

Primer Documento del Proyecto Eólicoeléctrico

del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec



Marco A. Borja Díaz, Oscar A. Jaramillo Salgado
Fernando Mimiaga Sosa



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELECTRICAS



Gobierno del Estado de Oaxaca
Secretaría de Desarrollo
Industrial y Comercial



México



Primer Documento del Proyecto Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec

*Marco Antonio R. Borja Díaz,
Oscar A. Jaramillo Salgado
Fernando Mimiaga Sosa*

**Instituto de
Investigaciones
Eléctricas**

**Gobierno
del Estado
de Oaxaca**

**Programa de las
Naciones Unidas
para el Desarrollo**

**Fondo para el
Medio Ambiente
Mundial**

Primera Edición 2005
© 2005, Instituto de Investigaciones Eléctricas
03-2005-020111532900-01
Impreso y hecho en México
ISBN 968-6114-19-X

“Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente representan las opiniones de las Naciones Unidas, del PNUD o del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF)”

“The views expressed in this publication are those of the authors and do not necessarily represent those of the United Nations, UNDP or Global Environment Facility (GEF)”

“El Gobierno del Estado de Oaxaca no asume responsabilidad alguna por la información contenida en este documento y por el uso que se le pudiera dar”

“El Instituto de Investigaciones Eléctricas no asume responsabilidad alguna por la información contenida en este documento y por el uso que se le pudiera dar”

Directorio

Instituto de Investigaciones Eléctricas

Ing. Oswaldo Gangoiti Ruiz
Director Ejecutivo

Dr. Angel Fierros Palacios
Director de Energías Alternas

Dr. Jorge M. Huacuz Villamar
Gerente de Energías No Convencionales

Gobierno del Estado de Oaxaca

Lic. José Murat
Gobernador Constitucional del Estado de Oaxaca

Ing. Juan José Moreno Sada
Secretario de Desarrollo Industrial y Comercial

Ing. Fernando Mimiaga Sosa
Director de Desarrollo de la Micro, Pequeña y Mediana Empresas

Prólogo

Hace más de veinte años, investigadores del Instituto de Investigaciones Eléctricas comenzaron a señalar el Sur del Istmo de Tehuantepec, como la zona más promisoría del país respecto al potencial de aprovechamiento del viento para generar electricidad en gran escala. Asimismo, delinearon el potencial de beneficio de desarrollo económico y social que dicha actividad ofrecía desde entonces. Además, manifestaron que existía la oportunidad de desarrollar tecnología propia para dichos fines. Como ha sucedido a menudo en México con las propuestas de innovación tecnológica, muy pocos les creyeron. Mientras tanto, varios países industrializados emprendieron programas de desarrollo y aplicación de la tecnología eoloeléctrica.

Hoy, la industria eoloeléctrica mundial es un gran negocio con ventas mayores que 2,000 millones de dólares por año. Ha creado decenas de nuevas empresas o líneas de producción y ha generado cientos de miles de empleos en varios países. Asimismo, ha impulsado el desarrollo económico y social en varias regiones en el mundo. El desarrollo tecnológico de aerogeneradores ha dado como resultado máquinas confiables y eficientes que se yerguen a sesenta o más metros de altura. No obstante, como en todo desarrollo tecnológico, día con día se encuentran nuevas formas o métodos para mejorar su desempeño, reducir costos, y ampliar su ámbito de aplicación, entre otros.

En México, a finales de la década de 1980 y principios de la década de 1990, algunos actores comenzaron a unirse a la idea de instalar centrales eoloeléctricas en el Istmo de Tehuantepec. Entre ellos se incluían algunas empresas privadas y un grupo reducido de la Comisión Federal de Electricidad. En 1994 la Comisión Federal de Electricidad logró contratar la construcción de la primera central eoloeléctrica en México, misma que se ubicó en las inmediaciones del poblado La Venta, Juchitán, Oaxaca.

La experiencia operacional de la central eoloeléctrica La Venta, corroboró las proyecciones que los investigadores del IIE hicieron 10 años antes ¡En La Venta se pueden lograr factores de planta más altos en el mundo! No obstante, la experiencia operacional de la central eoloeléctrica de La Venta no sirvió de mucho para que los inversionistas privados pudieran lograr sus proyectos; ellos encontraron una serie de barreras que hasta la fecha han inhibido la materialización de sus ideas. De igual forma, en el ámbito de la Comisión Federal de Electricidad también emergieron dificultades para que se pudiera justificar la construcción de una nueva central eoloeléctrica en el Istmo de Tehuantepec.

A partir del año 2000, el Gobierno del Estado de Oaxaca, con apoyo del Instituto de Investigaciones Eléctricas, intensificó la promoción del desarrollo eoloeléctrico para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. Mediante la organización de Coloquios Internacionales, reunió a funcionarios de varias dependencias del sector público nacional, inversionistas privados, representantes de instituciones financieras, funcionarios de organizaciones internacionales de apoyo al desarrollo, desarrolladores de proyectos eoloeléctricos, fabricantes de aerogeneradores, investigadores, representantes de algunas ONG's y, representantes de los propietarios de tierras en el Istmo, entre otros. El objetivo principal: fomentar el desarrollo eoloeléctrico en el Istmo de Tehuantepec para impulsar el desarrollo económico y social en la región, y contribuir al logro de los objetivos y las metas de desarrollo nacional. Durante tres años seguidos, en estos coloquios se presentaron ideas, necesidades y oportunidades, mientras que la labor de gestión de proyectos por parte del sector privado se intensificó considerablemente. Comisión Federal de Electricidad también reaccionó a dicha promoción y todo parece indicar que 10 años después de haber licitado la central de La Venta I, CFE concursará públicamente la construcción de la central eoloeléctrica La Venta II, con capacidad de 100 MW.

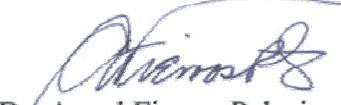
Se sabe que aún queda mucho por hacer para lograr que el desarrollo eoloeléctrico en México pueda llegar a tener efecto significativo en materia de diversificación energética y desarrollo sustentable. Sin lugar a duda, una central eoloeléctrica de 100 MW será muy buen comienzo pero sólo constituye el primer paso de lo que se tiene que hacer.

Los diversos promotores de la generación eoloeléctrica en México, han constatado que los esfuerzos individuales y aislados no conducen a resultados positivos en el corto plazo. En realidad, es el trabajo en equipo y la sinergia lo puede permitir la eliminación de barreras para lograr que el desarrollo eoloeléctrico en México llegue a ser una realidad. El desarrollo eoloeléctrico en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec es una oportunidad cuyo aprovechamiento cabal es impostergable, al menos por cuatro razones: a) Es necesario combatir la pobreza remanente en la región del Istmo de Tehuantepec, b) Las nuevas generaciones están esperando que se creen nuevas fuentes de empleo, c) Se requiere incrementar la capacidad de generación de electricidad en el País, c) La diversificación energética para el desarrollo sustentable es tema prioritario en la política internacional.

El Primer Documento del Proyecto Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, presenta la síntesis del desarrollo eoloeléctrico en el mundo y las principales estrategias que han venido aplicando los países industrializados durante los últimos 20 años para lograr el desarrollo tecnológico en materia de generación eoloeléctrica y su integración gradual a los respectivos sistemas eléctricos nacionales. De ello, resalta que los principales logros se han obtenido gracias a la formulación y ejecución de programas nacionales enfocados a lograr metas estratégicas concretas. Asimismo, señala que los gobiernos han establecido una serie de elementos favorables para impulsar el desarrollo eoloeléctrico, y que, con base en la amplia gama de beneficios directos e indirectos que están obteniendo, es evidente que han sido inversiones muy productivas.

Asimismo, el documento relata cómo varios países en vías de desarrollo están tomando ventaja de la experiencia global, adecuando las estrategias aplicadas en otros países a sus propias necesidades y oportunidades.

Haciendo una reseña de lo que ha pasado en México en los últimos cinco años, este documento hace evidente que ahora existe la voluntad política para impulsar el desarrollo eoloeléctrico en México y que una amplia gama de actores del sector público y privado, tanto nacional como internacional, están dispuestos a apoyar todas las acciones que conduzcan a lograr que la generación eoloeléctrica sea una de las industrias más productivas del país en el contexto de la diversificación energética para el desarrollo sustentable. Por consiguiente, el reto principal es formular y llevar a cabo un plan de acción para lograr metas estratégicas en el corto, mediano y largo plazos, de tal forma que, de manera gradual (pero no parsimoniosa) sea posible aprovechar todos los beneficios que ofrece la generación eoloeléctrica en sus diversos nichos de oportunidad.



Dr. Angel Fierros Palacios
Director de Energías Alternas
Instituto de Investigaciones Eléctricas

Agradecimientos

A:

- Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), por su apoyo económico para la impresión de este documento en sus versiones electrónica e impresa.
- Al Instituto de Investigaciones Eléctricas por facilitar la elaboración e impresión de este documento.
- Al doctor Jorge Huacuz Villamar, al licenciado Per Stromberg, al licenciado Jonathan Ryan y al maestro en ciencias Jorge López Laing, por la revisión de este documento.
- A todos los participantes de los Coloquios Eólicos de Oaxaca, por su valiosa contribución con ideas, propuestas y acciones para impulsar el desarrollo eoloeléctrico de México.
- A los ingenieros Arturo Mendoza Ceballos, Margot Toledo López y Fernando Mimiaga Morales, por habernos facilitado el documento preliminar de la línea eléctrica para evacuación de la generación eoloeléctrica del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.
- Al ingeniero Carlos García Aguilar por facilitarnos la instalación y operación del anemómetro instalado por el IIE en La Venta.
- A nuestras familias por su comprensión y apoyo durante los tiempos extraordinarios de trabajo.

Contenido

Directorio
Prólogo
Agradecimiento

Capítulo 1.

Semblanza del desarrollo eoloeléctrico en el mundo

1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes del desarrollo eoloeléctrico en el mundo.....	4
1.3 Desarrollo eoloeléctrico moderno.....	7

Capítulo 2.

Estrategias de los principales mercados eoloeléctricos

2.1 Alemania	17
2.2 Dinamarca	20
2.3 España	25
2.4 Estados Unidos.....	31
2.5 India	36
2.6 Corea	38
2.7 Brasil	39
2.8 Colofón del capítulo 2.....	40

Capítulo 3.

Las primeras ideas y acciones para el desarrollo eoloeléctrico del Istmo de Tehuantepec

3.1 Las primeras ideas.....	41
3.2 Las primeras evidencias	42
3.3 Modificaciones a la LSPEE	44
3.4 Primera central eoloeléctrica en México.....	45
3.5 Crece el interés por realizar proyectos eoloeléctricos en el Istmo de Tehuantepec	47
3.6 Proyecto de Electricidad del Sureste S.A. de C.V.	48
3.7 Proyecto de Fuerza Eólica del Istmo S.A. de C.V.	50
3.8 Otras iniciativas.....	51

Capítulo 4.

Política energética y desarrollo institucional

4.1 Política internacional.....	53
4.2 Conae y Cofer	54
4.3 IIE.....	55
4.4 Evento relevante.....	58

Capítulo 5.

Actividades principales durante el año 2000

5.1 Introducción	61
5.2 Primer Coloquio Eólico de Oaxaca.....	62
5.2.1 Sesión de Visión Nacional	63
5.2.2 Sesión de Visión Internacional	74
5.2.3 Sesión de Cooperación Internacional.....	77
5.2.4 Sesión de Capacidad Nacional	80
5.2.5 Sesión de Oferta Internacional.....	85
5.3 Aspectos relevantes del primer Coloquio Eólico de Oaxaca	85
5.4 Consecuencias principales de las actividades del año 2000	87

Capítulo 6.

Actividades principales durante el año 2001

6.1 Introducción	89
6.2 Segundo Coloquio Eólico de Oaxaca.....	90
6.2.1 Visión Nacional.....	90
6.2.2 Cooperación Internacional	95
6.2.3 Proyectos en Desarrollo	99
6.2.4 Avance Nacional	105
6.3 Aspectos relevantes del segundo Coloquio Eólico en Oaxaca	109
6.4 Consecuencias principales de las actividades del año 2001	111

Capítulo 7.

Actividades principales durante el año 2002

7.1 Introducción	112
7.2 Tercer Coloquio Eólico de Oaxaca	113
7.3 Aspectos relevantes del tercer Coloquio Eólico de Oaxaca.....	128
7.4 Consecuencias principales de las actividades del año 2002	128

Capítulo 8.

Actividades principales durante el año 2003

8.1 Introducción	130
8.2 Coloquio Eólico de Oaxaca.....	131
8.3 Principales actividades en el año 2003	131
8.3.1 Plan de Acción Eólico.....	131
8.3.2 Proyecto para el desarrollo en gran escala de las Fuentes de Energía Renovable	132
8.3.3 Complementación de proyectos apoyados por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF).....	133
8.3.4 Proyecto eoloeléctrico La Venta II de CFE	133
8.3.5 Iniciativa de “Ley Eólica” del Gobierno del Estado de Oaxaca	133
8.3.6 Estudios sobre aspectos de arrendamiento de la tierra para centrales eoloeléctricas.....	134
8.3.7 Atlas Eólico de Oaxaca	135
8.3.8 Evaluación detallada del recurso eólico en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec	135

Capítulo 9.

Actividades principales y planes para el año 2004

9.1 Introducción	138
9.2 Plan de Acción Eólico.....	141
9.3 Anteproyecto de “Ley Eólica” del Gobierno del Estado de Oaxaca.....	141
9.4 Consideraciones iniciales para la línea eléctrica de evacuación por parte del Gobierno del Estado de Oaxaca	142
9.5 Principales expectativas para el año 2004.....	143
9.6 Colofón.....	143
9.7 Eventos más recientes	145

REFERENCIAS	148
--------------------------	-----

ANEXOS

ANEXO I.- Resumen y comentarios del trabajo: <i>Información sobre arrendamiento de tierras y potencial de generación de los empleos relacionados con el desarrollo de proyectos eoloeléctricos en México</i>	151
ANEXO II.- Aspectos de la evaluación del recurso eólico en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec	169
ANEXO III.- Borrador del anteproyecto de Ley Eólica del Gobierno del Estado de Oaxaca.....	182
Reseña de Autores	197

LISTA DE ILUSTRACIONES.

