarrollo de infraestructura hotelera y de esparcimiento.

Desde el punto de vista local actualmente no existe mayor problema pero a nivel estatal, esta se dará a medida que el tiempo pase debido al crecimiento económico del estado y demanda de energía.

Con la propuesta gubernamental en materia de generación de energía eléctrica, la cual no ha sido aprobada actualmente por cuestiones de pensamiento político, en la cual se dará a la iniciativa privada participación para la generación de energía y venta a (CFE) se propone el proyecto Huatulco, para su análisis.

A encontrarse en la zona de influencia de gran captación de energía eólica y la posibilidad de generar energía eléctrica por medio de aerogeneradores y fotoceldas solares, para autoabastecimiento en la zona.

Al ser una zona hotelera de carácter ecológico y de gran turismo la capacidad de recuperación de inversión esta garantizada.

Esto ayudaría a nivel local al posible desabasto y fallas en el suministro del energético. A nivel estatal a la sobre carga en las líneas de distribución en consecuencia posibles fallas que obstaculizan el crecimiento económico del estado que actualmente demanda por la marginación de sus habitantes y carencia de fuentes de empleo.

^{II. 54} Datos proporcionado por CFE Huatulco, pronósticos de inicio de operación.

OBJETIVO GENERAL

“Analizar las alternativas de generación de energía eléctrica a un costo más razonable, sin dañar al medio ambiente, así como resolver la demanda de energía eléctrica en la zona hotelera de Huatulco, Oaxaca.” ^{II. 55}

El propósito fundamental es de proponer a la iniciativa privada (dentro de la misma zona hotelera o inversionistas externos), la creación de energía para su autoconsumo y vender los excedentes a (CFE) para su venta y distribución, aprovechando la riqueza de los recursos renovables como son el viento y luz solar de la zona.

Una vez que la reforma energética se apruebe para el autoconsumo y venta de energía eléctrica, ya que se requiere de inversión en este tipo de proyectos, para satisfacer la demanda que en un futuro será mayor y el impacto ambiental sea mínimo.

II.4.1.1 Alternativas

Actualmente se cuenta con dos subestaciones eléctricas las cuales serán superadas en su capacidad pronosticada según su actual crecimiento y demanda en el año 2028. ^{II. 56}

Alternativas:

- mantenimiento de las subestaciones actuales sin modificaciones;
- instalación de transformadores, para incrementar su capacidad;
- instalación de nuevas subestaciones;
- proyecto eólico;
- proyecto fotoceldas solares;
- proyecto híbrido.

II.4.1.2 Situación actual.

Con las dos subestaciones que se cuenta se tiene una capacidad instalada de 30 Mw con una demanda máxima de 11.2 Mw, sin hacer modificaciones y tomando en cuenta el crecimiento estimado en la zona este posiblemente tenderá a fallar en el año 2020.

Tomando un costo promedio debido a las diferentes formas de producción con que actualmente se cuenta y a lo complejo en estudio de costos según (CFE), este es tomado de acuerdo a criterio propio de 11,591.76 pesos/Kw de costo directo, este costo es tomado de la tabla Costo unitario de inversión de 2000. ^{II. 57}

Actualizado al año 2003, \$0.904 Kw.

^{II. 55} Objetivo propuesto al inicio de esta tesis, para su desarrollo por la iniciativa privada, una vez que la reforma eléctrica lo permita.

^{II. 56} Ver tabla página 144 Demanda calculada para la zona hotelera de Huatulco, Oaxaca. Pronosticada al año 2028.

^{II. 57} Ver tabla pag. 100 4to. Renglón (central térmica convencional)

II.4.1.3 Demanda

De acuerdo a departamento de distribución Huatulco de (CFE) y el pronóstico esperado para los siguientes años^{II.58}, tomando en cuenta que no se contará con otra fuente de energía en el lugar.

El incremento en la demanda de energía reflejará el crecimiento económico de la zona, la creación de nuevas fuentes de trabajo y de urbanización.

Como se sabe (CFE) es el único organismo gubernamental actualmente que comercializa la energía eléctrica en nuestro país, estableciendo un mercado monopólico y una estructura burocrática muy extensa donde hace que los costos de generación sean incrementados significativamente.

Por lo tanto los mayores clientes en la zona son la infraestructura hotelera y de servicios donde el turismo es el principal consumidor y que finalmente es el que paga dichos costos.

Este tipo de servicios que ofrece (CFE) en la actualidad tiene un costo implícito por no poderse asignar un precio directamente debido al mercado antes mencionado. Los precios de generación son incrementados drásticamente por la infraestructura que se realizó desde el punto de origen de generación hasta distribución al consumidor final.

II.4.1.4 Oferta.

La infraestructura con la que actualmente se cuenta en la zona hotelera de Huatulco, es la principal base de sustentación que generan los bienes y servicios que originalmente desde su creación como desarrollo turístico.

Con una extensa reserva ecológica, hoteles de gran turismo, campo de golf, y una extensa zona por desarrollar, la oferta de clientes potenciales es significativa por ello la propuesta está dada de autoconsumo para abatir costos de generación y aliviar líneas de distribución en la zona.

Retomando el proyecto original ecoturístico el desarrollo podría crecer rápidamente atrayendo nuevas inversiones al crear energía limpia en el lugar, por contar con una gran fuente natural como el viento y luz solar como principal recurso.

Tecnológicamente no contamos con el desarrollo para generar la electricidad por medio de viento y luz solar, ya que se encuentra en investigación por lo tanto debemos importar esa tecnología por ello la importancia de inversionistas privados para poder desarrollar este tipo de proyectos, esto se logrará siempre y cuando se apruebe la reforma energética.

II.58 Ver tabla página 144 Demanda calculada para la zona hotelera de Huatulco, Oaxaca. Pronosticada al año 2028.

II.4.1.5 Optimización actual.

Con la infraestructura eléctrica con la que se cuenta, con un buen mantenimiento correctivo y haciendo conciencia de ahorro del recurso, su puede contar con un buen funcionamiento.

1.- Actualmente las subestaciones cuentan con transformadores en buenas condiciones de operación y para aumentar la capacidad de abastecimiento se le anexaría un enfriador para aumentar a 40 Mw de capacidad en cada transformador este costo es mínimo es ya esta considerado desde su inicio de operación y contemplado cuando se requiera.

Una vez superada esta demanda se podrá aumentar hasta 50 Mw como máximo con los equipos existentes colocando en cada transformador otro enfriador extra. Esto es sin tomar en cuenta la demanda que suministra las líneas de alimentación de la zona y con posibilidad de calentamiento en las líneas de alta tensión debido a la sobredemanda.

2.- Instalación de nueva subestación e interconectar en circuito para restablecer fallas instantáneamente sin dañar equipos conectados a la red. Esta opción es la más viable a corto plazo por existir un proyecto y los equipo se encuentran en bodega (transformadores).

3.- Instalación de transformadores y aumentar la capacidad en las subestaciones existentes esta opción es la menos recomendable ya que al interconectar estos nuevos equipos existe la necesidad de desconectar momentáneamente la energía eléctrica y hacer las modificaciones necesarias a las subestaciones.

II.4.2 Situación con proyecto.

Proyecto de granja de generación por medio de fotoceldas. ^{II.59}

En una superficie de 100,000 m² se instalarán 200 bloques con un área de 17.70 m² por cada uno colocados en línea y libre de obstáculos para la captación de luz solar.

Cada bloque está compuesto por 20 módulos de 59.3 cm por 148.8 cm.

Con una vida útil mínima de 20 años y generación de 7 kwh por m² por día.

El costo de generación directo en agosto de 2004 es de \$ 1.11 pesos por kwh.

En este proyecto se contempla el equipo de almacenamiento necesario y para entrega a las líneas de alimentación de media tensión de (CFE), para su venta y distribución al consumidor, así como aliviar las líneas de transmisión.

Se consideran equipos periféricos de conexión y desconexión en horarios de captación óptima de luz solar.

^{II.59} Ver análisis pag. 96-97.

Proyecto de granja de generación por medio de aerogeneradores.^{11.60}

En una superficie de 100,000 m² se instalarán 10 aerogeneradores de 500 Kw cada uno colocados a una distancia mínima de 90 metros de radio de la base del aerogenerador.

Con una vida útil de 20 años y generación de 1'667,617.42 Kw al año por aerogenerador.

En este proyecto se contempla para entrega a las líneas de alimentación de media tensión de (CFE), para su venta y distribución al consumidor.

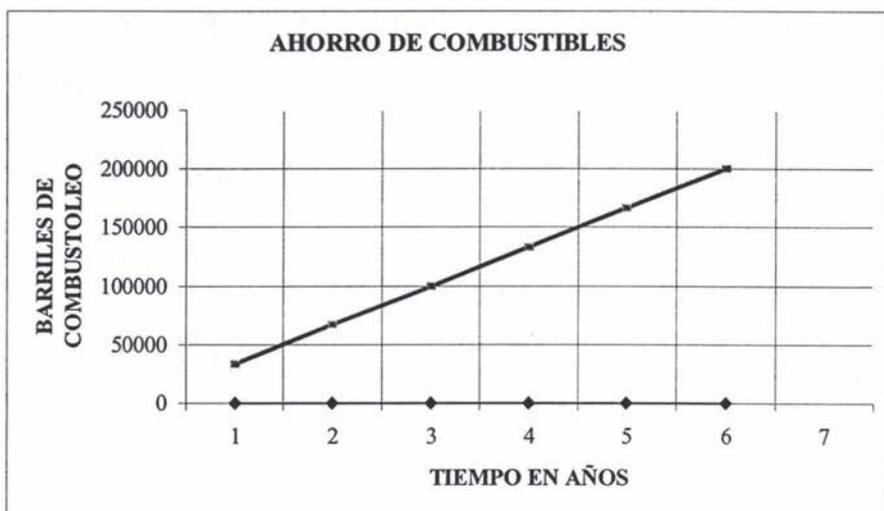
El costo directo de generación es de \$ 1.00 pesos Kw, al tipo de cambio de \$ 11.53 (agosto de 2004)

se consideran equipos periféricos de conexión y desconexión.

Este sistema alimentará de energía continuamente las 24 h.

Con este tipo de proyectos se ahorran 33,360 barriles de combustóleo y 78,850 toneladas de CO₂ evitadas anuales.

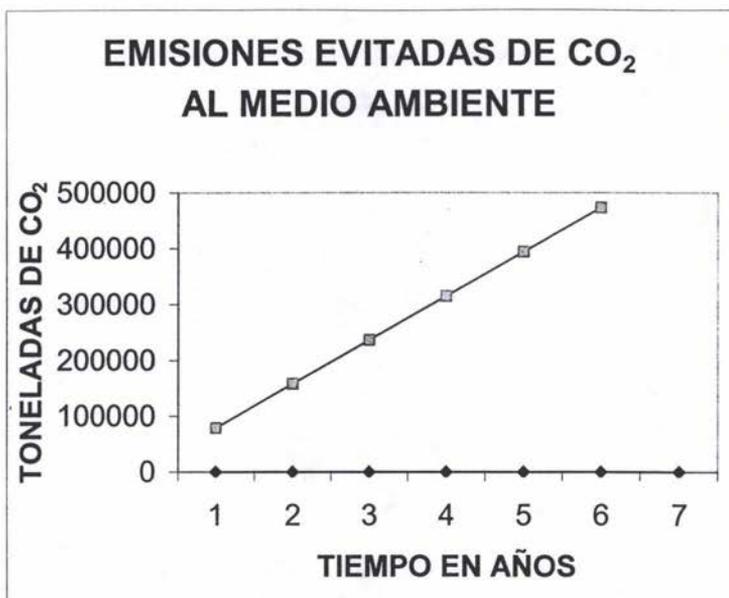
El déficit de energía eléctrica se podrá transmitir a las líneas de transmisión para alimentación de otras zonas con mayor demanda del recurso.



Esta gráfica muestra el ahorro de combustibles en los primeros 6 años de operación de la planta, observándose un incremento constante.

El ahorro es comparando con una planta de generación de capacidad similar por medio de combustión. (Termoeléctrica utilizando como materia prima combustóleo y un costo medio aproximado de 28 dólares por barril)

^{11.60} Ver análisis pag. 98-101.



Esta gráfica muestra las emisiones de CO₂ evitadas al medio ambiente por la planta de generación en los primeros 6 años.

Las emisiones son comparadas con una planta de generación de capacidad similar por medio de combustión. (Termoeléctrica utilizando como materia prima combustóleo y un costo medio aproximado de 28 dólares por barril)

II.4.3 Costos y beneficios.

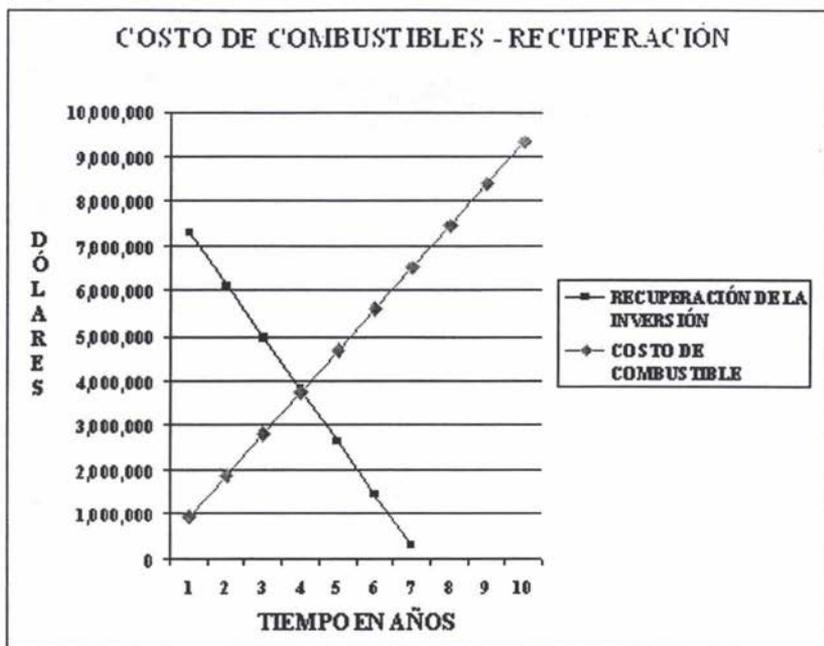
Los costos para el proyecto de fotoceldas son mayores desde el punto de vista económico aún cuando el impacto ambiental es mínimo.