1.1 Generación de electricidad aprovechando el viento	1
1.2 Integración de una central eoloeléctrica a un sistema eléctrico mixto.....	2
1.3 Vista parcial de una central eoloeléctrica moderna	3
1.4 Algunos de los subsistemas de un aerogenerador	3
1.5 Antiguos molinos de viento en Holanda	4
1.6 Aerogenerador de Brush (1888).....	5
1.7 Emisión de gases de efecto invernadero	6
1.8 Centrales eoloeléctricas en California (1980)	8
1.9 Centrales eoloeléctricas en las sierras de Navarra, España.....	10
1.10 Crecimiento de la capacidad eoloeléctrica en el mundo	11
1.11 Distribución de la capacidad eoloeléctrica en el mundo en el 2002	13
1.12 Tamaño de aerogeneradores comerciales (1989-2000)	13
2.1 Aerogenerador AWEC-60 en Galicia, España.....	27
2.2 Desarrollo de la industria eoloeléctrica española y sus principales marcos legales y reguladores	30
3.1 Central eoloeléctrica La venta.....	46
5.1 Capacidad instalada al SEN (diciembre 1999)	68
5.3 Costos estimados de generación (1992-2020)	79
5.4 Evaluación del recurso eólico por CFE.....	83
5.5 Factores de planta de la central eoloeléctrica La Venta.....	90

6.1 Estructura de los costos de una central eoloeléctrica.....	101
7.1 red de distribución sureste de la CFE.....	122
7.2 El viento y la diversificación energética en el Sistema Eléctrico Nacional.....	124
8.1 Correlación de la velocidad del viento en varias estaciones anemométrica del Corredor Eólico del istmo de Tehuantepec.....	136
8.2 Distribución de la velocidad del viento en La Venta.....	137

LISTA DE TABLAS

1.1 Penetración eoloeléctrica en algunos países	11
1.2 Capacidad eoloeléctrica instalada en el mundo	12
2.1 Elementos de política energética utilizados en Dinamarca para promover la tecnología y la implantación de la energía eólica.....	22
3.1 Socios de Electricidad del Sureste S.A. de C.V.....	49
3.2 Socios de Fuerza Eólica del Istmo S.A. de C.V.....	50
5.1 Propuesta de integración eoloeléctrica al SEN	70
5.2 Distribución típica de los costos de inversión en centrales eoloeléctricas	81
6.1 Resultados preliminares de la estimación de ahorro de CO ₂	98
6.2 Empleos en la fabricación de aerogeneradores para una central de 25 MW	102
7.1 Expectativas del Gobierno del Estado de Oaxaca respecto a la construcción y puesta en marcha de proyectos eoloeléctricos del Istmo	118
7.2 Síntesis del proyecto eoloeléctrico de Fuerza Eólica del Istmo S.A. de C.V.	127

Capítulo 1

Semblanza del desarrollo eoloeléctrico en el mundo

*No se puede controlar el viento, pero se pueden construir molinos.
Proverbio Holandés*

1.1 Introducción

Hace siglos, el viento impulsó las naves que el hombre construyó para cruzar océanos y descubrir nuevas tierras. Hoy, mediante máquinas enormes que se construyen con base en notables avances tecnológicos, el hombre aprovecha esa fuente inagotable de energía para generar grandes cantidades de electricidad (ver ilustración 1.1).



Ilustración 1.1. Generación de electricidad aprovechando la energía del viento

Las máquinas que generan electricidad aprovechando el viento, conocidas como *aerogeneradores*, extraen parte de la energía cinética del viento por medio de un rotor

aerodinámico cuyo diámetro mide de 40 a 90 metros¹. El rotor, girando a menos de una revolución por segundo, transforma la energía del viento en energía mecánica que concentra sobre su eje de rotación o flecha principal. La energía mecánica se transmite a la flecha de un generador eléctrico para producir electricidad. Típicamente, los aerogeneradores se instalan en grupos para integrar lo que se conoce como *centrales eoloeléctricas*. Estas centrales se interconectan a los sistemas eléctricos convencionales para contribuir a satisfacer la demanda de electricidad de un país o de una región (ver ilustración 1.2). Así, los usuarios consumen la electricidad que proviene de las centrales eoloeléctricas de igual forma que consumen la que se genera en otro tipo de centrales. Es decir, los usuarios no notan efectos adversos en la calidad o continuidad del servicio.

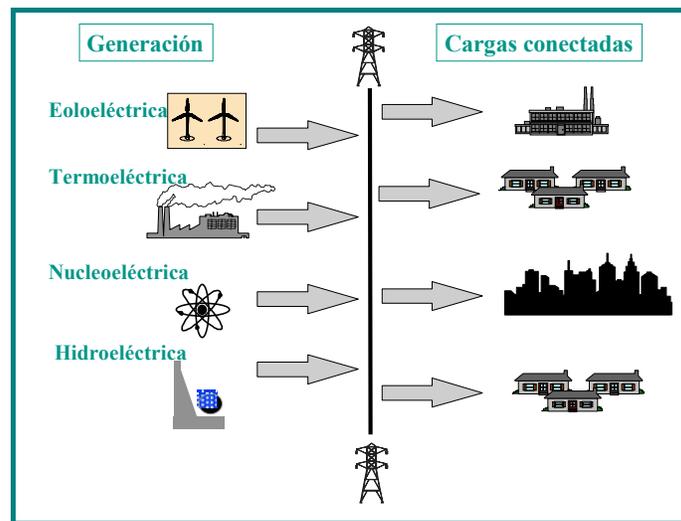


Ilustración 1.2. Integración de una central eoloeléctrica a un sistema eléctrico mixto.

En la actualidad, se reconoce que la generación eoloeléctrica es una actividad innovadora de alta tecnología que se está integrando a los sectores eléctricos de varios países en el contexto de la diversificación energética. En la última década, los hechos han demostrado ampliamente que la generación eoloeléctrica es una alternativa viable y que complementa favorablemente a la generación convencional. Hoy en día, la mayoría de los gobiernos de los países industrializados ya han instaurado programas e incentivos que fomentan el desarrollo eoloeléctrico. Las estrategias para implantación y diseminación de esta tecnología se han venido mejorando en función de la experiencia operativa y de las necesidades y oportunidades de cada país.

El concepto básico de los aerogeneradores sugiere sencillez; sin embargo, las enormes máquinas que hoy en día convierten la energía del viento en electricidad, son sistemas complejos ya que están integrados por subsistemas aerodinámicos, mecánicos, eléctricos, hidráulicos y electrónicos, cuyo desarrollo e integración ha presentado retos tecnológicos importantes. Asimismo, la integración de centrales eoloeléctricas a los sistemas eléctricos convencionales es un desafío tecnológico que hasta ahora se ha logrado superar en cierta medida. No obstante, aún queda mucho trabajo por hacer si lo que se desea es lograr que la

¹ Rango de la mayoría de los modelos comerciales en el año 2003 para aplicaciones interconectadas a redes eléctricas convencionales.

generación eoloelectrica tenga un alto índice de penetración en los sistemas eléctricos nacionales y que su contribución en el contexto de la diversificación energética sea relevante (ver ilustraciones 1.3 y 1.4).



Ilustración 1.3. Vista parcial de una central eoloelectrica moderna.



Ilustración 1.4. Algunos de los subsistemas de un aerogenerador.

1.2 Antecedentes del desarrollo eoloeléctrico en el mundo

Los antiguos *molinos de viento* ya capturaban la energía cinética del aire en movimiento con un rotor aerodinámico de pocas aspas y eje de rotación horizontal; entonces se puede decir que el desarrollo de los aerogeneradores modernos data desde hace varios siglos. Resulta sorprendente saber que en el año 1850 en Holanda (hoy Los Países Bajos), existían cerca de 9,000 molinos de viento cuya potencia acumulada equivalía aproximadamente a 225 MW. Parte de esta capacidad se usó para moler granos con el propósito de obtener harinas o aceites; otra parte, en su versión de mecanismos para bombeo de agua (*aerobombas*), fue la que los Holandeses usaron para irrigar sus campos y para ganarle un poco de terreno al frío mar del norte de Europa (ver ilustración 1.5).



Ilustración 1.5. Antiguos molinos de viento en Holanda

Se dice que el pionero del desarrollo de los aerogeneradores fue el estadounidense Charles F. Brush quien en el año 1888 inventó y construyó la primera turbina eólica de funcionamiento automático para generar electricidad (ver ilustración 1.6). El rotor de la máquina de Brush medía 17 metros de diámetro y fue construido con 144 aspas fabricadas en madera de cedro. A pesar de que su tamaño era relativamente grande, su potencia eléctrica nominal era tan sólo 12 kW y se usaba para cargar baterías. Ya que el rotor de aspas múltiples operaba con muy baja velocidad, Brush introdujo un mecanismo de transmisión por banda con relación 50:1 para impulsar una dínamo a 500 revoluciones por minuto. El intento fue notable y es un hito en la historia del desarrollo de la tecnología eoloeléctrica; no obstante, el aerogenerador de Brush demostró que los rotores multiaspas que operan con baja velocidad no son la mejor opción para generar electricidad (ADIE, 2002), ver ilustración 1.6.

Pocos años después, Paul LaCour, un profesor y científico Danés, dio otro paso importante que lo llevó a ser reconocido en el ámbito europeo como el precursor de los aerogeneradores modernos. LaCour utilizó el concepto de cuatro aspas de los molinos de viento y lo adaptó para generar electricidad. Después de varios años de investigación, a partir de 1891 trabajando arduamente en la estación experimental de Askov en Dinamarca, LaCour formuló un conjunto de reglas para el *diseño óptimo de rotores*. Esto lo llevó a tener éxito en el desarrollo de máquinas de hasta 25 kW diseñadas para usos en sitios

remotos y en agricultura. En 1910, cientos de estas máquinas ya estaban operando en Dinamarca.

A partir de entonces, muchas serían las versiones de aerogeneradores que varios inventores alrededor del mundo concibieron y probaron. Se desarrollaron prototipos de diferentes formas y tamaños. Los esfuerzos variaron desde diseños que buscaban el menor costo y que se construían y probaban casi artesanalmente, hasta diseños complejos en los que laboratorios especializados aplicaron *tecnología de punta* buscando lograr la mayor eficiencia y resistencia a costos que resultaron muy elevados. Muchos prototipos sucumbieron ante la fuerza del viento y cayeron fatigados, mucho antes de lo que sus diseñadores esperaban; algunos duraron operando varios años y en conjunto, con los que cayeron, generaron un cúmulo de lecciones y experiencia.

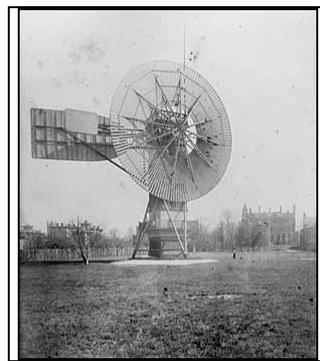


Ilustración 1.6. Aerogeneradores de Brush (1888)

Desgraciadamente, el desarrollo de la tecnología de aerogeneradores no se realizó a paso sostenido a través de los años. En realidad, antes de la década de 1970, el apoyo que se dio a la investigación y al desarrollo tecnológico en el tema eoloelectrico fue incipiente. Se puede decir que antes de 1970, los logros en materia de aerogeneradores fueron el resultado de respuestas transitorias a la escasez de energéticos durante las guerras mundiales y poco después de las mismas. De alguna manera, estos lamentables acontecimientos dejaron entrever lo que podría padecer la humanidad ante una severa escasez de combustibles fósiles. No obstante, parece que la mayor parte de la humanidad no tomó esos avisos muy en serio.

Las crisis petroleras de 1973 y 1979 dieron a la humanidad otras muestras de las posibles consecuencias de depender en gran medida de los combustibles fósiles y el caos que ocasiona su escasez. En algunos de los países más castigados por estas crisis se tomó conciencia de la necesidad de instaurar medidas orientadas a asegurar el abasto de energía. Para ello, se hizo evidente que el mejor camino a seguir es practicar la diversificación energética aprovechando las fuentes de energía con que cuenta cada país, esto en la mayor medida posible pero dentro de límites económicos aceptables. Por ejemplo, el Gobierno de Dinamarca decidió impulsar la investigación y el desarrollo tecnológico de la tecnología eoloelectrica, así como apoyar su implantación y diseminación mediante programas e incentivos. Con ello, Dinamarca no sólo emprendió el camino hacia la diversificación de sus fuentes de energía, sino también hacia la creación de fuentes de nuevos empleos y diversificación de su planta productiva. Algunos años después, la industria eoloelectrica de

Dinamarca se posicionaría en uno de los primeros lugares en el mundo. Todo ello, con base en la voluntad política del Gobierno Danés que por más de veinte años se ha mantenido firme y decidido en esa dirección.

Por otra parte, desde hace un par de décadas una fracción de la humanidad ha venido tomando conciencia del cambio climático global (CCG); amenaza que de manera similar a un cáncer, se comenzó desarrollar silenciosamente y que si no se detiene a tiempo podría traer consecuencias catastróficas. Se puede decir que el CCG es un efecto colateral de todas aquellas actividades de la humanidad que emiten a la atmósfera los llamados gases de efecto invernadero². Varios procesos naturales también liberan este tipo de gases en perfecto equilibrio con el ecosistema global; sin embargo, la gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que proviene de los procesos originados por el hombre, están rompiendo el equilibrio natural y ocasionando que la temperatura del planeta se incremente. Se dice que la actividad que más contribuye a este efecto indeseable es la generación de electricidad con base en la quema de combustibles fósiles. Por supuesto, la mayor responsabilidad recae en los que hoy pertenecen al grupo de países industrializados (ver ilustración 1.7).



Ilustración 1.7. Emisión de gases de efecto invernadero

De ahí, y de muchos otros temas afines, proviene la corriente ideológica del desarrollo sustentable que de manera resumida se concibe como **el desarrollo de las generaciones presentes sin comprometer los recursos que permitirán el desarrollo de las generaciones futuras**. En este contexto, la generación eoloeléctrica se comenzó a ver como una de las alternativas más viables que, con base en una fuente inagotable de energía, podrían ayudar a mitigar el cambio climático global.

² Bióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄) y Compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (NMVOC por sus siglas en inglés).