Costos:

- disponer de un área apropiada para alojar la planta de generación (costo del terreno);
- compra de equipo, promover los permisos correspondientes, asistencia de personal capacitado para la instalación óptima;
- financiamiento para el desarrollo del proyecto;

Beneficios:

- contar con una planta propia de generación en el lugar, sin impacto ambiental;
- alivio de líneas de transmisión para la sobredemanda en otras zonas que demandan el recurso;
- ahorro de combustibles fósiles no renovables y en consecuencia la no contaminación del medio ambiente;
- promover el proyecto ecoturístico, para el desarrollo de la infraestructura hotelera (invitación a la inversión), creación de nuevas fuentes de empleo e ingresos de divisas;
- crear conciencia del ahorro del recurso energético así como promover el auto consumo en pequeña escala, para mejorar el medio ambiente y desarrollo de este tipo de proyectos en otros lugares que en un futuro serán los que se utilicen para la generación de energía;
- minimizar costos de producción.



En la gráfica se observa la comparación de la amortización del costo total de la planta en donde se puede observar la recuperación de la inversión al sexto año al inicio de operación de la planta, así como el costo acumulado de los combustibles con una planta de capacidad semejante pero por medio de combustión. (Termoeléctrica, utilizando como materia prima combustóleo y un costo medio aproximado de 28 dólares por barril)

Para el proyecto de aerogeneradores con generación continua variable sin impacto ambiental.

Costos:

- estudios previos del lugar a instalar (mínimo por un año);
- disponer del área apropiada para el desarrollo del proyecto (costo del terreno);
- compra del equipo (importar tecnología);
- promover los permisos necesarios para la ejecución del proyecto;
- instalación de equipos;
- obtención de recursos económicos (financiamiento).

Beneficios:

- contar con una planta propia en el lugar para la generación;
- aliviar líneas de transmisión aportando energía a las líneas;
- no consumo de combustibles;
- promover la zona ecoturística con inversión privada en infraestructura hotelera creando nuevas fuentes de empleo y ingresos en divisas;
- creación de nuevos proyectos de este tipo en lugares aún no desarrollados que cuenten con este recurso natural renovable (viento);
- minimizar costos de producción.

Sin proyecto.

Costos:

- fallas en el suministro de energía eléctrica;
- sobrecalentamiento en las líneas de transmisión;
- cambio y reparación de transformadores en líneas de baja tensión;
- inversión en nuevas subestaciones;
- incremento en tarifas eléctricas por la compra de combustibles;
- cambio paulatino en el clima; (cambio de los ciclos de lluvia, incremento en la temperatura, etc., etc.)
- incertidumbre en el crecimiento de la zona hotelera.

Beneficio:

- explotar el máximo rendimiento a las actuales instalaciones;
- inversión de recursos mínimos.

II.4.3.1 Valoración de costos y beneficios.

Para el proyecto de fotoceldas.

Costos:

- costo aproximado del terreno. 1,000,000 dlls.;
- costo aproximado de los equipos. \$ 90,707,200.00 pesos;
- variación de costos por la inflación y devaluación de nuestra moneda.

Beneficios:

- abatir costos de producción al contar con una planta propia de generación en el lugar, sin impacto ambiental para ofrecer tarifas más justas.
- alivio de líneas de transmisión en horas de mayor demanda.
- ahorro de 8140 barriles de combustóleo y emisiones evitadas de 19,240 toneladas de CO₂, anuales
- inversión en la infraestructura hotelera, creación de nuevas fuentes de empleo e ingresos de divisas.
- usos de sistemas alternos como calentadores solares y fotoceldas para iluminación en pequeña escala.
- promover el uso de estos sistemas en otros lugares óptimos, minimizando costos de producción.

Para el proyecto de aerogeneradores.

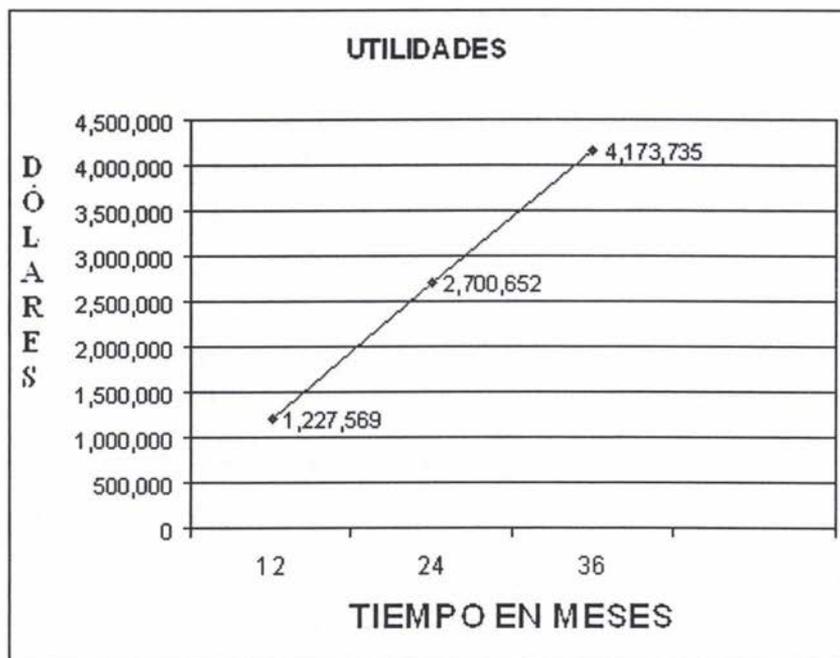
Costos:

- estudios previos del lugar a instalar 20,000 dlls.;
- costo del terreno 1'000,000 dlls.;
- compra del equipo 5'500,000 dlls.;
- promover los permisos necesarios para la ejecución del proyecto.;
- instalación de equipos 770,000 dlls.

Beneficios:

- abatir costos de producción al contar con una planta propia de generación en el lugar, sin impacto ambiental para ofrecer tarifas más justas;
- alivio de líneas de transmisión en horas de mayor demanda, aportando energía a las mismas;
- ahorro de 33,360 barriles de combustóleo y emisiones evitadas de 78,850 toneladas de CO₂, anuales;
- inversión en la infraestructura hotelera, creación de nuevas fuentes de empleo e ingresos de divisas;
- creación de nuevos proyectos de este tipo en lugares aún no desarrollados que cuenten con este recurso natural renovable (viento).

En la siguiente gráfica se muestra los 36 primeros meses después de la recuperación del costo de la planta a partir del sexto año. (ver tabla anterior pag. 112)



II.4.4 Flujo de caja del proyecto Huatulco.

Por mayores beneficios de costo y eficiencia tomaremos el proyecto de generación por medio de viento. El costo de la planta eólica en julio de 2003, en dólares es de 7,290,000 por el tipo de cambio pronosticado para el año de 2004 es de \$ 12.00 pesos al efectuar el cambio de dólares a moneda nacional resulta una inversión de 87,480,000 pesos.

FLUJO DE CAJA

Concepto	Año						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
SIN PROYECTO							
BENEFICIOS							
Ingresos por venta de energía eléctrica.							
	6,591	7,895	9,631	11,952	15,088	18,724	23,190
COSTOS							
Costos de producción.	3,706	4,649	5,585	6,830	8,490	10,520	13,039
Costos de operación fijos.	758	908	1,108	1,375	1,821	2,154	2,667
Costos de operación variables.	526	630	768	953	1,262	1,492	1,848
Beneficios netos sin proyecto.	1,601	1,708	2,170	2,794	3,515	4,558	5,632
CON PROYECTO							
BENEFICIOS							
Ingresos por venta de energía eléctrica.							
		17,677	17,677	17,677	17,677	17,677	17,677
Valor de rescate de la inversión.							8,748
COSTOS							
Inversión	87,480						
Costos de producción. (recuperación de inversión)		13,990	13,990	13,990	13,990	13,990	13,990
Costos de operación fijos.		1,399	1,399	1,399	1,399	1,399	1,399
Costos de operación variables.		281	281	281	281	281	281
Beneficios del proyecto (utilidades)	- 87,480	2,001	2,001	2,001	2,001	2,001	2,001
Beneficios netos del proyecto		15,997	15,997	15,997	15,997	15,997	15,997
VALOR ACTUAL NETO							

Los valores de la tabla anterior están dados en millones de pesos.

Cálculo de la TIR

Tasa de descuento %	VAN
1	13.411
3	6.461
5	0.227
5.07	0

Tasa interna de rendimiento (TIR)

La tasa interna de rendimiento hace que el valor actual neto de un proyecto sea igual cero; esta tasa es un buen indicador de la rentabilidad del proyecto.

El proyecto requiere de una inversión de \$ 87,480 millones de pesos y producirá beneficios netos para los seis primeros años de \$ 15,997 millones de pesos por cada uno de ellos con una tasa de descuento de 0.5% para los mismos años respectivamente.

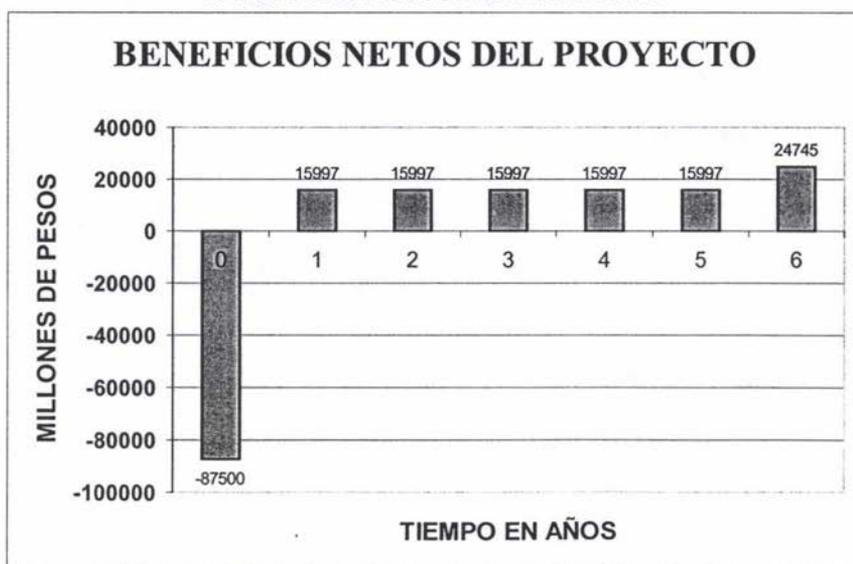
Cálculo del valor actual neto (VAN)

Año	Beneficio neto	Factor VP	Valor presente	
0	87,500	1.0	87,500	87,500
1	15,997	$1/(1+0.05)^1$	15,997x (0.952)	15,230
2	15,997	$1/(1+0.05)^2$	15,997x (0.907)	14,509
3	15,997	$1/(1+0.05)^3$	15,997x (0.864)	13,821
4	15,997	$1/(1+0.05)^4$	15,997x (0.823)	13,166
5	15,997	$1/(1+0.05)^5$	15,997x (0.784)	12,459
6	24,745	$1/(1+0.05)^6$	24,745x (0.746)	18,459
			VAN	0.227

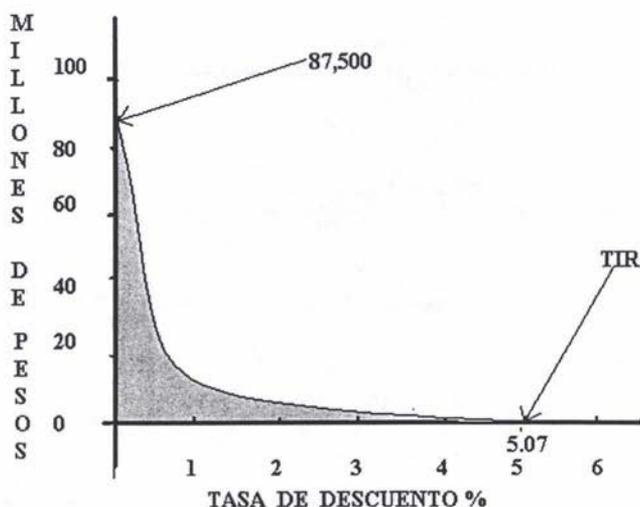
Los valores de la tabla anterior están dados en millones de pesos.

Como el Valor Actual Neto (VAN) es mayor que cero 0.227 lo cual indica que este proyecto es rentable.

BENEFICIOS NETOS DEL PROYECTO.



VALOR PRESENTE NETO.



Valores de la TIR

Tasa de descuento % r	VAN (valor actual neto)
1	13.411
3	6.461
5	0.227
5.07	0

MOMENTO ÓPTIMO DE LA INVERSIÓN.

Inversión inicial \$ 87,480
 Periodo de construcción 1 año.
 Tasa de descuento de 5.07%

AÑO	INVERSIÓN	COSTOS DE OPERACIÓN	BENEFICIOS	BENEFICIOS NETOS	ANUALIDAD DE LA INVERSIÓN.
0	87,480	0	0	0	0
1		1,680	17,677	15,997	4,435
2		1,680	17,677	15,997	4,435
3		1,680	17,677	15,997	4,435
4		1,680	17,677	15,997	4,435
5		1,680	17,677	15,997	4,435
6		1,680	17,677	15,997	4,435

Desde el primer año se observa que los beneficios netos son mayores que la anualidad de la inversión, lo que significa que el momento óptimo de invertir es desde su inicio de su construcción puesto que el periodo de construcción es de un año.