1.3 Desarrollo eoloeléctrico moderno

Desde 1977, la Agencia Internacional de la Energía auspicia el Acuerdo para la Cooperación en la Investigación y Desarrollo de Sistemas de Generación Eoloeléctrica³. Hasta el año 2003 se habían integrado 21 países y casi todos los gobiernos de los países participantes han establecido programas gubernamentales para apoyar la investigación y el desarrollo tecnológico en el tema. Asimismo, en la gran mayoría de los países miembros del *Acuerdo Eólico de la AIE*, ya se han desarrollado e instaurado elementos del marco legislativo y regulador que facilitan y apoyan la implantación de la generación eoloeléctrica (IEA 2001). Cabe indicar que México ingresó a dicho acuerdo en 1997 y que, al igual que en otros países en vías de desarrollo⁴, en México ya se reconoce que el desarrollo eoloeléctrico es un elemento que puede contribuir al desarrollo sustentable. Esto en tal grado que dichos principios se han inscrito en el Plan Nacional de Desarrollo. Actualmente los países miembros del *Acuerdo Eólico de la AIE* son: Alemania, Australia, Austria, Canadá, Corea, Dinamarca, España, Estados Unidos, Finlandia, Grecia, Irlanda, Italia, Japón, Los Países Bajos, México, Nueva Zelanda, Noruega, Portugal, Reino Unido, Suecia y Suiza.

Si bien es cierto que los países industrializados han seguido diferentes rutas tecnológicas para desarrollar aerogeneradores, también lo es que la cooperación internacional en el ámbito de la investigación y desarrollo tecnológico ha sido fundamental para resolver problemas comunes. De esta forma, desde 1977 el *Acuerdo Eólico de la AIE* ha sido una plataforma de intercambio de información y trabajo conjunto que ha impulsado notablemente al desarrollo de la tecnología eoloeléctrica. Por ejemplo, en el ámbito del *Acuerdo Eólico de la AIE* se generaron una serie de recomendaciones para unificar criterios y estandarizar procedimientos. Sistemáticamente, dichas recomendaciones han sido la base de las normas internacionales que hoy en día están emitidas por la Comisión Electrotécnica Internacional.

Entre 1980 y 1986, en California, Estados Unidos, se creó el primer mercado eoloeléctrico significativo que impulsó notablemente el desarrollo de la industria eoloeléctrica tanto en Estados Unidos como en Europa. En 1985 cerca de 95% de la capacidad eoloeléctrica instalada en el mundo estaba concentrada en California. Los fabricantes de aerogeneradores de Dinamarca, Reino Unido, Alemania, Japón y Los Países Bajos, compitieron en este mercado con los fabricantes de varias compañías estadounidenses. En California, durante la década de 1980, se instalaron cerca de 15,000 aerogeneradores de los cuales la mitad provenía del mercado europeo, principalmente de Dinamarca. Así, durante esa etapa se diseñaron e instalaron diversos tipos de aerogeneradores, lo que convirtió a California en un inmenso centro de pruebas de aerogeneradores y centrales eoloeléctricas. Cabe mencionar que el desarrollo eoloeléctrico de los años 80 en California, se debió a generosos incentivos que otorgó el gobierno de ese estado. Posteriormente, algunos llamaron a este desarrollo "*The California Wind Rush*", aludiendo a la precipitación con que se llevó a cabo, en virtud de los múltiples problemas que surgieron tanto en los aerogeneradores como en los métodos utilizados para diseñar las centrales eoloeléctricas. Es importante tomar en cuenta

³ The Implementing Agreement for Co-operation in the Research and Development of Wind Turbine Systems.

⁴ Por ejemplo, Brasil, Costa Rica, Uruguay, Chile.

que en aquel tiempo el tamaño promedio de los aerogeneradores era tan solo de 100 kW. Sin lugar a duda, la experiencia y lecciones aprendidas en California fueron muy valiosas para los tecnólogos eoloeléctricos (ver ilustración 1.8).

Entre 1986 y 1990 la industria eoloeléctrica pasó por una situación difícil, pues el mercado de California menguó rápidamente con la disminución de los incentivos y apoyos gubernamentales, así como con la considerable cantidad de problemas técnicos. El colapso de este mercado ocasionó que varias compañías se declararan en quiebra mientras que otras se aferraron a permanecer en el mercado. Como consecuencia, disminuyó el número de fabricantes de aerogeneradores y los diferentes conceptos de diseño.



**Ilustración 1.8. Centrales eoloeléctricas en California
(aerogeneradores de la década de los 80).**

La Unión Europea esperó prudentemente a que la tecnología eoloeléctrica mejorara. Desde el punto de vista práctico, se puede decir que el desarrollo del mercado eoloeléctrico Europeo inició en los últimos años de la década de 1980. Al inicio de la década de 1990, ya se habían instaurado algunas de las condiciones que abrieron los mercados eoloeléctricos en Alemania, Dinamarca, Reino Unido, Los Países Bajos y España.

A finales de la década de 1990 el diseño danés (eje horizontal, tres aspas) se mejoró y amplificó para producir aerogeneradores con capacidad nominal de hasta 250 kW. En esta etapa, las compañías que dominaron el mercado eoloeléctrico fueron las que fabricaban los aerogeneradores en los que se usa el método de desprendimiento de flujo⁵ para regular la velocidad de rotación y la potencia eléctrica de salida. No obstante, algunas compañías que fabricaban aerogeneradores en los que se usa el método de regulación de velocidad y

⁵Método conocido internacionalmente como *stall regulation*. Este tipo de control se aplica en aerogeneradores de aspas fijas.

potencia por control del ángulo de paso de las aspas⁶ comenzaron a ganar terreno en el ámbito comercial.

En 1995, la Comisión Europea publicó un documento titulado *Energía para el Futuro: Fuentes de Energía Renovable; Libro Blanco para una Estrategia Comunitaria y Plan de Acción*⁷. En el documento se establecen tres objetivos fundamentales para el desarrollo de la política energética en la comunidad, estos son: mejoramiento de la competitividad, seguridad del suministro y protección del medio ambiente. Los principales mecanismos que se establecen como prioridad para lograr dichos objetivos son la creación y la resolución de estrategias para el fomento de las fuentes de energía renovable. En 1996 este documento pasó a ser un *Libro Verde* que ya describe las acciones tentativas que deberán conducir a largo plazo a una participación sustancial de las energías renovables en el balance energético global de la Unión Europea. Cabe mencionar que la meta estratégica que se estableció en esos documentos fue contar con 40,000 MW eoloelectricos instalados para el año 2010 (a finales del 2003 en Europa ya había cerca de 27,000 MW).

De 1990 a 1996, el tamaño promedio de los aerogeneradores comerciales se incrementó de 200 kW a 500 kW. A finales de 1996 la industria eoloelectrica contaba con aproximadamente 6,000 MW instalados. A finales de 1997 ya existían en el mundo más de 7,000 MW eoloelectricos conectados a sistemas eléctricos convencionales. En Europa, durante 1997, el crecimiento de la capacidad eoloelectrica instalada fue mayor que 1,000 MW. A finales del mismo año la capacidad eoloelectrica en Europa (más de 4,000 MW), ya superaba en magnitud al complejo hidroelectrico del Sureste de México (*i.e.*, Angostura, Chicoasén y Peñitas), cuya capacidad es de 3,900 MW (DPSE, 1996). Es importante indicar que en ese año más del 95% de la capacidad eoloelectrica instalada en la Unión Europea estaba concentrada en sólo seis países (Alemania, Dinamarca, Los Países Bajos, Reino Unido, España y Suecia), cuya superficie acumulada significa cerca del 60 por ciento del territorio mexicano (Borja *et al.* 1998).

En 1998 los promotores de la generación eoloelectrica celebraron el logro de la instalación de los primeros 10,000 MW de capacidad eoloelectrica instalada en el mundo. Tan sólo en este año se instalaron 2,590 MW eoloelectricos que representaron un incremento de 31 % respecto a la capacidad total instalada. De estos 2,590 MW, en Europa se instalaron 1,766 MW mientras que en los Estados Unidos se instalaron 577 MW y lo demás en el resto del mundo. De los 29 países que entonces contaban con emplazamientos eoloelectricos, hubo cuatro que en ese año instalaron más de 300 MW en sus respectivos territorios; estos países fueron Alemania (793 MW), Estados Unidos (577 MW), España (368 MW) y Dinamarca (310 MW). En aquel tiempo ya existía mucha evidencia de la capacidad que tiene la generación eoloelectrica para crear nuevos empleos, impulsar el desarrollo regional, y fomentar la participación de la mediana empresa.

Cuando concluyó 1999, ya había cerca de 13,900 MW eoloelectricos instalados en el planeta. En algunos lugares, la generación eoloelectrica ya había alcanzado niveles significativos de penetración; por ejemplo, 10% de la electricidad que se consumía en

⁶Método conocido internacionalmente como *pitch regulation*.

⁷ *Energy for the Future: Renewable Sources of Energy. White Paper for a Community Strategy and Action Plan* (COM (95) 682 de 13-12-95)

Dinamarca ya provenía de la energía del viento. En la región de Schleswig-Holstein en Alemania, se tenía 15% de penetración eoloeléctrica. La provincia de Navarra, en España, ya satisfacía el 23% de su consumo de electricidad con la energía producida por cientos de aerogeneradores instalados en las cimas de sus sierras (ver ilustración 1.9).



Ilustración 1.9 Centrales eoloeléctricas en las sierras de Navarra, España.

En el año 2000, se instalaron cerca de 4,600 MW eoloeléctricos alrededor del mundo lo que para la industria eoloeléctrica representó ventas anuales de por lo menos cuatro mil millones de dólares. En ese año se logró incrementar la capacidad instalada a 18,500 MW de los cuales 13,000 MW se encontraban en Europa. De esta última cifra, Alemania tenía casi la mitad (6,113 MW) mientras que en España había 2,402 MW y en Dinamarca 2,297 MW. Durante el año 2000 el incremento de capacidad eoloeléctrica instalada en el mundo fue ligeramente menor que el de 1999 debido al rezago temporal del mercado norteamericano (AWEA, 2000).

En el año 2001, la capacidad eoloeléctrica en el mundo se incrementó notablemente con la instalación de 6,800 MW (poco más de 18 MW por día). Tanto el mercado alemán como el mercado de los Estados Unidos mostraron índices de crecimiento elevados. En los Estados Unidos el crecimiento del mercado fue ocasionado por la proximidad de la expiración del crédito de impuesto en la producción (PTC por sus siglas en inglés *Production Tax Credit*)⁸. Con un índice de crecimiento de 52% en el año 2001, la capacidad eoloeléctrica instalada en el mundo se acercó a 23,000 MW que generaron alrededor de 50 TWh/año.

⁸ En marzo de 2002 se anunció que el PTC contaba con dos años de extensión.

A finales de 2002 la capacidad eoloeléctrica acumulada en el mundo era cercana a 31,000 MW (WEH 2002). A finales del 2003 la industria eoloeléctrica contaba con 37,000 MW instalados. Con el propósito de llamar la atención sobre el volumen de negocio que esto significa, considérese que para finales del 2003 la capacidad eoloeléctrica instalada en el mundo ya era comparable con la capacidad total de generación instalada en México.

La ilustración 1.10 muestra el crecimiento de la capacidad de generación eoloeléctrica en el mundo de 1980 a 2003. A pesar de que el crecimiento ha sido importante, es necesario hacer notar que en el ámbito global y en el contexto de los sistemas eléctricos nacionales la penetración aún es modesta. La tabla 1.1 muestra la penetración eoloeléctrica en los países líderes en el año 2002. Favor de tomar en cuenta que la penetración se refiere a la electricidad que se genera y no a la capacidad instalada.

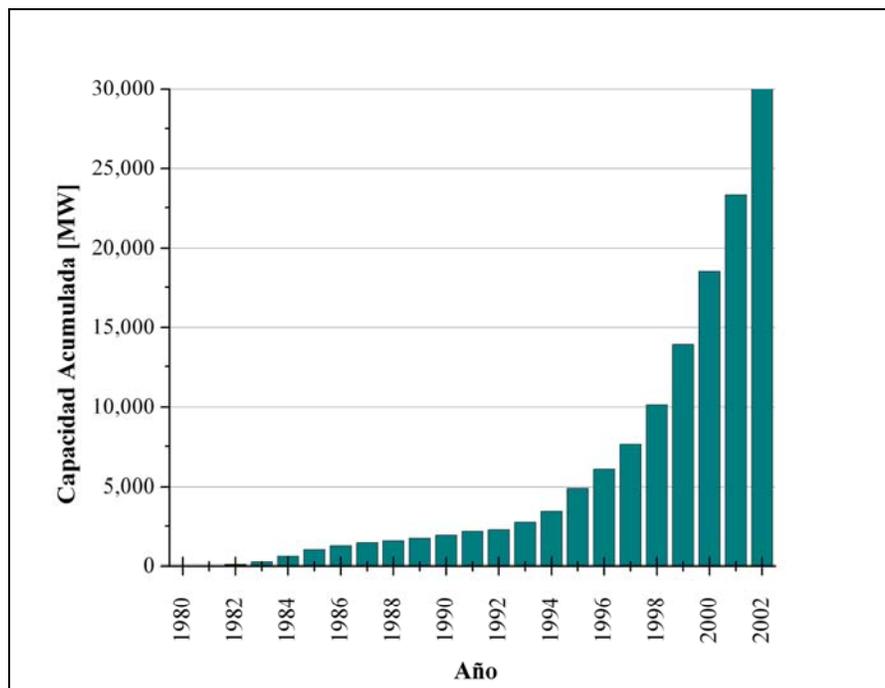


Ilustración 1.10 Crecimiento de la capacidad eoloeléctrica en el mundo.

Tabla 1.1 Penetración eoloeléctrica en algunos países (año 2002)

País	Penetración (%)
Dinamarca	16.4
Alemania	4.7
Costa Rica	4.0
España	3.8
Estados Unidos	0.3

En la siguiente página la Tabla 1.2 muestra numéricamente cómo ha aumentado la capacidad eoloeléctrica por país, en los últimos seis años.

Tabla 1.2. Capacidad eoloelectrica instalada en el mundo.