II.4.5 Localización óptima

Macrolocalización.

La generación actual de la energía eléctrica es originada de hidroeléctricas ubicadas en el Sur este del país especialmente del estado de Chiapas. La conducción, tendido de líneas de gran capacidad así como subestaciones de distribución hace que el proyecto tenga ventajas de cercanía al punto de consumo y de explotación de recurso eólico que fluye por la costa y orografía de desfogue de vientos del norte que fluyen por el golfo de México. Contando actualmente con la infraestructura para el transporte de equipo necesario desde diversos puertos (Veracruz, Salina Cruz) Así como infraestructura para conducción de alto voltaje, capacidad media y distribución para el consumidor final.

Parte de la zona y poblaciones cercanas se encuentra en pleno desarrollo, con grandes posibilidades para su desarrollo por la generación de nuevas fuentes de empleo, la mayoría de los insumos serían traídos desde la ciudad de Salina Cruz, al ser la más cercana o desde la capital del estado Oaxaca.

La zona hotelera cuenta actualmente con una gran extensión para alojar la planta de generación.

La propuesta original del lugar accesible se localiza a 1 Km de la subestación Conejos y como opción una de las pequeñas islas frente a una de las bahías a orillas de la zona hotelera y a una distancia aproximada de 2 Km de la subestación Conejos, ambas propuestas con facilidad de acceso.

Los costos de materiales y disponibilidad son accesibles ya que actualmente se encuentra en desarrollo la zona hotelera, gran parte de los insumos son traídos desde la ciudad de Salina Cruz, Oaxaca.

Por ser una zona costera cuenta también con un puerto donde se pueden recibir materiales por medio de embarcaciones donde podrían manejarse una gran cantidad de insumos.

Cuenta también con un aeropuerto internacional y vías de acceso aceptables para el desarrollo del lugar, el manejo de los insumos son de carácter accesibles por contar con infraestructura para su manejo.

La ubicación de clientes potenciales es primordial ya que el objetivo es generar y consumir en el lugar, abatiendo costos de producción, vender excedentes a (CFE) para aliviar líneas de transmisión en donde otros lugares que también que se encuentran en etapa de desarrollo que demandan el recurso energético para el desarrollo del estado y el País.

Factores de riesgo.

- Ubicación de la planta.
Debe de realizarse un estudio previo al lugar de vientos dominantes, dirección, velocidad, insolación, temperatura y humedad, para un posible rediseño para eficientar los aerogeneradores (mínimo un año).
- Cambio climático.
El consumo desmedido de combustibles y agentes químicos arrojados a la atmósfera es un factor de impacto indirecto para el cambio micro climático. Por ello la propuesta de nuevas fuentes de energía eléctrica que serán, las que darán solución a corto plazo para la demanda ascendente de este recurso.
- Posible disminución de costos de los combustibles.
Debido al descubrimiento de nuevos yacimiento de combustibles fósiles y minerales es posible la disminución de costos de los energéticos, pero será temporal por que en un futuro estos recursos serán agotados. (petróleo, carbón, derivados del uranio para núcleo eléctricas)
- Vida útil del equipo.
Se prevé una vida útil en los equipos de 20 años con un mantenimiento óptimo, el cual se podrá prolongar por 10 años más.
A medida que la tecnología avanza se mejora la eficiencia y la posibilidad de que este tipo de equipos puedan ser remplazados o rediseñados para mejorar su funcionamiento.

II.4.6 Precios.

La evaluación utiliza los precios del mercado el cual está en constante cambio.

“ En la medida que existen imperfecciones y distorsiones en el mercado estos precios no son eficientes pues no representan los verdaderos costos y/o beneficios que realmente tienen para la sociedad o para el país.

Los precios del mercado coinciden en los precios sociales sólo si la economía es perfecta y competitiva y no existe ningún tipo de distorsión. Sin embargo, en México generalmente esto no sucede por que existen imperfecciones en los mercados, tales como: impuestos diferenciales, subsidios distorsionantes, aranceles aduaneros, monopolios, fijaciones de precios por la autoridad y otros.”

Precio social de la divisa.

Adquisición de insumos importables.

\$ 7,290,000 dls con IVA

\$ 6,339,131 dls con aranceles del 7%

\$ 5,924,421 dls sin aranceles.

Precio social del capital o Tasa de descuento social, la tasa de descuento en el periodo 2001 – 2006 es de 14%. (Esta tasa es proporcionada por el gobierno federal para el análisis de costo- beneficio)
\$ 6,753,840 dlls.

Precio social de la mano de obra.

Para la ejecución del proyecto se requiere para su instalación y operación mano de obra calificada. Por ser un proyecto nuevo se requiere de trabajadores capacitados, y al ser de origen privado se debe capacitar al personal ya que actualmente no se cuenta con ello.

Por lo tanto se tomará como un porcentaje de los costos de operación en promedio con un factor de corrección de 7% por no contar con gente especializada y la situación actual del País, la cual demanda más empleos por lo tanto si una persona capacitada ejecutara trabajos en la planta con un salario de \$ 2100.00 pesos se aplicaría un factor de corrección de 10% y su precio social sería de \$ 2310.00

Los factores de corrección dependen de la existencia de desempleo de cada tipo de mano de obra.

II.4.6.1 Efectos indirectos.

Con la construcción de la planta de generación y distribución de la energía producida en la zona hotelera, aliviará las líneas de transmisión y en consecuencia, otras poblaciones que demanda mayor suministro serán beneficiadas al poder contar con el recurso sin variaciones en el mismo, Por lo tanto existirán beneficios indirectamente por el proyecto, sin afectar el funcionamiento de la planta.

II.4.6.2 Externalidades.

- Generar energía eléctrica empleando la fuerza del viento. (que no implica costo de energético)
- Planta de generación en el lugar en que se demanda.
- Evita la combustión de combustibles fósiles, al poner en funcionamiento el proyecto se deja de emitir a la atmósfera 78,850 toneladas de CO₂ anuales, contaminante que daña al medio ambiente.
- Al existir una menor emisión de contaminantes se verán beneficiadas directamente la población residente al poder disponer de aire de calidad sin contaminantes.
- Posible incremento del turismo al promover un desarrollo ecoturístico.
- Ahorro de grandes cantidades de agua para el enfriamiento de los sistemas de generación por medio de termoeléctricas.
- Venta de energía eléctrica a un costo razonable, mejorando la calidad de los servicios en que se requiere de energía eléctrica.
- Venta de excedentes de energía a (CFE) para aliviar líneas de transmisión en otros lugares en que se demanda el energético.

Negativos:

- modificación del hábitat de la flora y fauna del lugar;
- impacto visual y acústico a corta distancia, ya que al chocar el viento con los alabes de los aerogeneradores estos ocasionan fricción y ruido;
- ocupación de mano calificada para operar equipos de alta precisión;
- manejo de tarifas por CFE para conservar en monopolio;
- nulo mantenimiento de CFE a líneas de transmisión;
- el robo de energía eléctrica para el beneficio de clientes y diversos;
- crecimiento desmedido de la población a los alrededores de la zona hotelera a la cual se debe prestar el servicio, saturando las líneas de transmisión.

II.4.6.3 Efectos intangibles.

- Operar la planta con un menor número de personas que comúnmente se requiere para la generación de electricidad por otros sistemas.
- La compra mínima de insumos que requiere para la generación de electricidad por métodos convencionales
- Incremento de demanda de energético igual a incremento de fuentes de empleo.

La evaluación que se realizó es de tipo privada donde el promotor del proyecto tiene el 100% del capital necesario para financiar el proyecto y todas las operaciones son de riguroso contado.

II.4.6.4 Tratamiento de impuestos y subsidios.

Los precios del mercado de adquisición o venta de bienes y servicios contienen impuestos o reflejan un subsidio respecto a su costo real.

El caso del impuesto al valor agregado o de algunos impuestos especiales en energéticos, mano de obra, energía eléctrica o agua, contemplan subsidios

Sin embargo cuando se realiza la evaluación social del proyecto debe ignorarse y reflejar el valor del costo social de cada bien o servicio utilizado, este tema es muy complejo y se recomienda el auxilio de un equipo profesional de evaluadores de proyectos.

II.4.7 Análisis financiero.

Rentabilidad:

- Utilidad neta / ventas.
 $2,001/17,677= 0.113$ Margen de utilidad por año de los primeros 5 años.

Rendimiento:

- Utilidad neta / Activos totales
 $2,001/87,480= 0.023$ Rendimiento sobre la inversión por año de los primeros 5 años.
- $(\text{Utilidad neta} / \text{ventas}) \times (\text{Ventas} / \text{activos totales})$
 $(2,001/17,677) \times (17,677/87,480)= 0.023$

Liquidez.

- Activos circulantes / pasivos circulantes
 $17,677/15676= 1.127$ Circulante por año de los 5 primeros años
- Prueba de liquidez.
 $(\text{Activos circulantes} - \text{inventarios}) / \text{Pasivo circulante.}$
 $(17,677-1,399) / 15676 = 1.038$ Prueba de liquidez por año para los 5 primeros años.

Activos.

- Rotación de Inventarios
Costo de ventas / inventarios
 $17677/1399= 12.635$ Rotación de inventarios por año de los 5 primeros años.
- Rotación de activos fijos.
Ventas / Activos fijos
 $17677/87480=0.202$ Rotación de activos fijos por año de los 5 primeros años.
- Rotación de activos totales.
Ventas totales / Activos totales
 $17677/105157=0.168$ Rotación de activos totales por año de los 5 primeros años.
- Pasivo
Relación de pasivos a activos totales.
Pasivo total / Activo total.
 $15676 / 105157=0.149$ Relación de pasivos a activos totales por año de los 5 primeros años.

PROGRAMA DE INVERSIÓN

Estos valores están dados en miles de dólares

DESTINO DE LOS RECURSOS	FECHA												Monto	%			
	Ene 2005	Feb. 2005	Mar 2005	Abr. 2005	May. 2005	Jun. 2005	Jul. 2005	Ago. 2005	Sep. 2005	Oct. 2005	Nov. 2005	Dic. 2005			Etc.		
Terreno	500,000		500,000													1,000,000	13.72
Obra civil		65,000	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000									390,000	5.35
Mont.de Equipo					52,000	52,000										260,000	3.56
Instalaciones									10,000	10,000						20,000	0.27
Mobiliario										10,000						20,000	0.27
Equipo Aerogé.					1,100,000	1,100,000				1,100,000						5,500,000	75.45
Mant.Preventivo																7,500	0.11
Otros	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000				60,000	0.82
Imprevistos	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125				32,500	0.45
Origen de los recursos																	
Capital privado	508,125	73,125	573,125	73,125	1,225,125	1,225,125	1,225,125	1,160,125	1,170,125	28,125	23,125	5,625				7,290,000	100.00
Total mensual	508,125	73,125	573,125	73,125	1,225,125	1,225,125	1,225,125	1,160,125	1,170,125	28,125	23,125	5,625				7,290,000	100.00
Total acumulado.	508,125	581,250	1,154,375	1,227,500	2,452,625	3,677,750	4,902,875	6,063,000	7,233,125	7,261,250	7,284,375	7,290,000				7,290,000	100.00

El programa de inversión para el proyecto eólico Huatulco, está propuesta para su ejecución a un año de duración. Los tiempos

RESUMEN IDENTIFICADOR DEL PROYECTO

Nombre del proyecto:	Proyecto eólico Huatulco	
Objetivo:	Analizar las alternativas de generación de energía eléctrica a un costo más razonable, sin dañar al medio ambiente, así como resolver la demanda de energía eléctrica en la zona hotelera de Huatulco, Oaxaca.	
Componentes del proyecto:	Granja eólica de 10 aerogeneradores Mca. Vestas de 500Kw	
Localización:	Zona hotelera de Huatulco, Oaxaca.	
Metas del proyecto:	Abatir costos de producción para hacer más accesible el recurso energético, Aliviar líneas de transmisión y generación de energía eléctrica sin contaminar el medio ambiente.	
Fuentes de financiamiento:	Monto (en millones de pesos)	Porcentaje
Privado	87,500	100%
Calendario de ejecución (año)		
2004	87,500	100%
Monto total de la inversión:	87,500	100%
Indicadores de Rentabilidad:	Evaluación privada	
Valor presente neto (VPN)	-87,500 (Enero de 2005)	18,459 (al año 2012) ^{II. 61}
Tasa interna de retorno (TIR)	5.07%	
Momento óptimo de inicio	Aprobado el proyecto	
Fechas		
Elaboración de la evaluación	Agosto de 2004	
Periodo de ejecución o construcción del proyecto	Enero de 2005	
Periodo en operación	Enero de 2006	

^{II. 61} Ver cálculo del Valor actual neto Pag. 112 Columna 5 año 6.

II.5 MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR MEDIO DE ENERGÍA SOLAR Y EÓLICA.

II.5.1 Mantenimiento de sistemas de generación de electricidad por medio de un sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico diseñado e instalado correctamente requiere de un mantenimiento mínimo.

Si el sistema requiere de reparaciones frecuentemente o corta la energía repetidamente se debe revisar el diseño y verificar la instalación que corresponda a lo especificado en materiales y acabados.

“Mantenimiento preventivo:” ^{II.62}

- comprobar corriente del arreglo solar a las baterías cada vez que se inspeccione en el sistema. Periodicidad de 3 a 6 meses. Usar el medidor de insolación;
- comprobar que la corriente consumida por las cargas alimentadas sea igual o inferior a los valores de diseño;
- comprobar cada 3 meses el nivel del electrolito.
Completar con agua destilada si se requiere (especialmente en Verano);
- comprobar la homogeneidad en la densidad del electrolito en cada celda del banco de baterías. Usar densímetro apropiado;
- limpiar y engrasar terminales de baterías anualmente, revisión cada 3 meses;
- comprobar las conexiones de tierra del arreglo y sistema. Periodicidad 6 meses;
- comprobar funcionamiento de controladores, alarmas, etc.;
- limpiar la superficie de los módulos con trapo seco o fibra plástica. En especial quitar la sociedad que sombree las celdas. Periodicidad 3 meses;

^{II.62} Datos tomados de:

Conдумex, *Los sistemas fotovoltaicos*. División de energías alternas, Documento interno (México, D.F., 2003.) P. 71.

- revisar las terminales de los módulos y conexiones a la intemperie cada 6 meses. Recién instalado el sistema se recomienda hacer las primeras revisiones al mes y posteriormente cada 3 meses. ;
- sustituir las baterías de acuerdo al periodo de vida útil proporcionado por el fabricante;
- sustituir módulos rotos o dañados de sus terminales por unos equivalentes;
- sustituir cables dañados o con efectos de corrosión ambiental;
- sustituir elementos de soporte mecánico con defectos de corrosión ambiental;
- sustituir celdas de baterías dañadas visualmente o que no retengan carga. Las celdas malas en un banco de baterías pueden detectarse durante la prueba de descarga pues serían las de menor voltaje.

MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO ^{II.63}



^{II.63} Fotografía tomada de:

CONDUMEX, División de energías alternas, SINERGIA. Datos técnicos. (México, D.F., 2003) p. 4.

II.5.2 Mantenimiento de aerogeneradores de 225 Kw. de producción de energía a gran escala marca Vestas. (Dinamarca)

SISTEMA DE CONTROL

Dada la naturaleza de proyectos eólicos y sus condiciones particulares de operación y mantenimiento, se cuenta con los siguientes centros de control.

1. Tableros de control local ubicados uno en el cuerpo de cada Aerogenerador y otro en la base de cada torre, los que mantienen comunicación continua entre sí.
2. Cuarto de control central para el control individual y de conjunto de las unidades
3. Centro de control remoto, con las mismas funciones del anterior, pero ubicado en las oficinas a distancia.

Las unidades tienen un sistema de control automático y no requieren de personal de asistencia permanente en el sitio. Las maniobras de arranque, pausa, paro normal y paro de emergencia de cualquiera de las unidades, o de la central completa, pueden efectuarse desde el centro de control remoto a través de la computadora y mediante señal de radio. Estas funciones también pueden realizarse localmente en el cuarto de control.

SISTEMA DE FRENADO HIDRÁULICO DE EMERGENCIA EN LA QUILLA DEL GENERADOR ^{II.64}



^{II.64} Fotografía tomada de archivos propios.

MANTENIMIENTO

Los Aerogeneradores requieren de revisiones mensuales como mantenimiento preventivo, donde se toman lecturas específicas de temperatura, ruidos y niveles de aceite, también se repone lubricante y se hace limpieza de los equipos; de revisiones semestrales donde se reemplaza grasa lubricante, se reaprieta tornillería, se ajustan mecanismos, se hace limpieza y se calibran parámetros de operación. Cada tres y cinco años se reemplazan piezas que están sujetas a desgaste.

“El mantenimiento mayor se realiza semestralmente, Básicamente consiste en revisión o cambio en caja de engranaje, revisión y cambio de sensores electrónicos, verificación del acoplamiento del sistema de la flecha a la caja de engranaje, verificación del generador, ajuste de tornillería del tablero de control.

El mantenimiento semanal.

Es básicamente correctivo y limpieza superficial al alcance, de mantenimiento mínimo, que consiste en: verificar niveles de aceite en tanquetas, limpieza, lubricación de cremallera de orientación, revisión de anemómetros, lubricación de álabes, y revisión visual de álabes”^{11.65}

Principales componentes del aerogenerador.

- Unidad hidráulica.
- Cremallera de deslizamiento
- Sistema de inclinación de los álabes
- Flecha principal
- Rodamiento de los álabes
- Barra de conexión transversal
- Sistema de frenado
- Cono y álabes (hechas de fibra de vidrio, fibras de policarbonato y resinas)
- Caja de transmisión o engranaje
- Flecha de transmisión
- Generador
- Central de control electrónico.
- Torre del generador. (cuerpo principal hecho de placa de acero)

Se puede observar que lo anteriormente mencionado, no se requiere de una descapitalización constante, que sin embargo el desembolso es mínimo, la operación del mantenimiento es realizada por una persona con conocimientos y capacitación técnica en los aerogeneradores, que no refleja grandes gastos de costos de mantenimiento.

^{11.65} Datos proporcionados por las notas técnicas del encargado de mantenimiento de la planta de generación eólica de CFE en la Venta, Oaxaca

SISTEMA HIDRÁULICO DE ORIENTACIÓN DE LA QUILLA. (CUERPO DEL AEROGENERADOR)



II.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA GENERACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR Y EÓLICA.

II.6.1 Ventajas de la generación de energía solar

- No consumen combustibles.
- No tienen móviles
- Son módulos, lo que permite aumentar la potencia instalada, sin interrumpir el funcionamiento de los generadores.
- Resisten condiciones externas con vientos, granizos, temperaturas y humedad.
- Son totalmente silenciosos.
- No contaminan el medio ambiente.
- El servicio y el costo de mantenimiento son mínimos.
- Conforme la tecnología avanza los costos de producción disminuyen, haciéndolos más eficientes.

II.6.1.2 Desventajas de la generación de energía solar

- Es considerada como una opción energética, con deficiencias tecnológicas, sus desventajas económicas actuales. Comparado con los sistemas convencionales.
- Rentabilidad a largo plazo.
- Sistemas de almacenamiento costosos

II.6.2 Ventajas de la generación de energía eólica.

- Se reduce la dependencia de combustibles fósiles.
- Los niveles de emisiones contaminantes, asociados al consumo de combustibles fósiles se reducen en forma proporcional a la generación con energía eólica.
- Las tecnologías de la energía eólica se encuentran desarrolladas para competir con otras fuentes energéticas.
- El tiempo de construcción es menor con respecto a otras opciones energéticas.
- Al ser plantas modulares, son convenientes cuando se requiere tiempo de respuesta de crecimiento rápido.
- La investigación y desarrollo de nuevos diseños y materiales para aplicaciones en aerogeneradores eólicos, hacen de esta tecnología una de las más dinámicas, por lo cual constantemente están saliendo al mercado nuevos productos más eficientes con mayor capacidad y confiabilidad.
- Opción viable para la generación de electricidad para comunidades rurales que no cuentan con electrificación.
- Procede indirectamente del sol, que calienta el aire y ocasiona el viento.
- Se renueva de forma continua.
- Es inagotable.

- Cada vez es más barata conforme avanza la tecnología.
- Permite el desarrollo sin dañar la naturaleza, respetando el medio ambiente.
- Las instalaciones son fácilmente reversibles. No deja huella.
- Es una energía limpia, La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni a la lluvia ácida.
- No origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes.
- Cada Kwh. de electricidad, generada por energía eólica en lugar de carbón, evita la emisión de un kilogramo de dióxido de carbono CO₂ a la atmósfera.
- Su instalación es compatible con otros usos de suelo. (aprovechamiento compartido)
- Creación de nuevas fuentes de empleo directas e indirectas.
- Mínimo impacto visual. (agradable para algunas personas)
- Ahorro de agua para los sistemas de enfriamiento de calderas de las plantas generadoras de electricidad por medio de combustión de combustibles.

**COMPARACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS DIFERENTES
FORMAS DE PRODUCIR ELECTRICIDAD.**

(En toneladas por GWh producido.)

Fuente de energía	CO ₂	NO ₂	SO ₂	Partículas	CO	Hidrocarburos	Residuos Nucleares	Total
Carbón	1058.2	2.986	2.971	1.626	0.267	0.102	-	1066.1
Gas Natural	824	0.251	0.336	1.176	TR	TR	-	825.8
Nuclear	8.6	0.034	0.029	0.003	0.018	0.001	3.641	12.3
Fotovoltaica	5.9	0.008	0.023	0.017	0.003	0.002	-	5.9
Biomasa	0	0.614	0.154	0.512	11.361	0.768	-	13.4
Geotérmica	56.8	TR	TR	TR	TR	TR	-	56.8
EOLICA	7.4	TR	TR	TR	TR	TR	-	7.4
Solar térmica	3.6	TR	TR	TR	TR	TR	-	3.6
Hidráulica	6.6	TR	TR	TR	TR	TR	-	6.6

TR= Trazas (pequeñas partículas sin posibilidad de cuantificar.)

NOTA: Los valores de emisiones consideran también las emitidas durante el periodo de construcción de los equipos.

II.6.2.1 Desventajas de la generación de energía eólica.

- Impacto visual: su instalación genera una alta modificación del paisaje.
- Impacto sobre la avifauna: principalmente por el choque de las aves contra las palas, efectos desconocidos sobre modificación de los comportamientos habituales de migración y anidación.
- Impacto sonoro: el roce de las palas con el aire produce un ruido constante, la casa más cercana deberá estar al menos a 200 m. (43dB)
- El recurso es inagotable e intermitente.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE CASO: ZONA HOTELERA HUATULCO, OAXACA

Objetivo: Establecer un sistema de generación de Energía, adecuada para la demanda requerida, a un costo más razonable y sin causar mayor impacto ambiental.

III.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO.

LOCALIZACIÓN DEL ESTADO DE OAXACA.

REPÚBLICA MEXICANA



Localización del municipio de Santa María Huatulco.

Se ubica en las coordenadas $15^{\circ} 50'$ latitud norte y $96^{\circ} 19'$ longitud oeste, se encuentra a 220 metros sobre el nivel del mar.



Distrito de Pochutla, Oaxaca



Municipio de Santa María Huatulco

Extensión

La superficie total del municipio es de 579.22 kilómetros cuadrados que representa el 0.615 por ciento con relación al Estado.

Zona hotelera bahías de Huatulco.

Localizado en la costa del pacífico mexicano al pie de la sierra madre del sur, ubicado a 475 kilómetros al sureste de Acapulco, a 277 kilómetros al sur de la Ciudad de Oaxaca, Capital del Estado.

Abarca un área de 41,980 hectáreas de las cuales 29,380 hectáreas son una reserva ecológica y parque nacional, incrustadas dentro del desarrollo turístico.

Hidrografía

Este municipio cuenta con los ríos Magdalena y Cruz, que conforman el río Huatulco.

Principales Ecosistemas

Su ecosistema es del tipo selva baja caducifolia o llamada también como selva seca, ya que cuenta con vegetación caducifolia en general.

Flora

Árboles: Guanacastle, caoba, cedro, macuil, marañón, cuapinol, pochote, quebreache, zapote negro, tepescahue, Juan Diego, copal, ceiba, cimarrón, mulato, cacahuanane, hormiguero, soyamiche, pino, ocotillo, granadillo, corta agua, palo de arco, tatanil, anona y bailadora.

Fauna

Aves: gaviotas, pelícanos, garzas, halcones, gavilanes.
Animales: ardilla, tlacuache, zorrillo, mapache, coatí, cacomixtle, armadillo, ocelote y venado cola blanca.

Recursos Naturales

Los recursos naturales con los que cuenta son: forestal, agua, suelo, mineral (cal).

Población

De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el INEGI, la población total del municipio es de 28,327.

La población total del municipio representa el 0.82 por ciento, con relación a la población total del estado.^{III.1}

^{III.1} Datos proporcionados por el H. Ayuntamiento de Santa María Huatulco, Oaxaca, México 2003.

III.1.1 Infraestructura social y de comunicaciones

Salud

Existe el Hospital General del IMSS en Bahía de Santa Cruz Huatulco, clínicas IMSS-Solidaridad (Unidad Médica Rural) en Bajos de Coyula y San José Cuajinicuil, clínicas S.S.A (centros de salud) en Santa María Huatulco y Bahía de Santa Cruz Huatulco. Otras instituciones que proporcionan servicios de salud son: el Hospital Naval, la Cruz Roja Mexicana, los 2 ubicados en la Bahía de Santa Cruz Huatulco.

Abasto

Cuenta con centros de abasto comunitario, localizándose en las comunidades siguientes: Herradura, Santa María Huatulco, Paso Ancho, Cuapinolito, Barrio Nuevo, Pueblo Viejo, Hacienda Vieja, Xuchilt, La crucecita, Cuajinicuil, Todos Santos, Sector U2, Copalita. Además de otros centros de abastos particulares.

Vivienda

De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, el municipio cuenta al año 2000 con 2,071 viviendas.

Servicios Públicos

El porcentaje aproximado de los servicios públicos proporcionados en este municipio es de 90%; 75% en agua potable, 75% en alumbrado público, 95% en drenaje urbano, 15 % en recolección de basura y limpieza de las vías públicas.

Medios de Comunicación

El municipio cuenta con los siguientes servicios: teléfono, radio, prensa escrita y telégrafo. El Servicio telefónico se localiza en las comunidades de:

Bajos de Coyula
Paso Ancho
Arroyo Xuchilt
Pueblo Viejo
Copalita
Fraccionamiento. El Zapote
Todos Santos
Fraccionamiento. El Crucero
Piedra de Moros
San José Cuajinicuil

Vías de Comunicación

El municipio cuenta con camino pavimentado, revestido, brecha. Con respecto a carreteras la mayoría de las localidades cuentan con éste servicio, siendo en su mayoría de terracería.