	1998 MW	1999 MW	2000 MW	2001 MW	2002 MW	2003 MW
EUROPA						
Alemania	2875	4443	6113	8753	12000	14000
España	834	1542	2402	3335	4828	5780
Dinamarca	1383	1771	2297	2417	2889	3094
Los Paises Bajos	361	411	448	483	700	900
Italia	178	283	389	697	785	820
Reino Unido	333	347	409	485	557	648
Suecia	174	215	231	280	315	390
Grecia	55	158	189	272	276	354
Austria	30	42	78	95	138	267
Francia	21	25	79	85	137	231
Portugal	51	61	100	127	190	217
Irlanda	73	73	118	125	138	150
Noruega	9	13	13	17	97	100
Polonia	5	5	7	28	28	58
Bélgica	6	9	9	31	31	56
Finlandia	18	39	38	39	39	52
Ucrania	5	5	5	40	40	51
Latvia	0	0	1	1	1	24
Turquía	9	9	20	19	19	19
Luxemburgo	9	10	10	15	15	16
República Checa	5	5	5	5	5	10
Rusia	5	5	5	5	5	7
Suiza	0	0	3	5	5	5
Estonia	0	0	0	0	0	5
Hungría	0	0	0	1	1	2
Rumania	0	0	1	1	1	1
Total	6,434	9,466	12,965	17,356	23,235	27,257
NORTEAMÉRICA						
Estados Unidos	1820	2534	2555	4245	4655	6336
Canadá	82	125	140	207	238	317
México	3	3	3	3	3	2
Total	1,905	2,662	2,698	4,455	4,896	6,655
ASIA						
India	992	1035	1220	1507	1702	1900
China	352	404	340	399	466	468
Corea del Sur	2	7	8	8	8	8
Taiwán	0	0	3	3	3	8
Sri Lanka	0	0	3	3	3	3
Total	1,351	1,451	1,579	1,925	2,187	2,387
CENTRO Y SUDAMÉRICA						
Costa Rica	27	51	51	66	66	71
Argentina	13	13	13	13	26	26
Brasil	17	19	20	20	20	22
Caribe	13	13	13	13	13	13
Chile	0	0	0	2	2	2
Total	71	97	99	117	117	134
REGIÓN PACÍFICO						
Japón	30	68	150	300	384	401
Australia	9	8	34	73	103	196
Nueva Zelanda	24	35	37	37	37	37
Total	63	111	221	410	524	634
MEDIO ORIENTE Y AFRICA						
Egipto	6	36	63	125	125	125
Marruecos	0	14	54	54	54	54
Irán	11	11	11	11	11	11
Túnez	0	0	11	11	11	11
Israel	6	8	8	8	8	8
África	0	0	3	3	3	6
Jordania	0	1	2	2	2	2
Total	23	70	152	214	214	217
EN TODO EL MUNDO						
T O T A L (aproximado)	10,150	13,930	18,500	23,295	31,173	37,220

Fuentes: BTM Consult ApS (2001) y Wind Energy Holland (Marzo de 2003), Wind Power Monthly (2004).

Las cifras de las tablas 1.1 y 1.2 muestran por sí mismas el éxito de las estrategias de Alemania, España y Dinamarca. En Estados Unidos ha habido actividad importante en el mercado eoloeléctrico, principalmente en los últimos cinco años; sin embargo, la tabla 1.1 sugiere que a los estadounidenses aún les falta mucho por hacer para lograr cifras significativas. A finales de 2002, la distribución de la capacidad eoloeléctrica instalada en el mundo se veía como se muestra en la ilustración 1.11.

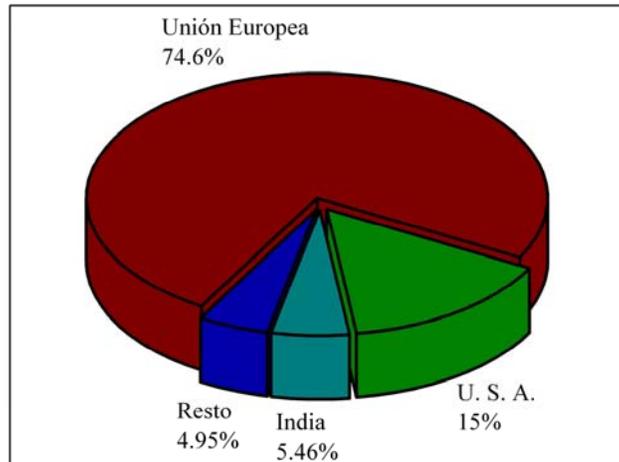


Ilustración 1.11 Distribución de la capacidad eoloeléctrica en el mundo en el 2002.

Paralelamente al crecimiento del mercado, la tecnología de aerogeneradores ha estado sujeta a un proceso de mejora continua y amplificación. La ilustración 1.12 ilustra el crecimiento de capacidad y tamaño de los aerogeneradores comerciales.

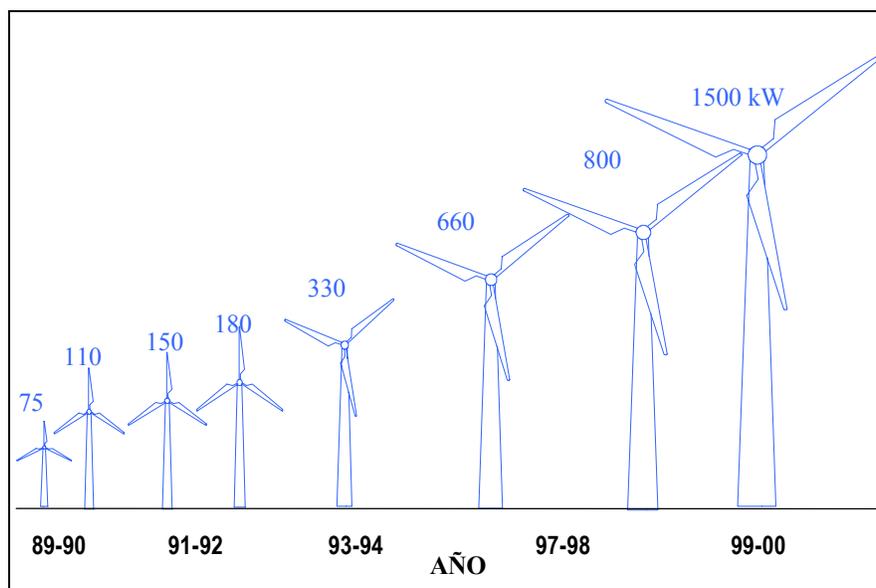


Ilustración 1.12 Tamaño de aerogeneradores comerciales (1989-2000).

Es importante notar que India y China ya han instalado cantidades significativas de capacidad eoloeléctrica. A finales de 2003, India ya tenía 1,700 MW eoloeléctricos instalados, cifra que colocó a ese país en el quinto lugar mundial. China, silenciosamente está incrementado su capacidad eoloeléctrica; a finales de 2002 China ya tenía 466 MW eoloeléctricos instalados superando así a más de 15 países europeos.

Respecto al mercado latinoamericano, la capacidad eoloeléctrica instalada aumentó de 73 MW que se tenían instalados en 1998 a 120 MW a finales de 2002. Esto significó un incremento de 63% con un promedio anual cercano a 12%. Fundamentalmente, este progreso se debe a Costa Rica, ya que los demás países que en 1998 ya contaban con algunas instalaciones eoloeléctricas (Brasil, Argentina, México, Chile y algunos países del Caribe) han tenido poca o nula actividad desde 1998. El caso de México es incipiente, ya que a pesar de que contamos con un sistema eléctrico muy grande (cerca de 40,000 MW instalados), sólo se han logrado instalar cerca de 2.7 MW eoloeléctricos que se redujeron prácticamente a 2.2 MW cuando se incendió un aerogenerador que era propiedad de una compañía privada.

Si bien es cierto que en Latinoamérica no ha habido mucha actividad respecto a la construcción de nuevas centrales eoloeléctricas, también lo es que sí ha habido actividad significativa en materia de formulación y negociación de proyectos eoloeléctricos. Desgraciadamente, la gran mayoría de las iniciativas no han progresado porque en Latinoamérica aún existen barreras por remover para que el desarrollo eoloeléctrico pueda ser una realidad. Algunos países latinoamericanos ya han avanzado de manera importante en aspectos legislativos y reguladores (por ejemplo, Costa Rica y Brasil). En Argentina, varios proyectos eoloeléctricos se frustraron por la crisis económica que ha sufrido ese país en los últimos años. En Colombia se construyó una central de 22.5 MW. En Nicaragua existe una iniciativa para construir una central eoloeléctrica de 22 MW, mientras que en Honduras se ha propuesto la construcción un proyecto de 60 MW. En Panamá se están realizando estudios para evaluar el potencial eoloeléctrico. En México, existen varios proyectos eoloeléctricos en negociación que acumulan más de 500 MW, algunas iniciativas tienen cerca de 10 años de gestión mientras que otras son relativamente nuevas. En resumen, con excepción del caso de Costa Rica, se puede decir que en Latinoamérica el mercado eoloeléctrico aún está en su etapa embrionaria.

Es evidente que durante las dos últimas décadas, el crecimiento de la generación eoloeléctrica en el mundo ha sido espectacular si se compara con sí mismo. Las razones principales han sido:

- a) El fortalecimiento de la política energética para el desarrollo sustentable por parte de los países Europeos.
- b) El gran esfuerzo de algunas organizaciones públicas y privadas de los Estados Unidos a pesar de que en el ámbito internacional ese país aún no se ha adherido a los acuerdos de más de 90 países respecto a las estrategias para mitigar el cambio climático global⁹.

⁹ La referencia (WSS, 2001) proporciona detalles sobre el tema.

- c) El compromiso de los gobiernos por apoyar sus respectivas industrias eoloeléctricas en beneficio del desarrollo económico y social.
- d) La urgencia de satisfacer necesidades de suministro de energía eléctrica en India, China y otros países.
- e) La construcción de proyectos de demostración de negocios en varios países en vías de desarrollo.
- f) El progreso en materia de desarrollo tecnológico que día con día ha hecho que la generación eoloeléctrica logre mejores índices de competitividad.

Para concluir esta sección se puntualizan los siguientes hechos y perspectivas.

- En los últimos veinte años el costo de la generación de electricidad en centrales eoloeléctricas conectadas a los sistemas eléctricos convencionales, ha disminuido considerablemente. En 1991 el costo promedio de generación era 35 ¢US/kWh, mientras que en 2002 el costo promedio fue cercano a 4 ¢US/kWh para proyectos con buenas condiciones.
- En lo relativo a empleo, EWEA (Asociación Europea de la Energía Eólica) estima que en el año 2001 alrededor de 70,000 personas estaban empleadas en el sector eoloeléctrico en todo el mundo.
- Actualmente, los aerogeneradores para aplicaciones interconectadas a red (incluyendo los modelos que se ofrecen en el mercado y los prototipos más recientes) tienen capacidades que van de 300 a 4,500 kW. Sus rotores tienen diámetros entre 34 y 110 metros y se instalan en torres que alcanzan hasta 100 metros de altura.
- En Europa se han realizado varios estudios que coinciden en que mediante la generación eoloeléctrica sería posible suministrar de 10 a 20 % de su consumo de electricidad, sin necesidad de hacer cambios a la forma en que actualmente se operan los sistemas eléctricos.
- Si bien ahora existen decenas de miles de aerogeneradores operando eficazmente, la investigación y el desarrollo tecnológico, con base en la experiencia operacional, continúan dando frutos en la mejora continua de la tecnología y en la expansión de su ámbito de aplicación. Las proyecciones a futuro cercano (v.g., 20 años), resultan en expectativas de alta competencia económica con las opciones convencionales más baratas para generar electricidad.
- El pronóstico para el 2006 estima que la capacidad eoloeléctrica instalada en el mundo puede llegar a 50,000 MW. De ser así, el volumen de ventas total en la industria eólica llegará a tener un promedio aproximado de 4 mil millones de dólares por año.
- En abril del 2003, el Presidente de la Asociación Europea de Energía Eólica (EWEA), en su conferencia plenaria durante la Conferencia Europea de Energía Eólica (EWEC

93), dijo que las estimaciones más recientes indicaban que para el año 2010, Unión Europea podría contar aproximadamente con 75,000 MW eoloeléctricos. El Presidente de EWEA agregó que la meta era ambiciosa pero realista. Cabe mencionar que desde hace varios años, las metas pronosticadas por EWEA han sido superadas.

Capítulo 2

Estrategias de los principales mercados eoloeléctricos

*Sólo cabe progresar cuando se piensa en grande,
sólo es posible avanzar cuando se mira lejos.
José Ortega Gasset*

La información del capítulo anterior nos lleva a formular varias preguntas, quizás la más interesante es ¿Qué estrategias son las que han llevado a algunos países industrializados a ocupar los primeros lugares respecto al desarrollo eoloeléctrico? Para contestar a ello a continuación se resumen las estrategias llevadas a cabo en algunos países.

2.1 Alemania

¿Qué ha hecho el Gobierno de Alemania para que hoy el desarrollo eoloeléctrico en ese país supere 14,000 MW instalados?

Desde 1974, el Gobierno de Alemania ha apoyado el desarrollo tecnológico para aprovechar la energía eólica. Por inicio, dicho apoyo se dio a través del Ministerio Federal para la Educación, la Ciencia, la Investigación y la Tecnología, mediante una serie de programas multi-anales denominados *Programas del Gobierno Federal para Investigación y Tecnología de la Energía*. A partir de entonces se han realizado cambios estratégicos a estos programas pero sus objetivos fundamentales aún están vigentes. El desarrollo eoloeléctrico en Alemania ya ha cumplido 30 años de apoyo gubernamental sostenido.

Los objetivos principales de los *Programas del Gobierno Federal para Investigación y Tecnología de la Energía* son conservar los recursos energéticos no renovables, asegurar el suministro de energía y proteger al medioambiente. Mediante estos programas se establecieron las condiciones que permitirían el desarrollo de las opciones tecnológicas para aprovechar las fuentes de energía renovable. En 1994 se decía que el Gobierno Alemán había aportado un poco más de 220 millones de dólares para investigación, desarrollo y demostración (AIE, 1994). Entre 1998 y 2001 el apoyo gubernamental al desarrollo de tecnologías para aprovechamiento de las fuentes de energía renovable alcanzó 489 millones de Euros. Es decir, un promedio de 122 millones Euros por año.