III.1.2 Actividad Económica

Principales sectores, productos y servicios

Agricultura

Una de las actividades más importantes en este municipio es el cultivo del café, esta actividad se desarrolla en un 30%.

Ganadería

Esta actividad se desarrolla en un 10%.

Turística

La más importante y sobresaliente es la actividad turística, ya que de ella depende la mayoría de la población empleada y dedicada al comercio, esta actividad se desarrolla en un 40%.

Pesquera

Esta actividad se desarrolla en un 20%.^{III.2}

Población económicamente activa por sector.

De acuerdo con cifras al año 2000 presentadas por el INEGI, la población económicamente activa del municipio asciende a 10,170 personas, de las cuales 10,110 se encuentran ocupadas y se presenta de la siguiente manera:

sector primario

(Agricultura, ganadería, caza y pesca)

16%

sector secundario

(Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)

17%

sector terciario

(Comercio, turismo y servicios)

65%

otros

3%

^{III.2} Datos proporcionados por el H. Ayuntamiento de Santa María Huatulco, Oaxaca, México. 2003

III.1.3 Zona Turística

Actualmente, la actividad turística se concentra en tres áreas: Santa Cruz, La crucecita y Tangolunda. El desarrollo turístico emprendido y que actualmente administra el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), se conforma por nueve bahías; (Santa Cruz, Chahue, Tangolunda, Conejos, Chacahual, Cacaluta, San Agustín, El Órgano, y Maguey), y 36 playas, además de reservas ecológicas donde se anida la más variada de aves y reptiles.

El origen de este complejo turístico, fue por expropiación a ejidatarios del lugar, en el cual estas tierras eran improductivas debido al relieve y la inaccesibilidad del lugar.

El 70% de su extensión es una reserva ecológica y Parque Nacional. Basados en un plan maestro, se construyeron amplias avenidas con miradores, plantas de tratamiento de aguas residuales, parques públicos, marinas, reservas ecológicas, un Aeropuerto Internacional y un campo de golf de 18 hoyos.

La adición más reciente a la infraestructura turística es el muelle de cruceros con capacidad para recibir barcos de hasta 80,000 toneladas.

El uso actualmente está enfocado de Gran turismo, donde FONATUR selecciona, a los compradores a mejor postor los predios del complejo turístico, que actualmente se encuentra a un 20% de desarrollo.

Bahías de Huatulco: cuenta con un promedio de 2,420 cuartos en hoteles^{III.3}, con clasificación de gran turismo, además de bancos, restaurantes de playa, discotecas, y un parque con servicio de café al aire libre.

La Crucecita: es el centro donde se ubican muchos de los servicios al turista y a la población en general: la plaza principal está rodeada por restaurantes, boutiques, y tiendas de artesanías, donde se puede realizar un entretenido recorrido durante el día.

Tangolunda: es el lugar donde se localiza la zona hotelera de 5 estrellas y gran turismo, 2 centros comerciales y el campo de golf con 18 hoyos.

^{III.3} Dato proporcionado por la Administración de FONATUR en Huatulco, Oaxaca, México. 2003

III.1.4 Organización y estructura de la administración pública municipal

Su organización y estructura administrativa está encabezada por el Presidente Municipal. Se integran de manera inmediata el Síndico Municipal quien se encarga de los asuntos jurídicos y de fiscalización del H. Ayuntamiento, y de quien dependen 2 comandancias de policía, una localizada en la cabecera municipal, y la otra en la agencia municipal de Santa Cruz Huatulco; de manera inmediata se encuentra el Secretario Municipal dependiendo de manera directa su creación por el estatuto del DIF Municipal; y también se encuentra el Tesorero Municipal.

Posteriormente se encuentran 10 regidurías donde algunas de ellas cuentan con directores y personal subordinado quienes ejecutan los actos administrativos y que se señalan a continuación:

Regiduría de Hacienda: cuenta con una dirección, una tesorería y un auxiliar de la tesorería y se encarga de administrar los recursos económicos con que cuenta el municipio.

Regiduría de salud y deportes: como su nombre lo indica está a cargo de los asuntos relacionados con la salud pública de sus habitantes, fomentando la creación de centros de Salud o clínicas y también centros de recreación deportiva.

Regiduría de desarrollo social y económico: cuenta con un director y es quien fomenta los programas de carácter social, además de los asuntos relacionados con las actividades económicas desarrolladas en éste municipio.

Regiduría de desarrollo urbano, obras y servicios públicos: cuenta con una Dirección y dos Subdirecciones, además de una cantidad considerable de personal subordinado a su servicio. Y se encarga de los proyectos y asuntos relacionados con los servicios públicos que se le proporcionan al municipio.

Regiduría de Turismo: se apoya a través de una coordinación y es quien se encarga de vigilar la administrar de FONATUR la cual aún no entrega al municipio la administración del complejo turístico, la actividad más importante.

Regiduría de Comercio y Espectáculos: Se encarga de los asuntos indicados en su denominación.

Regiduría de educación y cultura: dentro de ésta regiduría se crea y se administra la casa de la cultura y abarca todos los asuntos relacionados con actos culturales y servicios de educación.

Regiduría de ecología: se encarga del control de los asuntos relacionados con los recursos naturales de éste municipio.

Autoridades auxiliares

Agentes Municipales y Representantes Municipales en las Comunidades, Barrios y Colonias.

Denominación

Las autoridades auxiliares con que cuenta éste municipio son los agentes municipales y se localizan en 6 agencias municipales que son: Bahía de Santa Cruz Huatulco, Arroyo Xuchilt, Bajos de Coyula, Bajos del Arenal, San José Cuajinicuil, San José Alemania.^{III.4}

Destacando por su desarrollo turístico la agencia municipal de Santa Cruz Huatulco, que es jurídicamente la única que reúne los requisitos de población para su denominación, gracias a la administración de FONATUR

Regionalización política

El municipio pertenece al décimo distrito electoral federal con sede en Miahuatlán de Porfirio Díaz, y al décimoseptimo distrito electoral local, con sede en Pochutla.

Reglamentación Municipal

Son ocho los reglamentos con que se rige el municipio y son:

Ley Orgánica Municipal

Bando de Policía y buen Gobierno

Reglamento para el ejercicio del comercio en las áreas y vías públicas

Ley de Hacienda Municipal

Código Fiscal Municipal

Reglamento de Equilibrio Ecológico

Ley de Ingresos

Reglamento para el Funcionamiento de Establecimientos Comerciales, Industriales y de Servicios en el Municipio de Santa María Huatulco.

^{III.4} Datos proporcionados por el H. Ayuntamiento de Santa María Huatulco, Oaxaca, México. 2003

III.1.5 Descripción del sitio propuesto a la planta de generación

Primera opción: se encuentra en la zona denominada Conejos al Este de la subestación eléctrica del mismo nombre a aproximadamente 3 Km donde actualmente se encuentra en estado virgen con vegetación del lugar y suelo erosionado donde predomina roca con gran contenido de sales.

Este lugar se encuentra bajo la jurisdicción de FONATUR, en la que existe un proyecto de ampliación de una subestación eléctrica de CFE.

La segunda opción: se encuentra en la bahía de Conejos, islote localizado frente al sitio denominado conejos la cual se encuentra en proceso de venta según FONATUR, la cual se encuentra en estado virgen aún no explotada y aproximadamente a 2 Km de la playa.

Con una altura máxima aproximada de 110m sobre el nivel medio del mar, donde los vientos que predominan son originados por el movimiento de las corrientes marinas.

Ambas propuestas requieren de un estudio minucioso de vientos y velocidades, pero al estar en un lugar costero, potencialmente eólico y de gran captación de radiación solar, cuenta con grandes posibilidades de desarrollo.

“Existen actualmente estaciones anemométricas de empresas particulares en puntos del municipio de Huatulco en el cual se encuentran en proceso de investigación.

Empresas extranjeras que estudian la posibilidad de invertir en proyectos llamados Ecoturísticos de Gran turismo.”^{III.5}

Finalmente una tercera opción, fuera de la zona turística y del municipio de Huatulco, propuesta posiblemente viable que se encuentra en el municipio El Morro Mazatán una planicie de aprox. 30m. sobre el nivel medio del mar, considerable donde a 20 Km de la playa se encuentra cultivos de moluscos, camarón, y ostión.

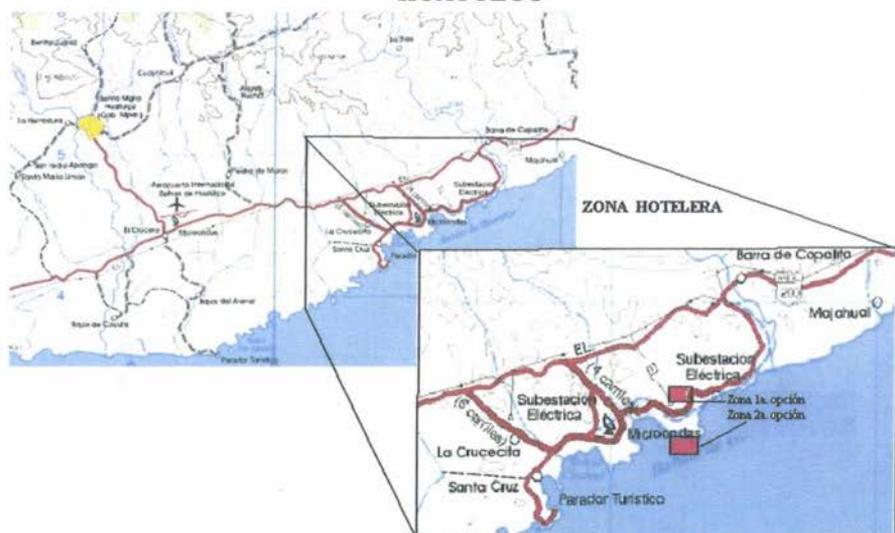
Introduciendo costa adentro se encuentran tierras, las cuales son explotadas, con cultivos de maíz, frijol, sorgo, y pastizales para el ganado.

Esta última propuesta se encuentra a 220 Km de la carretera Huatulco - Salina Cruz al Este de la zona hotelera y a 3Km de las líneas de transmisión que abastecen a la zona en estudio.

Este proyecto podrá abastecer el poblado de, el Morro Mazatán así como próximos poblados pequeños.

^{III.5} Datos proporcionados por la empresa Fuerza eólica S.A

MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LA PROPUESTA EN LA ZONA HOTELERA DE HUATULCO



Mapa de localización de las propuestas 1 y 2 de la planta generadora en la zona de Huatulco, Oaxaca. III.6

MAPA DE LOCALIZACIÓN OPCIÓN EN MUNICIPIO MORRO MAZATÁN



Mapa de localización de la 3ª opción de la planta generadora en el Morro Mazatán, Oaxaca. III.7

III.6 Mapa tomado de Carta topográfica digital escala 1: 250000, Serie II, Disco 4. Archivo d1403. De Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2000)

III.7 Mapa tomado de Carta topográfica digital escala 1: 250000, Serie II, Disco 4. Archivo e1510. De Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2000)

III.2 INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA ACTUAL.

Dentro de CFE se le conoce como la zona DK-110 Huatulco, cuenta con dos Subestaciones divididas en:

Sub-distribución de energía: que reenvía hacia la sub-estación de la Zona de Puerto Escondido.

Donde con un máximo de 3 Km de distancia entre torres de transmisión y un tendido de 200 Km entre subestaciones.

Poblaciones Urbanas: que se encarga de abastecer la zona hotelera, las poblaciones aledañas y cabecera municipal.

La subestación Huatulco abastece a las poblaciones de Santa María Huatulco, Benito Juárez y San Miguel del Puerto.

La Subestación Conejos abastece a Santa Cruz Huatulco, Copalita, el Coyul, Río Seco y Huamelul.

SUBESTACIÓN ESTE "CONEJOS".



Herrajes de la subestación "Conejos"

SUBESTACIÓN OESTE “SANTA CRUZ”.



Herrajes y transformadores de la subestación Santa Cruz.

Cada subestación capta hasta 110 Mw. , La mayor parte de la energía es generada de la central de carga de Juchitán, Oaxaca, energía que proviene del sur de la República Mexicana por las presas hidroeléctricas existentes en el estado de Chiapas.

“La primer subestación construida Huatulco a principios de 1980 con una vida útil aproximada de 20 años en obra civil y en el equipo eléctrico básico, intercambiable a diferentes tiempos según su estado.

Actualmente los transformadores se le dan mantenimiento correctivo y se encuentran en buen estado, se calcula una vida útil más de 30 años con su mantenimiento correctivo.

Esta subestación se considera por los equipos que presenta actualmente como convencional y es operada por 6 personas por turno.”^{iii. 8}

La segunda subestación Conejos, construida en 1998, cuenta con un estado excelente y su mantenimiento es básico debido a que es nuevo, sus controles son modernos considerándola una subestación automática, operada por 2 personas por turno.

Las fallas más frecuentes son: derribo de postes de energía, por accidentes viales, crecimiento de ramas de los árboles, dañando las líneas de transmisión, regularmente es en baja tensión. Cortos circuitos generados por las aves al picotear las líneas y por usuarios irresponsables al hurtar la energía o alterar los medidores eléctricos.

^{iii. 8} Datos proporcionados por la Jefatura de distribución Huatulco, Ing. Francisco Cleris Soriano. CFE División sureste. Agosto 2003.

DIVISIÓN SURESTE-ZONA HUATULCO

DATOS BÁSICOS DE SERVICIO EN CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN 13.8 Y 34.5 KV.

REL	SUBESTACIÓN	CLAVE DEL CIRCUITO	NOMBRE DEL CIRCUITO	NUMERO DE USUARIOS	DEMANDA MWS			PRINCIPALES POBLACIONES	PRINCIPALES USUARIOS	TOTAL DE KILÓMETROS DE LÍNEAS		
					MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA			ALTA TENSIÓN		BAJA TENSIÓN
										TRONCAL	RAMAL	
4	HUATULCO	HCO 4010	AEROPUERTO	4966	0.4	0.5	1.62	STA. MARÍA HCO. BENITO JUAREZ SANTA M DEL PUERTO	AEROPUERTO GASOLINERIA STA.M. AGENCIAS MPLES	12	193.104	42.6
		HCO 4020	SANTA CRUZ	2232	0.9	1.12	2.03	STA. CRUZ HCO	CENTRO SACTOR A SECTOR H. HOTELES STA CRUZ	4.3	1.5	7.34
		HCO 4030	BOULEVARD	311	0.5	0.7	0.85	STA. CRUZ HCO	GAS, SER. BAHIAS, CRUZ ROJA, IMSS FONATUR, CFE, TELMEX	4.84	2.3	1.5
		HCO 4040	CAMPO DE GOLF	4160	1	1.4	1.9	STA. CRUZ HCO.	SECTOR U, CARCAMOS, AGUAS NEGRAS, TELMEX	17	2.4	10.638
5	CONEJOS	CNJ 4015	HOTELERO 21	21	0.5	0.85	2.5	STA. CRUZ HUATULCO	HOTED MED, BARCELO, CAMINO REAL, CROW PASIFIC	5.2	3.093	2.937
		CNJ 4025	COPALITA	2182	0.55	0.8	0.991	COPALITA, EL COYUL, RIO SECO, HUAMELUL	CARCAMOS DE AGUA POT. AYUNTAMIENTOS, CARCAMOS REBOMBEO	16.1	87.523	105.617
		CNJ 4035	PLAZA TAMARINDOS	2	0.35	0.5	0.37	STA. CRUZ HCO.	PLAZA TAMARINDOS	7.205	0.5	
		CNJ 4045	HOTEL GALA	1	0.41	0.7	0.99	STA. CRUZ HCO.	HOTEL GALA	7.205		
TOTALES				138.75			11.231			73.85	290.42	170.632

Tabla proporcionada por CFE del departamento de distribución de Huatulco.

DATOS BÁSICOS DE LAS SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN DE LA DIVISIÓN SURESTE C.F.E

ÁREA: HUATULCO

MES: JULIO

AÑO: 2003

NOMBRE DE LA SUBESTACIÓN	VOLTAJE DE OPERACIÓN	CAPACIDAD INSTALADA EN MW	DEMANDA MÁXIMA S.E MW	N. DE USUA. QUE ALIMENTA	N. DE POBLAC. QUE ALIMENTA	AREA QUE LO ATIENDE	N. DE CTOS. QUE ALIMENTA	CAPACIDAD INTERR. O FUSIBLE A.T.	OTROS
HUATULCO	115/13.8	12/16/20	6,500	11669	36	HUATULCO	4	4800	T1
CONEJOS	115/13.8	18/24/30	4700	2206	21	HUATULCO	4	4800	T1
TOTAL			11.2	13875	57		8		

NOTA: LA DEMANDA MÁXIMA DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA ES LA DEMANDA DE POTENCIA, ES LA DEMANDA MÁXIMA QUE REPRESENTA CADA TRANSFORMADOR EN UN DÍA DETERMINADO

Tabla proporcionada por CFE del departamento de distribución de Huatulco

III.3 SELECCIÓN DEL SISTEMA HÍBRIDO

Una vez analizado la generación de energía por medio de fotoceldas y sistema eólico, se observa que el más viable por las características del lugar, así como por las necesidades que se requiere en la zona para su explotación.

Como se observó con referente a costos, la opción más indicada es la generación de energía por medio de aerogeneradores ya que actualmente es ésta la que se está aprovechando con éxito en la zona de Istmo, una zona potencialmente viable para su aprovechamiento y la zona hotelera de Huatulco se encuentra dentro de la zona de influencia.

Donde necesariamente se requiere de un estudio de corrientes de viento dominantes de intensidad y de impacto ambiental en el lugar propuesto. Es de observarse que conforme pasan los años, la necesidad de la autogeneración será necesaria, conforme las tarifas se incrementen la industria hotelera optará por opciones viales y esta propuesta cumple con las expectativas.

Actualmente se podría calentar agua por medio de calentadores solares para los cuartos de hotel, generar electricidad por medio de fotoceldas para luminarias en las islas que se encuentran frente a las bahías, así como pensar en la potabilización de agua de mar para consumo humano que actualmente se realiza a pequeña escala por medio de celdas solares, ya que uno de los problemas principales es la obtención de agua para la zona.

La opción por medio de aerogeneradores además de ser más económica a largo plazo y donde no existen costos por combustibles requiere de dimensiones pequeñas a comparación de las fotoceldas donde si requiere de grandes extensiones y zonas despejadas de obstáculos que puedan ocasionar sombras esto es sin el deforestamiento de la zona.

Otra propuesta para la misma zona en de construir un parque eólico mar adentro cerca del litoral, por medio de la construcción de bases de concreto (plataforma), está opción ya es ejecutada en otros países, conocida como offshore.

Si se optara por la opción de un sistema híbrido (por los dos sistemas) podría necesitarse más extensión territorial para el proyecto y cubrir necesidades requeridas, donde FONATUR trata de vender al máximo y mejor postor dichos predios.

III.4 DEMANDA SOLICITADA, ANÁLISIS DE DEMANDA Y COSTOS A FUTURO, AL AÑO 2015.

III.4.1 Demanda actual de energía eléctrica de la zona hotelera de Huatulco.

Actualmente se encuentran operando a un 20% de su capacidad, con el equipo que actualmente se cuenta debido a que se calcula un crecimiento en la demanda de energía eléctrica de un 5 a 7 % anual se calcula que esta será satisfecha en un periodo máximo de 25 años, a año 2028 cuando se prevé que pudiera ser superada.

Por lo que se contempla con construir 2 subestaciones eléctricas más y conectarlas simultáneamente cerrando los circuitos, así si una falla, la demanda quedará satisfecha inmediatamente.

La demanda de energía eléctrica está contemplada dentro del 7% anual, siendo está considerada por la CFE de un 4% anual para la zona hotelera.^{III.9}

El costo aproximado de una subestación eléctrica es de 24 millones en herrajes, 13 millones en transmisión, 13 millones en transformador, más el costo de la ingeniería civil, instalaciones, equipo de mantenimiento básico y el terreno.

Que en suma da un aproximado de 360,000,000 millones de pesos.

Esto es por las dos líneas de alimentación de 115Mw, ya que cada línea tiene un costo de \$1,500,000 por Km compartidas por las dos subestaciones y 200 Km de líneas tendidas, entre subestaciones regionales.

DEMANDA CALCULADA PARA LA ZONA HOTELERA DE HUATULCO, OAXACA. PRONOSTICADA AL AÑO 2028.

AÑO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Demanda	11,251	12,039	12,882	13,783	14,748	15,780	16,884	18,066	19,330	20,683
AÑO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Demanda	22,131	23,680	25,337	24,970	25,588	26,718	27,379	29,296	31,346	33,540
AÑO	2023	2024	2025	2026	2027	2028				
Demanda	35,888	38,400	41,088	43,964	47,042	50,335				

La demanda esta proporcionada en Megawatts.

Por lo que puede observarse en las tablas anteriores, la demanda solicitada al año 2015 estará al 50 % de la capacidad instalada actualmente que será aproximadamente de 25,337 MW. Esta será superada en el año 2028 con una demanda de 50,335 MW.

Entre el año 2022 y 2024 estas subestaciones podrán encontrarse en problemas de fallas en el suministro de energía eléctrica.

^{III.9} Datos proporcionados por La superintendencia de construcción de CFE en Huatulco, Oaxaca México. Agosto 2003.

III.4.2 Energía eléctrica requerida

A partir de 1992, la CFE comenzó a elaborar modelos econométricos sectoriales para obtener el pronóstico de demanda global en el país.

El pronóstico de energía requerida es la suma de las demandas de cada sector y las pérdidas de distribución.

Demanda esperada por sectores

Se identificaron tres sectores, El sector residencial, comercial y de servicios ha tenido un crecimiento medio anual del orden del 5.2% en su demanda en el período 1988-1998, y de acuerdo con proyecciones de la CFE, se espera que este crecimiento disminuya a una tasa media anual del 4.3% para el período 1998-2007; las estimaciones de crecimiento para el período 2008-2025 son: del orden del 4%; en un periodo al año 2015, un crecimiento del 3%; y en uno bajo del 2.8%.

“En el rubro del sector industrial, el crecimiento medio anual que se tuvo entre 1988-1998 fue del 6.1% y la CFE estima que dicho crecimiento será del 6.7% para el período comprendido entre 1998-2007; se estima que a partir del 2008 hasta el 2025 la tasa de crecimiento media anual será, en su escenario alto, del orden del 5.5%; al año 2015 del 5% al del 4.5%.”^{III. 10}

“En el sector agrícola, el crecimiento medio anual registrado entre 1988 a 1998 fue del 1.6% y la CFE pronostica que el crecimiento para el período 1998-2007 será del 0.8%; los pronósticos para el período comprendido entre el 2008 y el 2025 son: del orden de, un 0.5% de crecimiento medio anual; y para el año 2015, un crecimiento medio anual del 0.4%.”^{III. 11}

Con descrito anteriormente, se estima que la energía bruta requerida será, para el 2007 del orden de los 275,842 GWh, y para el año 2015, de 452,233 GWh, es decir casi 2 veces más que lo que se requirió en 1997. Lo que significa que, se tendrá que triplicar la capacidad de generación en un período de 25 años para poder atender la demanda al final de ese período sin problema alguno.

^{III. 10} Datos tomados de:

Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F.,: 1999) p. 87.

^{III. 11} Datos tomados de:

Secretaría de Energía, *Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, (México, D.F.,: 1999) p. 89.

**REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA NACIONAL POR SECTORES
(GWh)**

															TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL			
	1988	1997	1998	2000	2007	2010	2015	2020	2025	1988-1997	1998-2007	2008-2025	1998-2025					
RESIDENCIAL, COMERCIAL Y DE SERVICIOS	28627	44624	47659	53482	69675	78375	95355	116014	141149	5.2	4.3	4.0						
INDUSTRIAL	46893	77981	84439	94631	151808	178259	232978	304493	397960	6.1	6.7	5.5						
BOMBEO AGRÍCOLA	6409	7649	7481	7422	8023	8144	8350	8560	8777	1.6	0.8	0.5						
SUBTOTAL EXPORTACIÓN	81929	130254	139579	155535	229506	264778	336682	429067	547885	5.5	5.7	5.0	5.2					
	1996	344	281	281	281	281	281	281	281									
TOTAL PERDIDAS DISTRIBUCIÓN Y OTROS	83925	130598	139860	155816	229787	265059	336963	429348	548166	5.2	5.7	5.0	5.2					
	16807	24320	25998	27636	35221	39619	48202	58646	71351									
ENERGÍA NETA	100732	155138	166000	183859	265008	306314	387156	490415	622463	5.1	5.3	4.9	5.0					
USOS PROPIOS	5606	8466	8854	9247	10834	12187	14827	18039	21948									
ENERGÍA BRUTA	106338	163384	174712	192699	275842	316865	399993	506033	641465	5.1	5.2	4.8	4.9					

Tabla tomada: CFE Desarrollo del mercado eléctrico 1993 - 2025

III.4.3 Crecimiento de la capacidad por tipo de planta.

Para cubrir la demanda futura de energía eléctrica la CFE cuenta con un programa de construcción de plantas que se plantea tomando en cuenta que el costo total de inversión, operación y de déficit de suministro sea el mínimo.

Dadas las oportunidades de inversión, que existen para que la iniciativa privada participe en la generación, sobre todo para cogeneración y autoabastecimiento, el mencionado programa de construcción de plantas de la CFE se irá ajustando en la medida en que la iniciativa privada tenga una mayor participación.

Esto será siempre y cuando existan las garantías y una buena reforma eléctrica, donde existan candados que no violen las autoridades correspondientes y la soberanía del país.

Los proyectos de generación y transmisión de energía eléctrica tienen períodos largos de ejecución. Para que una nueva central de generación se encuentre en condiciones de iniciar su operación comercial, se requiere un período previo, de cuatro a siete años, en el cual se realizan las actividades de estudios de sitio, permisos ambientales, autorizaciones, diseño, licitación y construcción del proyecto. Debido a lo anterior, es necesario planificar la expansión del sistema eléctrico a largo plazo.

El margen de reserva es resultado de un análisis costo - beneficio de las adiciones de capacidad, tomando en cuenta el costo para la economía del posible déficit de suministro. El sistema Baja California Sur se planifica como región independiente, ya que su interconexión con el resto de la red nacional no es económicamente factible.