Con base en los citados apoyos gubernamentales, para 1994 ya se había desarrollado una gran variedad de aerogeneradores con capacidades nominales entre 5 y 300 kW. Éstos se

instalaron en siete proyectos demostrativos. De 1983 a 1992 el Gobierno Alemán apoyó la construcción de 214 aerogeneradores que acumularon 14.5 MW. Estas máquinas fueron la base de un programa llamado *250 MW Wind* que se instauró desde 1989. El propósito de dicho programa (aún vigente) es llevar a cabo, durante varios años, pruebas, evaluación y mejora continua de aplicaciones de la tecnología eólica en escala industrial. Para ello, la disseminación de la tecnología se acompañó de un programa científico de medición y evaluación que se enfocó a recopilar y analizar datos estadísticos y preparar mejoras técnicas. En noviembre de 1994 había 1,255 aerogeneradores instalados que estaban adscritos al programa *250 MW Wind*; en conjunto acumulaban 233 MW con un promedio de 185 MW de capacidad nominal. En 1994, cerca de 90% de la energía producida por estos aerogeneradores era alimentada a la red eléctrica pública; el resto se destinaba al autoabastecimiento.

Los operadores de las centrales eoloelectricas que están adscritos al programa *250 MW Wind* reciben asistencia para la adecuada operación de sus instalaciones. En 1994, si la electricidad que se producía se entregaba a la red eléctrica pública, se recibía un subsidio de DEM 0.06 (3.87 centavos de dólar) por kWh. En caso de que la producción se destinara al autoabastecimiento, el subsidio correspondiente era DEM 0.08 (5.10 centavos de dólar) por kWh. En ciertos casos, también se otorgaba subsidio a la inversión que podía llegar hasta 25% de costos elegibles. Además, las instituciones gubernamentales de crédito otorgaban préstamos favorables con tasas de interés rebajadas y cierto número de *años sin pago requerido*¹. Por consiguiente, el programa *250 MW Wind* tuvo mucho éxito; en la fecha límite para la recepción de propuestas había cerca de 6,000 propuestas registradas que acumulaban más de 3,500 MW. Sólo se apoyaron cerca de 1,200 propuestas que correspondieron a más de 1,500 aerogeneradores que acumularon 384.5 MW. Se espera que el programa termine alrededor del año 2008 con una ayuda total de 153.5 millones de Euros. En el año 2001 el subsidio provisto por el programa *250 MW Wind* se redujo a 0.0307 Euros/kWh para sistemas interconectados a la red eléctrica y 0.0409 Euros/kWh para sistemas de autoabastecimiento.

En 1994 el Ministerio de Asuntos Económicos ofreció otro programa de demostración para aerogeneradores con capacidad entre 450 kW y 1 MW; esto para sitios donde la velocidad del viento promedio anual fuera mayor que 5.5 m/s a 10 metros de altura sobre el terreno. Este nuevo programa fue diseñado específicamente para impulsar el desarrollo y aplicación de aerogeneradores más grandes.

En 1996 entró en vigor la cuarta versión del *Programa del Gobierno Federal para Investigación y Tecnología de la Energía*, con las siguientes metas:

1. Mejorar el funcionamiento y la confiabilidad de técnicas existentes.
2. Desarrollo y demostración de los conceptos tecnológicos para el futuro.
3. Apoyos a la investigación básica de los dos puntos anteriores.

A partir del 1° de enero de 1991 entró en vigor la *Ley para la Alimentación Eléctrica* (EFL por sus siglas en inglés, *Electricity Feed Law*). Esta ley obligó a las compañías eléctricas a comprar la electricidad proveniente de fuentes renovables de energía al precio garantizado

¹ De la expresión en inglés *pay-off-free years*

de 90% de la tarifa promedio² por kWh (en 1998 esto correspondió a 0.0858 Euros/kWh y en 1999 a 0.0845 Euros/kWh).

A partir de 1998, la liberalización del mercado y la competencia en el sector eléctrico creció rápidamente en Alemania. Esto trajo como consecuencia preocupación por el futuro del mercado de tecnologías para el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable. La preocupación surgió porque la reducción en las tarifas que pagan los consumidores ocasionó automáticamente la reducción de la remuneración que por ley se debía dar a la energía renovable, de acuerdo con el párrafo anterior.

El posible colapso del mercado de la energía renovable, principalmente del próspero mercado eoloeléctrico, podría tener consecuencias lamentables para algunos sectores de la economía Alemana, en especial para los fabricantes de aerogeneradores, las instituciones financieras y, en general, para toda la gente que trabaja en la industria eoloeléctrica Alemana. Para evitar dicha situación indeseable, en 1999 el Gobierno Alemán preparó una ley específica para las fuentes de energía renovable: La *Ley para Energías Renovables*³ que entró en vigor el 1º de abril de 2000. Entre los principales puntos que considera dicha ley se encuentran:

- Los operadores de la red eléctrica tienen la obligación de dar prioridad de acceso a toda generación de electricidad proveniente de fuentes de energía renovable.
- Una tarifa fija para compra de electricidad proveniente de cada una de las fuentes de energía renovable.
- Reglas para la conexión a la red y refuerzo de la red.
- Un mecanismo para compartir equitativamente los costos de tarifa entre todos los operadores de la red (*arreglo de cuota de renovables*).

En esta ley se establece que los operadores de los aerogeneradores deben recibir 0.0910 Euros/kWh durante los primeros cinco años de operación. A partir del sexto año, para los aerogeneradores que han producido 150% más energía que un aerogenerador estándar definido como referencia⁴, la tarifa bajará a no menos de 0.0612 Euros/kWh. Para aerogeneradores que producen por debajo del 150% del límite de referencia teórico, el período de pago máximo se prolonga dos meses por cada 0.75 de punto porcentual, hasta lograr el 150% de producción del generador estándar. Es importante mencionar que para estas dos tarifas se prevé una disminución de 1.5% por año a partir de enero de 2002. Así, las tarifas en 2002 fueron 0.0895 Euros/kWh y 0.0608 Euros/kWh y se espera que en 2003 sean 0.0883 Euros/kWh y 0.0594 Euros/kWh respectivamente. Las centrales eoloeléctricas

² 90% de la tarifa promedio que pagan los consumidores privados, excluyendo el 15% de impuesto.

³ *Erneuerbare-Energien-Gesetz*, EEG

⁴ El aerogenerador estándar o aerogenerador de referencia se define, en la práctica, mediante el valor promedio obtenido en un periodo de cinco años de una serie de diversos tipos de aerogeneradores operando a una velocidad del viento media de 5.5 m/s, a una altura de 30 m con un perfil logarítmico y una rugosidad igual con 0.1 m en condiciones específicas. Para tal efecto se utiliza un modelo de curva de potencia internacionalmente reconocida y aprobada por la Unión Europea. La generación eléctrica real de los aerogeneradores se compara con el modelo equivalente de referencia.

fuera de costa recibirán la tarifa preferente de 0.091 Euros/kWh durante los primeros 9 años de operación, siempre y cuando éstas estén en operación antes de finales de 2006 y se encuentren emplazadas a más de tres millas náuticas de la costa.

En el año 2001, bajo la responsabilidad del Ministerio de Economía y Tecnología, entró en vigor un *Plan de Inversión para el Futuro*. El presupuesto anual de este plan es de 41 millones de Euros y permite el financiamiento de proyectos de investigación y desarrollo de tecnologías de fuentes renovables de energía. Como parte de este nuevo plan se encuentra un programa de mediciones fundamentales para el desarrollo de centrales eoloeléctricas fuera de la costa.

En el año 2001, las asociaciones de energía eólica, los institutos de investigación y varios ministerios alemanes discutieron exhaustivamente la utilización de la energía eólica fuera de la costa. Como factores restrictivos se identificaron las características particulares fuera de la costa en los mares del Norte y Báltico, las implicaciones técnicas y económicas, el uso actual, el impacto ambiental y la aceptación pública. En el primer semestre de 2001, la Agencia Federal Marítima e Hidrográfica aprobó la oferta de instalación de 15,000 MW eoloeléctricos fuera de costa, tanto en sus mares territoriales como en la zona económica exclusiva de Alemania.

En junio de 2001, el Ministerio de Medioambiente publicó un informe desarrollado por la *Agencia Ambiental Federal Alemana* y la *Oficina Federal Alemana para la Conservación de la Naturaleza*. En el informe se recomienda que para la instalación de centrales eoloeléctricas fuera de costa se sigan las siguientes fases:

1. Fase preparatoria: de 2001 a 2003 realización de estudios.
2. Fase inicial: de 2003 a 2007; desarrollo de 500 MW.
3. Primera fase de expansión: de 2007 a 2010; desarrollo de 2,000 a 3,000 MW.
4. Segunda fase de expansión: de 2010 a 2030; desarrollo de 20,000 a 25,000 MW.

El 4 de febrero de 2002, el Ministerio de Medioambiente ratificó la meta estratégica de instalar 25,000 MW fuera de costa antes del año 2030. La principal razón es el compromiso de reducir en 10% las emisiones nacionales de bióxido de carbono tomando como referencia las emisiones ocurridas en 1998.

Actualmente, todo indica que Alemania continuará su desarrollo eoloeléctrico con énfasis en la construcción de centrales eoloeléctricas fuera de costa y actualización de desarrollos tierra adentro. Independientemente de las fluctuaciones del mercado de la electricidad convencional, la rentabilidad de los proyectos eoloeléctricos estará asegurada por *Ley para las Energías Renovables* que entró en vigor en el año 2002.

2.2 Dinamarca

¿Cómo fue que Dinamarca llegó a ser el principal exportador de aerogeneradores?

¿Qué es lo que ha propiciado que actualmente cerca de 60% de los aerogeneradores instalados en el mundo sean de manufactura danesa?

¿Porqué Dinamarca es el único país que genera con energía eólica más de 16 % de la electricidad que consume?

En 1973, el total de las necesidades energéticas de Dinamarca eran satisfechas con combustibles importados. Por consiguiente, la primera reacción a la crisis petrolera fue fomentar cualquier iniciativa que condujera al ahorro de petróleo, incluyendo la conversión de centrales termoeléctricas de combustóleo a carbón y el incremento en el aprovechamiento de calor de desecho. El siguiente paso fue promover la investigación y el desarrollo tecnológico de sistemas para aprovechar las fuentes de energía renovable, incluyendo los sistemas conversores de energía eólica, por supuesto.

La estrategia para desarrollar los sistemas conversores de energía eólica fue llevada a cabo en dos vertientes. La primera (patrocinada por el gobierno y las compañías eléctricas Danesas) se enfocó al desarrollo de aerogeneradores para interconexión a red. La segunda (en el ámbito de la pequeña y mediana empresa) se enfocó al desarrollo de pequeños aerogeneradores cuyo uso se promovió mediante la combinación de subsidios a la inversión y subsidios a la producción.

En 1976, el objetivo fundamental de la política energética de Dinamarca se dirigió a mitigar los efectos de posibles crisis de energéticos. El plan *Energía 81*, se fundamentó contra los incrementos drásticos del precio de la energía después de la crisis petrolera de 1979. En este plan también se enfatizaron aspectos socioeconómicos y ambientales. En la década de 1980 el desarrollo del sistema eléctrico continuó siguiendo la tendencia mundial de ese momento; es decir, quemando gas natural para generar electricidad. No obstante, con el propósito de lograr que el crecimiento de la capacidad eoloeléctrica instalada fuera estable, en 1985 el Gobierno de Dinamarca comprometió a las compañías eléctricas a instalar 100 MW eoloeléctricos en los siguientes 5 años. Las metas de este acuerdo se lograron en 1992. En 1990 entró en vigor un nuevo acuerdo para instalar otros 100 MW antes de que concluyera 1993. El logro del segundo acuerdo se retrasó por lo menos dos años, debido a la oposición de lugareños para el desarrollo de centrales eoloeléctricas.

A mediados de 1990, el Gobierno de Dinamarca emitió el plan *Energía 2000*, subtítulo *Plan de Acción para el Desarrollo Sustentable*. En este plan, el Gobierno de Dinamarca estableció la meta estratégica de contar con 1,500 MW eoloeléctricos instalados para el año 2005. Aquí, es importante enfatizar que el desarrollo eoloeléctrico de Dinamarca en escala significativa, comenzó con un plan de acción para instalar 1,500 MW eoloeléctricos en un plazo de 10 años. A finales del 2003 la capacidad eoloeléctrica instalada en Dinamarca era cercana a 3,100 MW.

Lo que comenzó a limitar el crecimiento eoloeléctrico en Dinamarca fue la escasez de tierras para construcción de centrales eoloeléctricas ya que la superficie de este país es tan sólo 43,093 Km² (equivale aproximadamente a 45% de la superficie del estado de Oaxaca). Por consiguiente, Dinamarca tuvo que pensar en instalar centrales eoloeléctricas en el mar. Primero, comenzó con instalaciones en la costa (*on-shore*) y luego con instalaciones fuera de costa (*off-shore*) que en la actualidad se alejan hasta 20 kilómetros mar adentro. Por supuesto, para que eso fuera posible, la industria eoloeléctrica, apoyada por los centros de investigación, desarrolló aerogeneradores más robustos que soportaran vientos más intensos y un medio ambiente más agresivo, además de las cargas dinámicas del oleaje marítimo.

En el documento *Futuro de la Energía en Dinamarca*, publicado en diciembre de 1995, se presentó un análisis técnico de las perspectivas de consumo y las posibles fuentes de energía utilizables. Con base en dicho documento se formuló el plan *Energía 21*, publicado en 1996. En este plan se ratificó que la producción de electricidad con aerogeneradores es la opción tecnológica más económica para reducir de emisiones de CO₂. En el plan *Energía 21* también se establecieron iniciativas tales como:

- Tomar decisiones sobre el desarrollo de centrales eoloeléctricas fuera de costa.
- Planear las centrales eoloeléctricas como característica regular de la planeación de desarrollo regional y municipal.
- Instaurar esquemas para reemplazar aerogeneradores obsoletos.

El plan *Energía 21* considera que no es conveniente instalar más de 1,500 MW eoloeléctricos en tierra y que el desarrollo eoloeléctrico a partir del año 2005 debe continuar con instalaciones fuera de costa. Se trazó la meta estratégica de contar con 5,500 MW para el año 2030, de los cuales 1,500 MW estarán en tierra firme y los 4,000 restantes en el mar. En 2002 se construyó una central eoloeléctrica de 160 MW mar adentro (Horns Reef), con máquinas de 2 MW de capacidad nominal.

En Dinamarca se han utilizado distintos elementos de política energética para alcanzar las metas de desarrollo eoloeléctrico; en la tabla 2.1 se muestran los principales.