PROYECTOS EN PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y COMPROMETIDOS

PROYECTO	TIPO	FECHA DEL CONCURSO	CAPACIDAD REQUERIDA EN SITIO (MW)				
			1998	1999	2000	2001	2002
PROYECTOS EN PROCESO DE CONSTRUCCIÓN							
MÉRIDA III 1 Y 2	CC	1992	521.7				
	CC	1996			499.0		
PROYECTOS CON LICITACIONES EN CONCURSO							
CERRO PRIETO IV	GEO	1996			100.0		
ROSARITO 8 Y 9	CC	1996			550.0		
CHIHUAHUA	CC	1996			417.8		
MONTERREY II	CC	1996			489.9		
TRES VIRGENES	GOE	1997				10.0	
SAN CARLOS (EL CAJETE)	CITD	1997			37.5		
GUERRERO NEGRO 3U'S	CITD	1997		9.0			
BAJO (EL SAUZ)	CC	1998				450.0	
HERMOSILLO	CC	1998				225.0	
TUXPAN UU	CC	1998				300.0	150.0
MONTERREY	CC	1998				300.0	150.0
ALTAMIRA II	CC	1998				300.0	150.0
NACO-NOGALES	CC	1998					225.0
ROSARITO 10 Y 11	CC	1998				300.0	150.0
VILLAHERMOSA	CC	1998					225.0
RIO BRAVO II	CC	1998				450.0	
SALTILLO	CC	1998				225.0	
PLAN DE ACCIÓN INMEDIATÁ							
ROSARITO 7	TG	1997	164.7				
HERMOSILLO	TG	1997	141.7				
RIO BRAVO II	TG	1997	154.2				
HUINALA	TG	1997	141.0				
EL SAUZ	TG	1997	122.8				
TOTAL			1246.1	9.0	2094.2	2560.0	1050.0
TOTAL EN EL SISTEMA							6959.3

CC: Ciclo combinado TG: Turbo Gas GEO: Geotérmica

Tabla tomada y modificada de: Prospectiva del Sector Eléctrico 1998-2007

En la estimación de los requerimientos de capacidad del sistema eléctrico nacional intervienen las siguientes variables: la energía necesaria y demanda de capacidad; la capacidad existente; la capacidad comprometida; el incremento de capacidad que entrará en operación a lo largo del período, provenientes de fuentes de generación en proceso de construcción, licitación o ya contratadas, así como de compras firmes de capacidad, incluyendo importaciones, las adiciones de capacidad por rehabilitación; las adiciones de capacidad por modernización; la capacidad retirada y la capacidad adicional.

La evolución que tenga el sistema eléctrico en los años futuros dependerá de diversos factores: crecimiento de la demanda, precios y disponibilidad de los combustibles, normas ambientales y cambios, entre otros.

Tomando en cuenta todos estos elementos la CFE determina el programa de expansión del sistema de generación, el cual se va adaptando y ajustando periódicamente.

De acuerdo con lo anterior, se espera que la capacidad instalada que se tendría entre 1998 y el año 2007, con base en el programa de CFE, que no incluye las instalaciones que aprovechen el potencial de cogeneración ni las que se construyan para autoabastecimiento, pequeña producción o exportación, se ubicará en 21,743 MW, de los cuales el 80% serían a partir de gas.

III.4.4 Opción de expansión de la capacidad de generación en el período 2008-2015.

Otros medios de generación. Desde el punto de vista de costo, para su utilización comercial, estos medios están encabezados por las **centrales eólicas** y por las **celdas de combustible**, quedando en segundo término **las plantas solares** y más lejos aún las maremotrices y las basadas en biomasa.

Con los precios actuales del gas natural, las centrales eólicas resultarán competitivas cuando sus costos de inversión por kilowatt instalado estén alrededor de los 1000 dólares y podrían operarse para generar energía no firme.

Por su parte, el desarrollo tecnológico de las centrales solares en cualquiera de sus modalidades, no permite prever en los próximos 25 años, costos de inversión por kilowatt instalado menores de 2,000 dólares.

Debido a que los escenarios de disponibilidad y de precios de los combustibles y a que la tecnología de ciclo combinado seguirá mejorando en todos sus atributos, será ésta la que seguirá prevaleciendo en el futuro como la de menor costo de generación, siempre y cuando, por alguna razón impredecible actualmente, el precio del gas no suba por arriba de los cuatro dólares por millón de BTU. Si esta última posible situación se presentara, es conveniente pensar en varias opciones.

Conforme al comportamiento del mercado, el incremento de los combustibles se está dando paulatinamente por arriba de lo esperado, esto debido los diversos conflictos de principio de la década, como consecuencia incremento de demanda y precios en combustibles, es por ello que debe tomar las medidas necesarias para generar energía eléctrica limpia con recursos renovables que a largo plazo resultarán más competitivos que los actuales.

Por lo que es necesario hacer estudios de impacto ambiental, diseños y costos más complejos para llegar a un costo real accesible.

**ESCENARIO MEDIO DE LA EVOLUCIÓN DEL PRECIO EXTERNO DE
REFERENCIA DE LOS COMBUSTIBLES**

(EN DÓLARES)

Año	Combustible o (barril)	Gas (1000 ft3)	Diesel (barril)	Carbón Naciona l	Tonelada Importado 0.7% Azufre	Métrica 0.2% Azufre	Uranio enriquecido (g)
2000	27.61	4.17	36.99	24.27	29.67	26.35	2.15
2001	23.35	4.52	32.02	24.14	28.92	25.68	2.16
2002	22.54	3.50	31.08	23.60	28.41	25.23	2.17
2003	21.74	3.52	30.15	23.30	28.07	24.93	2.18
2004	20.93	3.54	29.21	22.99	27.74	24.63	2.19
2005	20.15	3.57	28.27	22.70	27.40	24.33	2.20
2006	20.32	3.52	28.51	22.55	27.20	24.16	2.21
2007	20.49	3.47	28.75	22.40	27.00	23.98	2.22
2008	20.65	3.41	28.98	22.26	26.80	23.80	2.24
2009	20.82	3.36	29.22	22.11	26.60	23.62	2.25
2010	20.99	3.31	29.46	21.97	26.40	23.44	2.26
2011	21.37	3.32	29.97	21.97	26.19	23.26	2.27
2012	21.76	3.33	30.49	21.97	25.99	23.08	2.28
2013	22.14	3.33	31.00	21.97	25.79	22.91	2.29
2014	22.53	3.34	31.52	21.97	25.59	22.73	2.30
2015	22.91	3.35	32.03	21.97	25.39	22.55	2.31
2016	23.19	3.37	32.39	21.82	25.19	22.37	2.32
2017	23.47	3.38	32.76	21.68	24.99	22.19	2.34
2018	23.76	3.40	33.12	21.54	24.78	22.01	2.35
2019	24.04	3.41	33.49	21.39	24.58	21.83	2.36
2020	24.32	3.43	33.85	21.25	24.38	21.66	2.37
2021	24.60	3.45	34.21	21.11	24.18	21.48	2.38
2022	24.88	3.46	34.58	20.96	23.97	21.30	2.39
2023	25.17	3.48	34.94	20.82	23.77	21.12	2.40
2024	25.45	3.49	35.31	20.68	23.57	20.94	2.41
2025	25.73	3.51	35.67	20.54	23.36	20.76	2.42
2026	26.01	3.53	36.03	20.39	23.16	20.58	2.43
2027	26.29	3.54	36.40	20.25	22.96	20.41	2.44
2028	26.58	3.56	36.76	20.11	22.76	20.23	2.45
2029	26.86	3.57	37.13	19.96	22.55	20.05	2.46
Nivelad o	22.64	3.61	31.40	22.64	27.01	23.98	2.24

Los precios corresponden al escenario de combustibles de enero de 2000, Gerencia de Estudios Económicos.

Nivelado a 30 años.

III.5 BENEFICIOS

Independientemente del estado actual de producción de energía en el país, existen regiones como son las del sureste, como Oaxaca y Chiapas donde la demanda de energía queda satisfecha hasta el momento aún en regiones remotas, según CFE.

Pero en zonas densamente pobladas como la Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey y las zonas fronterizas, donde la demanda de energía se ha incrementado y como resultado las fallas en el suministro de la energía.

Dan como resultado el interés de la iniciativa privada del autoabastecimiento en algunas de las ciudades mencionadas, por diversas razones debería legislarse una Reforma eléctrica más flexible para su desarrollo óptimo, estableciendo candados a empresas extranjeras que deseen invertir en nuestro país ya que existe el interés de hacerlo.

Para nuestra zona de estudio, la infraestructura existente y el crecimiento de la infraestructura hotelera no será rebasada hasta el año 2018, y se contempla el crecimiento en las subestaciones actuales y la creación de dos subestaciones más antes de ser rebasados por la demanda.

III.5.1 Beneficios por opción de generación por medio de fotoceldas.

En la propuesta de la zona de estudio, se refleja considerablemente la inversión comparada con el costo que actualmente tiene la energía suministrada por métodos convencionales, debido a que el recurso se tiene directamente.

Si no se contara con ello sería una opción viable a corto plazo, debido a que la instalación se realiza en un corto tiempo, y para que este costo fuera mínimo se optaría por formar una cooperativa para el desarrollo del proyecto y realizar las instalaciones necesarias para el suministro, siempre y cuando fuera para el desarrollo de la infraestructura hotelera, realizando un estudio minucioso de demanda requerida para que esta no fuera superada y en consecuencia fallas en el suministro.

El resultado que arroja el diseño propuesto es de generación mínima los 24, 7 Mwh generadas en un día, capacidad que puede abastecer la demanda actual de la zona hotelera.

Sin embargo se podría tomar como un proyecto ecológico de energía limpia para el desarrollo de hoteles de ecoturismo de bajo impacto al medio ambiente, ya que actualmente Huatulco se encuentra en pleno desarrollo existiendo actualmente grandes extensiones para llevar acabo dicho proyecto.

III.5.2 Beneficios por opción de generación por medio de aerogeneradores.

Esta propuesta es una de las más viables para su ejecución de dicha propuesta ya que actualmente existen proyectos pilotos ejecutados por CFE y con resultados favorables aún no dados a conocer por tomar el control absoluto de la generación de energía eléctrica.

Se podría generar una cantidad de 45,7 Mwh diarios con 10 aerogeneradores para el autoabastecimiento de toda la zona hotelera de Huatulco, y satisfacer sus necesidades propias. Así como ejecutar proyectos de ecoturismo, que actualmente toma importancia en zonas turísticas como Cancún, Nuevo Vallarta, Huatulco y nuevos complejos turísticos en plan de desarrollo diseñados por FONATUR.

Esta cantidad de generación es considerable y se podría cubrir la demanda actual con 5 aerogeneradores.

III.5.3 Opción de un sistema híbrido.

Debido a que existe la infraestructura eléctrica en óptimas condiciones actualmente, este tipo de sistema resultaría muy caro, sin embargo debe tomarse en cuenta que en avance tecnológico y la demanda de este tipo de equipo en un futuro se pueden mejorar y en consecuencia el abatimiento de costos de los equipos y eficiencia de los mismos.

Para el desarrollo de este tipo de sistemas se requiere un proyecto óptimo así como diseño de la infraestructura eléctrica con un estudio minucioso previo al proyecto, ya que por sus costos actuales podría resultar demasiado alto pero en un futuro cercano este tipo de instalaciones serán de tipo convencional a medida que los combustibles empiecen a encarecer así como la contaminación del planeta sea el caos.

Esto será energía limpia, ya que se dejará de consumir grandes cantidades de combustibles, el costo de la luz solar y el viento no tienen costos y son renovables.

CONCLUSIONES

El análisis realizado en la zona hotelera de Huatulco, Oaxaca, nos indica que en la actualidad se encuentra en una etapa de desarrollo, las instalaciones eléctricas con que cuenta actualmente son óptimas, la demanda que se suministra actualmente se encuentra a un 20 % de su capacidad máxima y esta podrá ser rebasada en aproximadamente 25 años, siempre y cuando el crecimiento de la zona hotelera no rebase el 7% anual.

Las subestaciones cuenta con tres transformadores y con esos equipos se podrá satisfacer la demanda de los próximos 20 años, cuando estos se encuentren a un 75 % de su capacidad total.

Para que estos funcionen de manera óptima se requiere de nuevos sistemas de enfriamiento aditamentos para en transformador lo cual en primera instancia sería lo más viable a corto plazo.

Existe el proyecto de la instalación de dos subestaciones con el propósito de interconectarlas para cerrar un circuito interno en la zona. Esto con el propósito de que si una subestación fallara, esta será respaldada por las otras tres subestaciones instantáneamente evitando posibles fallas en los equipos a los que alimenta.

A medida que se incremente la demanda de energía en la zona, esta reflejará inmediatamente un crecimiento poblacional en la inmediaciones de la zona de estudio.

Como consecuencia la exigencia de urbanización de los lugares estratégicos los cuales a su vez deberán contar con los servicios básicos agua, energía eléctrica, telefonía, centros de abastecimiento, comercio, industria y fuentes de empleo, los cuales mayormente serán proporcionados por la zona hotelera.

El crecimiento planeado por FONATUR ha originado que la zona hotelera sea de alto turismo donde sólo se llega a alojar en sus instalaciones a clientes potencialmente con recursos, estos a su vez generan impuestos para el mantenimiento de la zona.

Lo anteriormente mencionado se toma como una solución viable para poder llevar a cabo un proyecto como el anteriormente analizado ya que este tipo de proyectos son muy costosos

En el desarrollo de la investigación, se encontró que actualmente existen empresas extranjeras y nacionales, interesadas en la inversión de la generación de energía eléctrica.

Una de esas empresas nacionales es la empresa Fuerza Eólica de Istmo, S.A. que preside el Ing. Carlos F. Gottfried Joy, el cual le fue otorgado un permiso para la generación de energía eléctrica por la CRE en 1998, proyecto será ejecutado a finales del año 2004.

Este proyecto contará con una área de 32 hectáreas el cual alojará 60 aerogeneradores de 500Kw cada uno haciendo un total de 30 Mw, con una producción aproximada de 150 GWH. Esta se ubicará en el kilómetro 59 de la carretera federal transísmica 189, población de la ventosa, Municipio de Ixtaltepec, Oaxaca.

Donde CFE, cuenta en la actualidad con una planta piloto de 7 aerogeneradores y esta será ampliada con 30 más en el 2004.