Tabla 2.1 Elementos de política energética utilizados en Dinamarca para promover la tecnología y la implantación de la energía eólica.

Elementos de Impulso de Mercado	Elementos de Empuje Tecnológico
Incentivos <ul style="list-style-type: none"> • Regulación para interconexión a la red • Convenios de compra • Impuestos • Subsidios en la producción • Acuerdos de utilidades 	Incentivos <ul style="list-style-type: none"> • Programas de investigación y desarrollo • Centros de prueba de aerogeneradores • Cooperación internacional
Otros elementos de regulación y política energética	
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación del recurso eólico • Regulación para propietarios locales • Programas de información • Procedimientos de planeación 	<ul style="list-style-type: none"> • Esquemas de aprobación y certificación • Normalización

Los elementos de impulso de mercado instaurados por el Gobierno de Dinamarca, han cambiando con el tiempo. A partir de 1993 la ley exigió que las compañías eléctricas permitieran la conexión a la red de centrales eólicas privadas y que pagaran por la electricidad generada. Para las centrales eoloeléctricas construidas en aquellos años, el pago por la electricidad se relacionó con las tarifas de electricidad (incluyendo costos de producción y distribución). Las compañías eléctricas pagaron a los propietarios de las

centrales eoloeléctricas 85% de la tarifa por kWh generado. En 1997 esto correspondió a 0.38 DKK/kWh (aproximadamente 5.97 centavos de dólar por kWh). Además, el Gobierno otorgó 0.10 DKK/kWh (aproximadamente 1.57 centavos de US\$ por kWh) por concepto de reembolso del impuesto a la emisión de CO₂ y 0.17 DKK/kWh (aproximadamente 2.67 centavos de US\$) por concepto de subsidio directo a la producción. Como resultado, en 1997 se pagaba cerca de 0.55 DKK/kWh (aproximadamente 8.64 centavos de US\$ por kWh) a los propietarios de aerogeneradores o centrales eoloeléctricas. Esta cifra se redujo en los años siguientes.

De 1996 a 1997 el desarrollo eoloeléctrico en Dinamarca fue prácticamente constante, con la instalación de aproximadamente 300 MW por año.

En la primavera de 1999 se llevó a cabo una reforma eléctrica enfocada a liberar el mercado de electricidad. Cabe subrayar que esto se llevó a cabo en el marco de un *Acuerdo de Política Energética para la Reforma Eléctrica* en el que quedó establecido que para el año 2003, 20% del consumo de electricidad en Dinamarca deberá ser suministrado con energía renovable, correspondiendo la mayor participación a energía eólica, pero también a biomasa. La contribución de la generación eoloeléctrica al abasto de electricidad en Dinamarca, sistemáticamente ha superado las metas estratégicas establecidas en los planes energéticos del gobierno. Esto también será cierto para los planes vigentes ya que en octubre de 2003 había evidencias de que las metas ya se habían superado. El pronóstico para finales de 2003 es que la generación eoloeléctrica cubrirá 18% de las necesidades de electricidad de Dinamarca.

Durante el año 2000, el crecimiento eoloeléctrico en Dinamarca fue extraordinario (600 MW); sin embargo, durante 2001 cayó a 117 MW para incrementarse nuevamente en el año 2002 a cerca de 500 MW.

Cabe mencionar que para el período 2000 a 2003 se estableció un techo para la emisión de CO₂ en el sector eléctrico. En el año 2000 el techo correspondió a 23 millones de toneladas (Mt), en 2001 a 22 Mt, y en 2003 a 20 Mt. Esta cantidad se divide proporcionalmente entre las compañías eléctricas. Si alguna compañía excede su propio techo, debe pagar al Gobierno la suma de 40 DKK por tonelada de CO₂ en exceso (aproximadamente US\$ 5.6 por tonelada de CO₂).

Actualmente la política energética del Gobierno de Dinamarca es reforzar el uso de instrumentos basados en condiciones de mercado. Los elementos de estrategia que se contemplan para apoyar el desarrollo eoloeléctrico en los próximos diez años son:

- Incentivos económicos: cambiar gradualmente a un esquema de precio de mercado + bono ambiental.
- Investigación y desarrollo tecnológico: reforzar y reorientar
- Diseminación: licitar centrales eoloeléctricas fuera de costa.

A partir del año 2003, el precio de compra de la energía eoloeléctrica es igual al precio de mercado más un bono ambiental de 0.10 DKK/kWh (aproximadamente 1.57 centavos de US\$). Se estableció un techo de tal forma que la suma del precio de mercado más el apoyo adicional no puede ser mayor que 0.36 DKK/kWh (aproximadamente 5.65 centavos de

US\$). Esto aplica a todos los aerogeneradores comprados hasta el 31 de diciembre de 1999 con *edad* de 10 a 20 años. Asimismo, aplica a todos los aerogeneradores que se hayan comprado después del 1° de enero del año 2000.

Se dice que el cambio a las nuevas reglas del mercado liberado tendrá implicaciones significativas en el desarrollo eoloeléctrico de Dinamarca. No obstante, se cree que con el nuevo esquema implantado por el Gobierno (licitaciones para centrales fuera de costa) el siguiente proyecto entraría en operación hasta 2007. Mientras tanto, lo que está sucediendo y continuará en los próximos años, es el reemplazo de aerogeneradores obsoletos (con capacidades menores de 150 KW, por máquinas de mayor capacidad), esto gracias a que está vigente un incentivo económico para dichos fines.

Ya se dijo que Dinamarca es uno de los países pioneros en la investigación y desarrollo tecnológico en generación eoloeléctrica. El desarrollo eoloeléctrico de Dinamarca siempre ha ido acompañado de programas de I+D. En el año 2000, la Agencia Danesa de la Energía publicó un nuevo plan de acción para la investigación y desarrollo eoloeléctrico a largo plazo. Los temas dominantes para los proyectos son.

- Tecnología de los aerogeneradores.
- Recursos eólicos y clima.
- Integración de los aerogeneradores al sistema eléctrico.
- Efectos ambientales de los aerogeneradores.

Los principales propósitos del programa de investigación son.

- Contribuir con actividades de investigación a corto plazo para la realización de las metas de política energética de largo plazo.
- Apoyar la investigación a largo plazo y establecer la base de nuevas iniciativas en política energética.
- Contribuir a lograr otras metas asociadas con el uso de la energía, tales como el desarrollo económico del país, las mejoras ambientales, el desarrollo industrial, el empleo y la exportación.
- Contribuir con el desarrollo global sostenible mediante la difusión de la tecnología y el conocimiento adaptado para las condiciones de países en vía de desarrollo.

La Agencia Danesa de la Energía es responsable de administrar el esquema aprobado para la generación eoloeléctrica. En este esquema se consideran diferentes reglas para aprobar la construcción centrales eoloeléctricas y satisfacer las necesidades comunes de fabricantes, propietarios y autoridades. Con la anuencia de la Agencia Danesa de la Energía, un grupo del Laboratorio Nacional Risø actúa como centro de información de dicho esquema. La aprobación para construir una central eoloeléctrica requiere la aprobación del aerogenerador a instalar de acuerdo con reglas establecidas en el documento *Criterios Técnicos para Aprobar y Certificar Aerogeneradores*. Asimismo, es requisito que los desarrolladores del proyecto cuenten con un sistema de calidad certificado para las actividades de construcción y operación de las instalaciones eoloeléctricas. Actualmente,

algunos de estos requisitos se basan en las normas emitidas por la Comisión Electrotécnica Internacional.

Para el año 2004 se llevarán a cabo los siguientes programas, relacionados con financiamiento de proyectos de I+D en energía renovable.

- Programa de Investigación en Energía, administrado por la Autoridad Danesa de Energía, con un presupuesto cercano a 6 millones de dólares.
- Programa de Investigación y Desarrollo en Energía Renovable, administrado por Consejo Danés de Investigación Técnica, con un presupuesto cercano a 5.5 millones de dólares.
- Programa de fondos obligatorios del servicio público para apoyar el desarrollo de energía limpia, con un presupuesto cercano a 15 millones de dólares.

La industria eoloelectrica Danesa está compuesta por cinco fabricantes principales:

- Bonus Energy A/S
- NEG Micon A/S
- Vestas Wind Systems A/S
- Norwin A/S
- Wincon West Wind A/S.

Nordex Borsing es una compañía que tiene su origen en Dinamarca, pero actualmente tiene la mayor parte de su capacidad de fabricación en Alemania.

Existen varias empresas que fabrican componentes para aerogeneradores, entre ellas:

- LM Glasfiber A/S, que fabrica aspas de fibra de vidrio.
- Dan Control Engineering A/S, Mita Teknik A/S y DWC, producen sistemas de control y comunicaciones; Svendborg Brakes A/S produce sistemas de freno.

Asimismo, las subsidiarias de industrias multinacionales tales como Siemens, ABB, SKF, FAG, entre otras, han desarrollado negocios en el tema de la generación eoloelectrica.

En el año 2002, los fabricantes Daneses de aerogeneradores vendieron cerca de 3,150 MW, lo que implicó que su penetración en el mercado mundial fue cercana a 45%. En esta industria se han generado miles de empleos directos e indirectos.

2.3 España

¿Porqué el mercado eoloelectrico Español es uno de los que ha venido creciendo con mayor rapidez?

¿Cómo fue que en el año 2002 España logró rebasar a los Estados Unidos en capacidad eoloelectrica instalada y colocarse como la segunda potencia mundial en el tópico?

En los últimos años, el mercado eoloeléctrico español se ha desarrollado de manera notable. A finales de 2003 la capacidad eoloeléctrica instalada en España superó los 5,700 MW. Galicia, Andalucía, Navarra, Canarias y Aragón son las comunidades autónomas con mayor capacidad de generación eoloeléctrica. A pesar de que el desarrollo eoloeléctrico en España ha prosperado más rápido con respecto a otros países Europeos, se debe tomar en cuenta que su despegue y consolidación tomó cerca de una década.

Al igual que en otros países, el éxito del desarrollo eoloeléctrico en España también se debe a los siguientes factores fundamentales.

- La existencia de leyes y reglamentos específicos para fomento de las fuentes de energía renovable.
- Soporte gubernamental para investigación y desarrollo tecnológico, así como para asimilación y transferencia de tecnología.
- Desarrollo de una industria eoloeléctrica propia.
- Disponibilidad de recurso eólico.
- Apoyo público.

Se puede decir que el Gobierno de España comenzó a fomentar el desarrollo eoloeléctrico desde 1980. Por inicio, de 1980 a 1985, se instauraron programas gubernamentales para evaluar el recurso eólico y desarrollar tecnología propia. Como resultado del segundo propósito surgieron dos empresas Españolas, Made y Ecotecnia, mismas que iniciaron comercializando pequeños aerogeneradores de 20 y 30 kW desarrollados por ingenieros Españoles. La evaluación del recurso eólico en áreas prometedoras continuó de 1985 a 1990. Asimismo, a principios de dicho lustro se puso en marcha un programa de instalaciones eoloeléctricas con carácter demostrativo que estuvo a cargo del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). En aquel tiempo, el Centro de Investigación Energética Medioambiental y Tecnológica (CIEMAT), principal centro público de investigación en el tema de la energía en España, comenzó sus actividades en el tema de la energía eólica interconectada a red. Con el auspicio del programa de investigación y desarrollo de la Comisión Europea, CIEMAT realizó el proyecto AWEC-60, que consistió en el desarrollo de un aerogenerador de 1.2 MW de capacidad con 60 metros de diámetro (ver ilustración 2.1).

En 1994, el Gobierno Español impulsó el desarrollo eoloeléctrico de manera significativa, con la emisión del Real Decreto 2366/1994. Esta ley estableció el precio que se pagaría a las centrales eoloeléctricas de autoabastecimiento. Además, se otorgaron subsidios a la inversión de proyectos eoloeléctricos de acuerdo con lo siguiente: 26% para proyectos comerciales, 35% para proyectos demostrativos y 49% para proyectos de innovación tecnológica.

En noviembre de 1997 se emitió la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico⁵. Esta Ley estableció los principios de un nuevo modelo para la generación de electricidad, basado en la libre competencia. No obstante, dicha ley fue elaborada de tal forma que fomentó la libre competencia pero a la vez mantuvo principios para la consecución de otros objetivos tales como la mejora de la eficiencia energética, la reducción del consumo y la protección del

⁵ Y sus modificaciones emitidas un mes después (Ley 66/1997)

medio ambiente. Por otra parte, estos principios también fueron función de los compromisos internacionales adquiridos por España respecto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Para ello, la Ley estableció la existencia de un **régimen especial** de producción de energía eléctrica, como régimen diferenciado del ordinario. Cabe mencionar que el *régimen especial* se había venido regulando desde el año 1980 mediante normativa diversa. Sin embargo, la Ley 54/1997 hizo obligada la promulgación de un Real Decreto para tratar de hacer compatible el funcionamiento de dicho régimen con la regulación de libre competencia.



Ilustración 2.1. Aerogenerador AWEC-60 en Galicia, España.

Un año después, en diciembre de 1998, se promulgó el Real Decreto 2818/1998, sobre *producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovable, residuos y cogeneración*.

El Real Decreto 2818/1998 reiteró que el régimen ordinario el mercado de producción de electricidad se rige por la oferta y la demanda de electricidad y que los precios se establecen como consecuencia del funcionamiento de un mercado organizado. No obstante, estableció el impulso del desarrollo de instalaciones de *régimen especial*, mediante la creación de un marco favorable sin incurrir en situaciones discriminatorias que pudieran limitar la libre competencia, aunque estableciendo situaciones diferenciadas para aquellos sistemas energéticos que contribuyeran con mayor eficacia a la mejora de la eficiencia energética, la reducción del consumo y la protección del medio ambiente. Para ello, el Decreto estableció un sistema de incentivos temporales para aquellas instalaciones que requirieran de ellos para situarse en posición de competencia en un mercado libre.

El Decreto estableció que para las instalaciones basadas en energía renovable y de residuos, el incentivo no tiene límite temporal debido a que es necesario internalizar sus beneficios

ambientales y a que, por sus características especiales y nivel tecnológico, sus mayores costos no permitían la competencia en un mercado libre.

En el Decreto Real 2818/1998, se anticipó que los incentivos para las energías renovables eran tales que permitirían que su aportación a la demanda energética de España llegara a ser de 12 % para el año 2010, tal como fue ordenado en una disposición transitoria de la Ley 54/1997.

El ámbito de aplicación del Decreto Real 2818/1998 abarca las instalaciones de producción de energía eléctrica con potencia eléctrica instalada inferior o igual que 50 MW, en los siguientes casos:

- a) Instalaciones de autoprodutores que utilicen la cogeneración u otras formas de producción térmica.
- b) Instalaciones que utilicen como energía primaria: energía solar, **energía eólica**, energía geotérmica, energía de las olas, energía de las mareas, energía de rocas calientes y secas, centrales hidroeléctricas, centrales que utilicen como combustible principal biomasa primaria (plantaciones energéticas), centrales que utilicen como combustible principal biomasa secundaria. Asimismo, centrales híbridas de los grupos anteriores y centrales híbridas de los grupos anteriores con combustibles convencionales, cuando los combustibles convencionales no aporten más del 50% de la energía primaria. Quedó establecido que en el caso de sistemas híbridos con energías convencionales, la producción de electricidad que corresponde al uso de combustibles sería retribuida al precio de mercado.
- c) Otros casos.

En el Real Decreto 2818/1998 se estableció el procedimiento para incluir una instalación de producción de energía eléctrica en el régimen especial, incluyendo: competencias administrativas, autorización, requisitos, tramitación, resolución, registro, inscripción.

Asimismo, se establecieron las condiciones de entrega de la energía eléctrica producida en régimen especial, incluyendo contratos con la empresa distribuidora, derechos de los productores en régimen especial, obligaciones de los productores en régimen especial, y otros.

El Real Decreto 2818/1998 incluye un capítulo de régimen económico. En este capítulo se establece el precio por la energía entregada en régimen especial, de acuerdo con lo siguiente:

La retribución que los productores obtienen por la cesión de energía eléctrica proveniente de instalaciones de régimen especial será:

$$R = P_m + P_r \pm ER$$

Donde:

R es la retribución en pesetas

P_m es el precio de mercado calculado con base en la oferta de los operadores de mercado para esquemas simplificados de facturación.

P_r es una prima

E_R es un suplemento o penalización por concepto de energía reactiva

Originalmente, la prima para generación eoloeléctrica se estableció en 5.26 pesetas/kWh. El Ministerio de Industria y Energía debe revisar esta prima anualmente, tomando en cuenta la variación del precio medio de venta de electricidad. Para ello, el precio medio de venta de electricidad se define como:

$$PM = \frac{I}{E}$$

Donde:

I son los ingresos previstos derivados de la facturación por suministro de electricidad, excluyendo el impuesto sobre el valor añadido y cualquier otro tributo que grave el consumo de electricidad.

E es la energía suministrada prevista.

Los operadores de las instalaciones inscritas en el régimen especial pueden optar por no aplicar las primas y aplicar en todas las horas un precio total a recibir de 11.20 pesetas/kWh para centrales eoloeléctricas o aerogeneradores.

El Real Decreto 2818/1998 estableció que las primas deben ser revisadas cada cuatro años.

Simultáneamente con la emisión del Real Decreto 2818/1998 se emitieron los siguientes Decretos:

- 2819 / 1988 por el que se regulan las actividades de transporte y distribución de energía eléctrica.
- 2820 / 1998 por el que se establecen tarifas de acceso a las redes.
- 2821 / 1998 por el que se establecen las tarifas eléctricas para 1999.

Posteriormente, en el año 2002 se emitió el Real Decreto 841 para regular las instalaciones de producción de energía eléctrica en **régimen especial**. Básicamente este Decreto incentiva la participación en el mercado de producción, establece determinadas obligaciones de información sobre previsiones de producción, y establece reglas para la adquisición de la energía eléctrica por parte de los comercializadores.

En la ilustración 2.2 se muestra el crecimiento de la implantación de la energía eólica en España y se indica fecha de instauración de los principales elementos legales y reguladores. Es evidente que la Ley 54/1997 y su reglamento (el Real Decreto 2818/1998) fueron los detonadores del desarrollo eoloeléctrico en España. Asimismo se observa que el Real Decreto 841 del 2002, impulsó aún más el desarrollo eoloeléctrico ya que la capacidad

eololéctrica instalada durante 2002 superó notablemente a la que se había instalado en cada uno de los tres años anteriores.

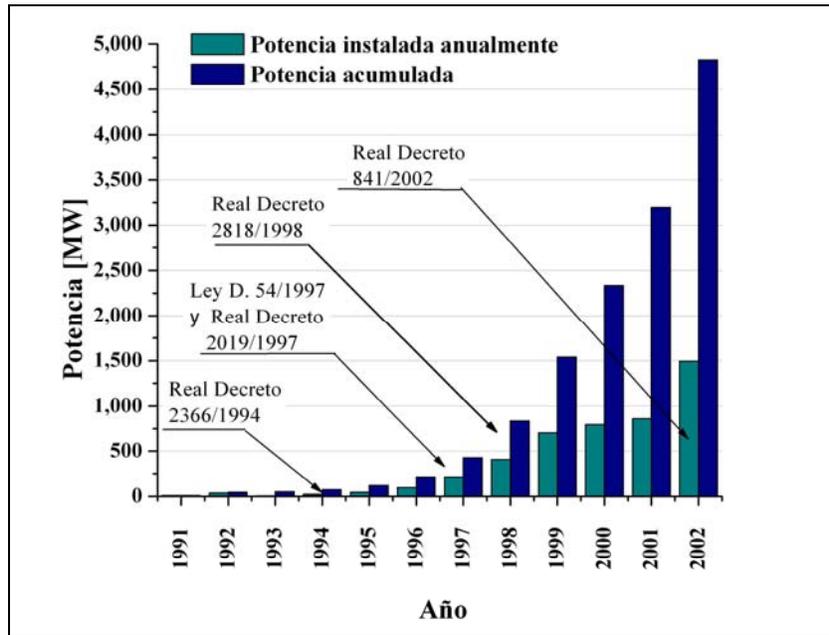


Ilustración 2.2. Desarrollo de la industria eololéctrica española y sus principales marcos legales y reguladores

Las disposiciones de la Ley 54/1997 se complementan con un Plan de Fomento de las Energías Renovables (PFER 2000-2010) con el propósito de alcanzar la meta de 12 % de aportación de las energías renovables a la demanda energética de España en el 2010. Esto significa lograr la instalación de cerca de 9,000 MW con una producción media de 21.5 TWh por año. La meta PFER para el periodo de 2002 - 2006 es instalar 2,400 MW eololéctricos y para el periodo de 2007 - 2010 es instalar alrededor de 2,600 MW. En total deberán agregarse 4,200 MW a los 4,800 que ya existían a finales de 2002. Otras de las acciones que incluye el PFER son: un nuevo programa par investigación y desarrollo de grandes y pequeños aerogeneradores, mejoras de financiamiento para crear líneas de evacuación para la electricidad generada y programas de capacitación para generación de recursos humanos.

La industria eololéctrica Española se originó por dos vertientes, la primera emergió del desarrollo tecnológico propio y la segunda emergió como consecuencia de empresas de riesgo compartido entre compañías españolas y compañías de otros países.

Made y Ecotecnia son las dos compañías españolas que surgieron del desarrollo tecnológico propio. Made fue una subsidiaria del grupo Endesa.

Gamesa Eólica nace como una empresa de riesgo compartido constituida por Gamesa (grupo de aeronáutica controlado por BBVA e Iberdrola) y Vestas (fabricante Danés de aerogeneradores). En 1994 se construyó una pequeña central eololéctrica de 6 MW en la provincia de Navarra, con máquinas Vestas V39 (500 kW) ensambladas en España por

Gamesa. De ahí en adelante, el crecimiento de Gamesa Eólica fue sobresaliente. Entre Gamesa y Vestas hubo varios acuerdos que de una u otra manera tenían que ver con transferencia de tecnología y con limitaciones de penetración de mercados. Después hubo diferencias (o competencia) entre ambas compañías, lo que concluyó con la compra-venta de la participación de Vestas a Gamesa. El acuerdo que Gamesa tenía con Vestas limitaba la venta de aerogeneradores a España, Latinoamérica y Norte de África si no era con autorización expresa de la firma danesa. Después de la venta multimillonaria, Gamesa quedó en posición de vender sus aerogeneradores en cualquier país del mundo y sin límite de tiempo. En el acuerdo se estableció que Gamesa podría usar la tecnología de Vestas en los productos existentes en todo el mundo sin restricciones, mientras que Vestas tendrá acceso al mercado español. La venta incluyó un acuerdo de transferencia tecnológica entre las dos firmas durante un período transitorio de dos años.

Posteriormente, en el 2002, Gamesa se propuso comprar a Made. En principio hubo cierta polémica y se decía que la transacción no se llevaría a cabo por la regulación existente respecto a creación de monopolios. No obstante, Gamesa obtuvo la autorización legal correspondiente y compró a la subsidiaria de Endesa.

En realidad lo expuesto en los dos párrafos anteriores son ejemplos muy simples del gran movimiento en el ámbito de la industria eoloeléctrica Española que es consecuencia del amplio volumen de negocios. Entre las compañías que más se mencionan el ámbito del desarrollo eoloeléctrico en España están Iberdrola (Gamesa), Energía Hidroeléctrica de Navarra, Endesa, Union Fenosa, Eurovento, Cesa, Dersa, Preneal, Desa, Enerfin, Abengoa, Guascor. Asimismo, varias compañías de otros países han desarrollado centrales eoloeléctricas en España, incluyendo a General Electric, mientras que otras han adquirido centrales ya construidas, como es el caso de Shell.

Es evidente que el desarrollo eoloeléctrico en España ha creado miles de empleos directos e indirectos y ha reforzado la base industrial. Asimismo, la generación eoloeléctrica en España ha generado recursos adicionales a cientos de propietarios de tierras eólicas. Las compañías eoloeléctricas españolas están exportando bienes y servicios a varios países del mundo. Como consecuencia, es indudable que el Gobierno Español está teniendo ingresos considerables por concepto de impuestos que se generan en la industria eoloeléctrica, tanto de manera directa como indirecta.

Entonces, aquí se antoja invitar al lector a hacer una reflexión ¿El Gobierno de España está subsidiando la generación eoloeléctrica o los incentivos que otorga el Gobierno de España a la generación eoloeléctrica son en realidad **inversiones inteligentes**?

2.4 Estados Unidos

¿Cómo fue que Estados Unidos propició el desarrollo de la generación eoloeléctrica en gran escala en el mundo?

¿Por qué este País se quedó rezagado respecto a países Europeos?

¿Se espera que Estados Unidos resurja como el líder mundial en generación eoloeléctrica?

En Estados Unidos la industria eólica también inició como respuesta a la primera crisis petrolera de 1973. Después se reforzó durante la segunda crisis de energéticos ocurrida entre 1978 y 1979. En 1978, el *Acta de Políticas Reguladoras para la Compañía Pública Eléctrica* (PURPA por sus siglas en inglés⁶) creó las primeras reglas de mercado para la generación eoloeléctrica. PURPA exige que las compañías eléctricas compren electricidad a pequeños productores que usen energía renovable en centrales generadoras de menos de 80 MW de capacidad nominal. La compra se realiza con base en el *costo evitado*. El costo evitado corresponde al costo que una compañía suministradora incurriría para generar el KWh que le está entregando el pequeño productor.

Además, en el ámbito de algunos estados se instauraron incentivos tales como el crédito en impuestos para inversiones con fines de lucro (*lucrative investment tax credits*). En el inicio del año 1980, los incentivos fiscales federales más los estatales sumaban cerca del 50 por ciento del costo de inversión de un proyecto eoloeléctrico. Así, los créditos en impuestos para inversiones, incluidos en el acta de impuestos para energía de 1978, Ley Pública de 95-618 (*Energy Tax Act de 1978, Public Law 95-618*), permitieron a inversionistas independientes y a las compañías reducir su contribución fiscal al invertir en instalaciones eólicas, situación que favoreció el desarrollo eoloeléctrico temprano.

En 1978, el *Acta de Mello* en California patrocinó una investigación que señaló a la energía eólica como una alternativa limpia, confiable y segura ante la opción de combustibles fósiles. Las investigaciones realizadas en California señalaron a Altamont Pass, Tehachapi, y San Gorgonio como las mejores áreas eólicas. En esos terrenos se desarrollaron varios proyectos eoloeléctricos en el marco de cuatro diferentes modelos de contratos que garantizaban la compra de electricidad por diez años. El auge subsiguiente dio lugar a la instalación de cientos de MW eoloeléctricos. En 1985 las inversiones comenzaron a disminuir drásticamente porque expiraron los créditos en impuesto federales de inversión.

Además, el desarrollo eoloeléctrico en Estados Unidos se entorpeció por las siguientes circunstancias:

- La reducción de los precios del petróleo en 1986.
- Los precios del gas natural se incrementaron menos de lo proyectado y las mejoras de la tecnología para su uso en la generación eléctrica fueron mayores que las esperadas.
- Los dos hechos anteriores ocasionaron que al expirar los contratos a diez años, la base para los costos de electricidad fuera mucho más baja que la proyectada inicialmente.
- Las mejoras tecnológicas para la generación eoloeléctrica fueron menores que las previstas. Por lo tanto, los costos de generación en ese momento resultaban más altos de lo que se esperaba.

⁶ *Public Utility Regulatory Policies Act*

- Los subsidios a la inversión eran eficaces para lograr que se instalara capacidad, pero no para asegurar la productividad.
- Debido a múltiples y variados problemas con varios modelos de aerogeneradores, algunos factores de planta eran muy bajos (entre 5 y 10 por ciento). Los créditos de impuesto no garantizaron confiabilidad y funcionamiento.
- Algunos grupos de protección ambiental, que era de esperar apoyaran el uso de fuentes renovables de energía, se opusieron al desarrollo de las centrales eoloeléctricas argumentando impacto visual, mortandad de aves, y contaminación por ruido.

Estos siete factores retardaron de manera sustancial el crecimiento y desarrollo de la industria eoloeléctrica estadounidense. Sin embargo, las lecciones aprendidas no sólo fueron útiles para Estados Unidos sino también para el resto del mundo. Los países Europeos aprovecharon esta experiencia, vertiéndola principalmente en la mejora de los aerogeneradores.