Dado estos resultados e investigaciones realizadas en el lugar del Istmo da origen de su potencial de la zona. En la zona de estudio, cerca de la cabecera municipal a aproximadamente 8 Km al poniente, en la sierra donde existen cafetales, se encuentra una estación anemométrica, la cual es financiada por Fuerza Eólica del Istmo y la Agencia Internacional para el Desarrollo (USAID) de los Estados Unidos, en conjunto con el Gobierno Federal del estado de Oaxaca, la elaboración de mapas eólicos satelitales y que actualmente se encuentran en estudio.

Algunos de estos mapas ya fueron dados a conocer, a raíz de esto empresas extranjeras han puesto interés en toda la zona del Istmo para poder llevar a cabo proyectos de generación, estos siempre y cuando el Gobierno Federal realice una adecuada reforma eléctrica accesible para la generación de particulares.

Por lo tanto ya que la propuesta se encuentra en una zona de litoral, y se cuenta con la infraestructura para su desarrollo, y actualmente se encuentra en crecimiento, llegó a la conclusión que es viable el proyecto.

Sin embargo se deberá realizar los estudios necesarios para poder llevar a cabo un proyecto de grandes magnitudes, por pequeñas que pudieran ser.

Como resultado de la instalación de fotoceldas solares, se requiere para este tipo de equipos, grandes extensiones abiertas y libres de obstáculos a baja altura, lugares que actualmente se pueden contar.

Debido a que este desarrollo turístico es particular, las condiciones de otorgamiento son muy costosas ya que FONATUR las proporciona al mejor postor.

La propuesta podrá ser viable mientras los avances de investigación en energía solar hagan más eficientes los sistemas, se disminuyan los costos directos y de operación que son los más costosos.

Sin embargo se puede operar un sistema híbrido (solar- eólico), realizando un buen proyecto de autogeneración a particulares para desarrollo turísticos ecológicos, donde en países europeos son muy bien vistos.

En México se llevan a cabo los diseños de algunos sitios como Cancún, Nuevo Vallarta, y Baja California.

Al efectuar el análisis de costo beneficio simplificado, cumple con los lineamiento básicos para la aprobación del proyecto desde el punto de vista del Gobierno Federal, pero el proyecto esta enfocado para su ejecución por particulares una vez aprobada la reforma eléctrica de nuestro país. Es de mencionarse que para la ejecución de este tipo de proyectos deberán ser analizadas por gente especializada y realizar los estudios pertinentes para cada proyecto por similar que estas sean.

La otra posible alternativa se encuentra al poniente de Salina Cruz, Oaxaca a 80 Km donde actualmente se encuentran sembradíos de maíz, frijol, sorgo, pastizales, un lugar para una buena propuesta de desarrollo turístico ya que cuenta con zona de litoral y extensas playas actualmente vírgenes. Esta zona se encuentra en el Municipio de, el Morro Mazatán, Oaxaca.

En conclusión:

- análisis de costo beneficio con resultados óptimos,
- existen lugares para la infraestructura,
- proyecto Eólico viable,
- lugar accesible,
- rentabilidad,
- ejecución por particulares,
- satisface actualmente a la zona hotelera,
- de mínimo impacto ambiental,
- generación de energía eléctrica limpia,
- posibilidad de crecimiento de la planta.

UNIDADES FÍSICAS

A	Ampere: Intensidad de corriente eléctrica, es una cantidad fundamental.
Ah	Ampere hora: Intensidad de corriente eléctrica suministrada en una hora (unidad de tiempo).
CA	Corriente Alterna
Cal	Caloría. Unidad de energía calorífica
CC	Corriente Continua
CD	Corriente Directa
dB	Decibeles: unidad de medida acústica.
erg	Ergios. = $1 \text{ g cm}^2 / \text{s}^2 = 10^{-7} \text{ J}$
GW	Gigawatts (1000 Megawatts)
GWh	Gigawatts hora
Hz	Hertz, Unidad de frecuencia S^{-1} (ciclos por unidad de tiempo) = 40 dB
J	Julio $1\text{J} = 2.389 \times 10^{-4} \text{ Kcal}$ $1\text{J} = 2.778 \times 10^{-7} \text{ Kwh}$
Kv	Kilovolts
KvA	Kilovolts hora
Kw	Kilowatts (1000 Watts)
Kwh/m ²	Kilowatts hora/ metro cuadrado
Ly	Langleyes = $1 \text{ cal/cm}^2 \text{ día} = 0.0116 \text{ Kwh/m}^2$
Mw	Megawatio (1000 Kilowatts)
V	Volt: Diferencia de potencial o tensión entre dos puntos de un circuito donde una corriente de 1 A desarrolla una potencia de 1 W.
W	Watt: Trabajo o potencia eléctrico
Ws	Watt por segundo: Potencia por unidad de tiempo

BIBLIOGRAFÍA

APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA EDIFICACIÓN

Ignacio Said Fayad Minaburo
Tesis profesional
Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán
1990 p.112
Naucalpan Estado de México

APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA.

Gerardo Zapata González
Proyecto Terminal
Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco.
México, D.F., 1986.

ATLAS EÓLICO PRELIMINAR DE LA REPÚBLICA MEXICANA.

Oscar Reyes Juárez
Tesis
Universidad Veracruzana
Facultad de Física
Xalapa, Ver. 1987.

BOLETÍN IIE.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS.

Artículo: "El aprovechamiento de la energía eólica y el IIE."

agosto – septiembre de 1980.

Volumen 4, número 8, 4000 ejem.

Temixco, Morelos, . México.

Artículo: "Diseño del rotor del aerogenerador "albatros" de 8.5 MW."

Septiembre – octubre de 1984.

4000 ejem.

Temixco, Morelos,. México.

Artículo: "Sol, viento y generación eléctrica."

Jorge M. Huacuz V.

septiembre-octubre 1995. 4000 ejem.

Temixco, Morelos,. México.

Artículo: "Energías renovables, base para un esquema de generación distribuida."

Jorge M. Huacuz Villamar

julio-agosto 2000. 4000 ejem.

Temixco, Morelos, México.

Artículo: "Energía eólica y celdas fotovoltaicas para electrificación rural: una realidad en Oaxaca."

Juan José Moreno Sada
julio-agosto 2000. 4000 ejem.
Temixco, Morelos, México.

Artículo: "Investigación y desarrollo tecnológico en el tema de la generación eoloelectrónica."

Marco A. Borja Díaz, Raúl González Galarza
julio-agosto 2000. 4000 ejem.
Temixco, Morelos, México.

CONEXIÓN

C.F.E

Artículo: **ENERGÍAS ALTERNATIVAS**

Impresora y editora Metropolitana.
Comunicación Social. Año 1. Num.6 Noviembre 1995. 20000 ejem. p.48
México, D.F.

Artículo: **LA FUERZA DEL SOL Y EL VIENTO SE CONJUGAN CON LA
TECNOLOGÍA.**

Impresora y editora Metropolitana.
Año 4. Num.6 Julio 1998. 30000 ejem. p.48
México, D.F.

COSTOS Y PARÁMETROS DE REFERENCIA PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN EL SECTOR ELÉCTRICO.

C.F.E. (SUBDIRECCIÓN DE PROGRAMACIÓN)

Editado: Taller de imprenta C.F.E.
México, D.F., 2001

ENERGÍA.

ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA Y ELECTRÓNICA ESPAÑOLA.

Artículo: "La energía eólica. Impactos medioambientales."

M.P. Donsión F. Manzanedo
Enero-febrero de 2002. p.p. 119-124
Vigo, España.

ENERGÍA ELÉCTRICA Y MEDIO AMBIENTE.

ENDESA

Carlos Delso Martín
(Boletín) Febrero de 2001.
Madrid, España.

ENERGÍA ELÉCTRICA Y MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO.

Leticia Campos Aragón
Instituto de Investigaciones Económicas
UNAM
Primera Edición 1997
México, D.F.

ENERGÍA RENOVABLE EN EL SIGLO XXI

Jorge Gutiérrez Vera
Sistemas de Energía Internacional, S.A. de C.V.
Talleres de Grafo Print Editores
Segunda Edición 2002
Monterrey, Nuevo León. México.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

José Mompín Poblet
Serie " Mundo electrónico"
Boixareu Editores
Segunda Edición 1985. 250p
Barcelona, España.

ENERGÍA SOLAR FUNDAMENTOS Y APLICACIONES FOTOTÉRMICAS.

José A. Manrique
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey
Editorial Harla S.A.
México, D.F. 1984. 255p

ESTADÍSTICAS DEL SECTOR ELÉCTRICO 2001.

C.F.E. (SUBDIRECCIÓN DE PROGRAMACIÓN)
Editado: Taller de imprenta C.F.E.
Primera edición, 2001 p.43
México, D.F.

EVOLUCIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO EN MÉXICO.

C.F.E. (Comisión Federal de Electricidad)
Editado: Comisión Federal de Electricidad
Trabajo monográfico, edición XL Aniversario.
Primera edición. 1977 p.165
México, D.F.

LAS FUENTES DE ENERGÍA.

C.F.E. (SUBDIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN)
Editado: Taller de imprenta C.F.E.
Primera edición. 2000 p.37
México, D.F.

FUNDAMENTOS Y APROVECHAMIENTO DE LA CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA PROYECTAR UNA CASA HABITACIÓN.

Samuel Chacón Madrigal
(Tesis)
FES - CUAUTITLÁN
Cuautitlán, Estado de México, 1994.

EL ORO SOLAR Y OTRAS FUENTES DE ENERGÍA

Juan Tonda Mazón
Serie " La ciencia desde México"
Fondo de cultura económica
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
Primera Edición 1993. México, D.F.

PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO.

Secretaría de Energía.
Talleres gráficos de la Secretaría de Energía.
Primera edición. 47 Pag.
México, D.F., 2002.

PROSPECTIVA DEL SECTOR ELÉCTRICO 1999-2008.

Secretaría de Energía
Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos
Primera edición 1999 p.195
1500 ejemplares
México, D.F.

PROSPECTIVA DEL SECTOR ELÉCTRICO 2002-2011.

Secretaría de Energía
Dirección General de Formulación de Política Energética
Primera edición 2002 p.120
1500 ejemplares
México, D.F.

REVISTA MEXICANA DE GEOENERGÍA .

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD.

Artículo: "Proyecto eoloeléctrico la venta, Oaxaca, México:
estudio de un caso."

Roberto Cadenas Tovar
Volumen 10, número 2, mayo-agosto 1994. p.p. 51-61
Morelia, Michoacán, México.

EL SECTOR ELÉCTRICO DE MÉXICO.

C.F.E. (Comisión Federal de Electricidad)
Editorial Fondo de Cultura Económica.
Primera edición. 1977 p.727
México, D.F.

SINERGIA.

CONDUMEX División de energías alternas
(Datos técnicos.)
Documento interno 20 Pag.
México, D.F., 2003

LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

CONDUMEX División de energías alternas
(Curso de Introducción.)
Documento interno 72 Pag.
México, D.F., 2003

TRATADO DE ELECTRICIDAD I CORRIENTE CONTINUA.

Chester L. Dawes
Ediciones G Gili S.A.
Undécima edición 815 p.
México, D.F., 1986.

ENERGY SOURCES.

Kamil Kaygusuz. Taylor and Francis
Artículo: "Renewable Energy Sources: The key to a Better Future."
Num. 24 de 2002.
p.p. 787-799
Trabzon, Turkey.

INDUSTRIAL SOUTH AMERICA

AT Micro Ltd.
GDS Publishing Limited
Bristol, BS1 3BN, UK 2000.

PEOPLE KNOWLEDGE PERFORMANCE.

Intergen, México.
Annual review 2001
INTERGEN
México, D.F., 2001

SUNLIGHT TO ELECTRICITY. PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGY AND BUSINESS PROJECTS.

Merrigan J.A.
The MIT Press
2nd edition.
USA, 1982, p.68-94

ENERGÍA ELÉCTRICA 2025

ENERGÍA ELÉCTRICA 2025 Francisco Tapia García Sector Eléctrico 1998 Capacidad de generación por tipo de planta A finales de 1998, la capacidad instalada de generación de energía eléctrica para servicio público en México fue de 35,256 MW1.
www.ciem.fi-p.unam.mx/cicm/WEB-Congreso/E_electrica_2025.html

FAVORABLES, LAS PERSPECTIVAS PARA UN MAYOR APROVECHAMIENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PAÍS.

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.
Junio 2003.
www.conae.gob.mx

I. EL HILO DORADO: LA ENERGÍA SOLAR

I. EL HILO DORADO: LA ENERGÍA SOLAR Al golpe del oro solar, estalla en astillas, el vidrio del mar. ... mucho el medio, pues dichos ... pues aunque por un lado ... electricidad y también se han construido algunas plantas de prueba. Pese a lo anterior, actualmente la energía solar ...
omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/119/htm/sec_6.h..

LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LOS PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSIÓN QUE REALICEN LAS DEPENDENCIAS Y ENTIDADES DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público

México, D.F. Documento Oficial, gobierno Mexicano. Septiembre de 2002. Pag.50

www.shcp.gob.mx

EL SME ANTE LA REESTRUCTURACIÓN PRODUCTIVA DE LA EMPRESA LUZ Y FUERZA DEL CENTRO

El SME ante la reestructuración productiva de la empresa Luz y Fuerza del Centro Sergio Sánchez Guevara. Profesor del Departamento de Administración de la UAM-A.

www-azc.uam.mx/publicaciones/gestion/num5/doc13.htm

solar

... solares capaces de accionar generadores de vapor, y ... Celdas fotovoltaicas. Las celdas fotovoltaicas convierten la energía ... otros medios de generación de electricidad, en especial ...

www.geocities.com/bravin_ar/solar.html

POTENCIAL EÓLICO DE LA ZONA DE ISTMO.

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.

Junio 2003.

www.conae.gob.mx

Comentarios, preguntas, sugerencias, favor de enviar al correo electrónico:

E mail: e_omega_torres@hotmail.com