Posteriormente, el acta de política energética de 1992, Ley Pública 102-486 (*Energy Policy Act of 1992* EPAct, *Public Law 102-486*) estableció incentivos fiscales federales a la producción de energía para fomentar la generación eoloeléctrica y otras tecnologías para aprovechamiento de las fuentes de energía renovable, de acuerdo con lo siguiente:

- Crédito de impuesto a la producción (PTC, por sus siglas en inglés *Production Tax Credit*) para las corporaciones. La sección 1914 de EPAct, permite un PTC de US\$ 0.015 por kWh por un período de diez años para la electricidad generada mediante nuevas fuentes de energía. El período de vigencia para otorgar dicho incentivo fue del 1° de enero de 1994 al 31 de diciembre de 2001. Desde entonces ya se hablaba de la posibilidad de ampliar este periodo por lo menos cinco años más. El valor del crédito se revisó anualmente según la tasa de inflación. La tarifa ajustada para 2001 fue US\$ 0.017 por kWh.
- Incentivo a la producción mediante fuentes renovables de energía para el generador sin fines de lucro (REPI *Renewable Energy Production Incentive*). En la sección 1212 de EPAct se estableció el pago del incentivo a la producción hasta por US\$ 0.015 por kWh durante los primeros diez años de operación de proyectos eoloeléctricos de compañías eléctricas municipales, cooperativas o gubernamentales que no pagan impuestos. Estos incentivos se otorgan al término de cada año mediante el pago directo basado en la producción real de electricidad. Los fondos se encontraban sujetos a la aprobación del Congreso. Durante el año 2001, los pagos de REPI para la energía eólica sumaron US\$ 1,273,385.

La depreciación acelerada, otro incentivo muy importante para el desarrollo del negocio de la generación eoloeléctrica, se estableció al inicio de 1980. La depreciación del equipo permite deducir la pérdida de valor del activo en un cierto plazo; es decir, corresponde a la porción de una inversión que se puede deducir del impuesto sobre la renta en cualquier año dado. El Acta de recuperación económica del impuesto (*Economic Recovery Tax Act*,

Public Law 97-34) permitió la depreciación acelerada de centrales eoloeléctricas en un periodo de cinco años (sustancialmente más corto que los períodos de depreciación permitidos en inversiones para fuentes de energía no renovable que son entre 15 y 20 años). La depreciación acelerada disminuye el pago de impuesto durante los primeros años de un proyecto y por consiguiente es preferida por los inversionistas ya que un dólar tiene más valor hoy que mañana.

Puesto que los Estados tienen jurisdicción sobre la política de generación de electricidad, pueden establecer sus propios incentivos que se sumen a los federales para fomentar el aprovechamiento de la energía eólica y otras fuentes de energía renovable. La forma de estos incentivos y su valor económico varían de un Estado a otro; no obstante los principales se pueden clasificar y describir de acuerdo con lo siguiente:

- Incentivos de tipo económico y financiero.
 - Descuentos en impuestos. Por ejemplo, en Minnesota se exime del pago del impuesto por venta el costo total de aerogeneradores. Asimismo este incentivo se aplica a todos los componentes y materiales que se usen para su fabricación, instalación o reparación.
 - Créditos en impuestos. Estos incentivos son similares al PTC y se aplican a la producción.
 - Préstamos de capital con bajo interés. Algunos estados ofrecen préstamos con interés muy bajo (cerca de 5%) para instalaciones eoloeléctricas de baja capacidad. Típicamente estos préstamos están orientados a fomentar el autoabastecimiento en pequeña escala, así como la formación de cooperativas para generación de electricidad en pequeña escala.
 - Medición neta.- Consiste en un método simplificado para medir la electricidad que produce y consume una casa o negocio que posee su propio generador de electricidad con base en energía renovable (i.e., autoabastecimiento con energía renovable). Bajo este esquema, los excedentes de electricidad harán que el medidor de consumo de electricidad gire al revés. Para el consumidor esto aparenta que la compañía suministradora almacena los excedentes y los regresa al consumidor cuando éste los necesita. La gran ventaja de este esquema es que se intercambia kWh por kWh sin importar la hora del día en que se generó el excedente. La medición neta no es un incentivo federal. Las reglas de medición neta pueden ser diferentes de un Estado a otro. Típicamente este concepto se aplica a instalaciones de poca capacidad; por ejemplo, en California la capacidad máxima elegible es de 1 MW.

- Incentivos legales y reglamentarios
 - Portafolio de Energía Renovable.- Por ley se requiere que cierto porcentaje de la electricidad que vende un suministrador de electricidad sea generado con base en energía renovable. Por ejemplo, en el año 2002 en California se estableció que el 20% de la electricidad que vendan las compañías eléctricas deberá provenir de energía renovable para el año 2017. En Texas el portafolio de energía renovable requiere la instalación de 2,000 MW

eoloeléctricos para el año 2009; se espera que la mayoría de esta cantidad provenga de energía eólica.

- Obligación de capacidad renovable.- En algunos estados se exige que las compañías eléctricas instalen cierta cantidad de capacidad (MW) con base en energía renovable, a cambio de concesiones. Por ejemplo, en Minnesota se exigió que la compañía Xcel Energy instale 450 MW eoloeléctricos a cambio de permitirle almacenar residuos nucleares de su planta en la Isla Prairie.
- Programas de investigación
 - Estos programas pueden ser realizados por grupos privados, empresas eléctricas, centros de investigación, organizaciones públicas y otras entidades. Típicamente estos programas se patrocinan mediante *cargos en beneficio del sistema*⁷ que provienen del pago de impuestos. Por ejemplo, California maneja un presupuesto aproximado de 60 millones de dólares para un programa denominado *Investigación en Energía por Interés Público*.

Como se puede apreciar, el sistema de incentivos para el fomento de la energía renovable en Estados Unidos es complejo, ya que varía de un Estado a otro. No obstante, el resultado de la efectividad de los incentivos estatales se puede apreciar en función del crecimiento de la capacidad eoloeléctrica que se ha instalado en cada Estado en los últimos años.

Bajo el amparo de los incentivos provistos tanto federales como estatales, Estados Unidos ha logrado recuperar gradualmente el desarrollo de su industria eoloeléctrica. En realidad, Estados Unidos ocupa el tercer lugar mundial en capacidad eoloeléctrica instalada. No obstante, por tratarse del país más rico del mundo con un sistema eléctrico muy grande y que además emite grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera, las expectativas en el ámbito internacional respecto al desarrollo eoloeléctrico de ese país son mayores. La Asociación Americana de Energía Eólica (*American Wind Energy Association- AWEA*) indicó que la generación eoloeléctrica creció 10% en Estados Unidos durante el año 2002. Ese mismo año se instalaron alrededor de 410 MW, lo que indica un buen avance en el desarrollo de capacidad eoloeléctrica instalada. La Asociación Americana de Energía Eólica espera que el desarrollo eoloeléctrico en Estados Unidos siga creciendo y que en el año 2020 aporte más de 6% del consumo de electricidad en todo el País.

La inconstancia en el crecimiento del mercado eoloeléctrico estadounidense se originó, fundamentalmente, por la incertidumbre en la vigencia del PTC (*wind energy production tax credit*). Este incentivo ha estado a punto de ser suspendido en dos ocasiones a lo largo de los últimos cinco años. Estaba previsto que expiraría al finalizar el año 2003. La industria eólica pide que la vigencia de dicho incentivo se prolongue varios años más; sin embargo, siempre ha habido cierta incertidumbre al respecto.

Irónicamente, el resurgimiento de la industria eoloeléctrica en Estados Unidos se debe en gran parte a grandes compañías energéticas que antes no estaban convencidas del potencial

⁷ *System benefit charges*

de beneficio de la generación eoloeléctrica. Por ejemplo, FPL Energy, filial de Florida Power and Light, que posee y opera grandes centrales nucleares y de gas, fue la responsable de la construcción y financiación de aproximadamente la mitad de las centrales eoloeléctricas instaladas durante el año 2001. American Electric Power, una gran compañía eléctrica convencional, ha construido un parque eólico de 150 MW y ha adquirido otro, ambos en Texas. La compañía TXU de Dallas, cuya cartera energética abarca instalaciones de gas, carbón y energía nuclear, es ahora uno de los mayores compradores de energía eoloeléctrica. A principios de 2002, el conglomerado gigante General Electric compró Enron Wind Corp., filial de la ahora en bancarrota Enron. Se sabe que compañías tan poderosas como General Electric suelen invertir en grandes proyectos que se benefician de economías de escala.

De acuerdo con información proporcionada en el seno del Acuerdo Eólico de la Agencia Internacional de la Energía, el costo de la electricidad producida en grandes parques eólicos situados en buenos emplazamientos de Texas y otros estados, está ya por debajo de 5 centavos de US\$/kWh. De hecho, hace poco se firmaron contratos a largo plazo por menos de 4 centavos de US\$/kWh.

El desarrollo eoloeléctrico de Estados Unidos en los últimos diez años se considera lento ya actualmente tiene menos de la mitad de la potencia eólica que ha instalado Alemania cuando se estima que sólo en el estado de Dakota del Norte el recurso eólico es 50 veces mayor que el que posee Alemania. No obstante, se anticipa que Estados Unidos incrementará sustancialmente su esfuerzo en el fomento del desarrollo eoloeléctrico. Recientemente el Jefe del Programa Eólico del Departamento de Energía de Estados Unidos manifestó que en su país está creciendo el interés por desarrollar centrales eoloeléctricas fuera de costa. No sería sorpresa que en el mediano plazo Estados Unidos emprenda un ambicioso programa para tales fines.

2.5 India

¿Qué ha hecho un país no-miembro de la OECD para llegar a ocupar el quinto lugar mundial respecto a capacidad eoloeléctrica instalada?

¿Porqué hay 10 compañías que fabrican aerogeneradores en India?

Entre los países en desarrollo, India ocupa el primer lugar mundial en cuanto a capacidad eoloeléctrica instalada. Asimismo, con más de 1,700 MW eoloeléctricos instalados, India ocupa el quinto lugar mundial después de Alemania, Estados Unidos, España y Dinamarca. Se puede decir que India es de los pocos países que verdaderamente han adoptado una política de estado para el desarrollo de la energía renovable. El Gobierno de India cuenta con un Ministerio de Fuentes de Energía No Convencionales (MNES) que a su vez cuenta con una Agencia para el Desarrollo de la Energía Renovable de la India (IREDA) creada en 1987.

IREDA gestionó la obtención de préstamos provenientes del Banco Mundial, del Banco para el Desarrollo Asiático y de la Agencia Internacional Danesa para el Desarrollo. De Banco Mundial obtuvo un préstamo de \$78 millones de dólares para el desarrollo e implementación de la energía eólica.

Debido a la creciente demanda de energía eléctrica, el gobierno de la India, a través del Ministerio de Fuentes de Energía No Convencionales, ha favorecido proyectos eoloeléctricos. Con el apoyo de Dinamarca, Alemania y los Países Bajos, se dio inicio a la implementación eoloeléctrica; sin embargo, se dice que los proyectos iniciales tuvieron desempeños bajos porque se utilizaron aerogeneradores diseñados para las condiciones de viento de Europa mientras que las características del viento en India son diferentes. Por consiguiente, se realizaron esfuerzos para desarrollar una industria eólica nacional adecuada a las condiciones de India.

A mediados de 1995 los estados Tamil Nadu y Gujarat contaban con 50 MW eoloeléctricos que se instalaron con fines demostrativos. Entre los años 1995 y 1996, India amplió su capacidad eoloeléctrica instalando cientos de megawatts cada año. No obstante, en 1997 la industria eoloeléctrica sufrió un rezago importante debido al crecimiento económico lento, la dificultad para obtener créditos y los cambios políticos del gobierno. Cabe mencionar que el estado Tamil Nadu es el que tiene la mayor capacidad eoloeléctrica instalada, con aproximadamente 70% del total, mientras que los estados de Gujarat y Andra Pradesh conforman prácticamente el 30% restante. Entre los mecanismos de apoyo instaurados en India se encuentran:

- Durante los primeros cinco años de operación de una central eoloeléctrica no se pagan impuestos.
- Se permite la depreciación acelerada de 100% en la inversión en bienes de equipo durante el primer año de operación.
- La compra de aerogeneradores está exenta de aranceles.
- Se concede excepción de pago de impuestos en la compra de una amplia variedad de componentes para centrales eoloeléctricas y aerogeneradores.
- Se otorgan incentivos a la producción.

Cabe indicar que en el año 2002 el período de excepción de pago de impuestos se extendió a 10 años de operación de las centrales eoloeléctricas. También es importante mencionar que algunos Estados incluyen subsidios a la producción de electricidad ya que cada Estado tiene su propio esquema de incentivos.

Durante los años 2001 y 2002 se observó un despegue importante en la capacidad eoloeléctrica instalada. En India se podrá observar un crecimiento eoloeléctrico sobresaliente cuando el desarrollo eoloeléctrico se extienda a las regiones costeras. Geográficamente India tiene ventajas para la generación eoloeléctrica. Se dice que el potencial eólico de todo el país podría ser cercano a 45,000 MW. Para establecer claramente las zonas que presentan el mayor recurso eólico, el MNES cuenta con una red de más de 600 estaciones anemométricas en 25 estados. Se prevé que India exceda 2,800 MW eoloeléctricos instalados para el año 2006 mediante proyectos con financiamiento del gobierno.

Como resultado de los incentivos y la política en el uso de las fuentes de energía renovable, el mercado eoloeléctrico en India ha crecido sustancialmente. Gracias al programa intensivo de investigación y desarrollo iniciado por Bharat Heavy Electricals Ltd. (BHEL) y National Aerospace Laboratory (NAL), hoy se producen en India la mayoría de los

sistemas de generación y accesorios. La industria eoloeléctrica Hindú tiene un gran número de propietarios y la mayoría de las centrales eoloeléctricas instaladas son de capacidad relativamente pequeña. Actualmente las compañías Hindúes producen hasta 70% de los componentes para aerogeneradores. Esto último es una evidencia de la gran cantidad de empleos que se han generado. Muchas de las empresas que sufren de escasez de energía en las regiones del sur y del oeste han emprendido sus propios proyectos de generación eoloeléctrica para autoabastecimiento de electricidad.

Cabe mencionar que el Gobierno de India, con el apoyo de Dinamarca a través de DANIDA⁸, construyó un Centro Tecnológico de Energía Eólica enfocado a crear capacidad local y ser el punto focal para el desarrollo de la generación eoloeléctrica en el País. Entre las actividades de este centro están:

- Investigación y desarrollo tecnológico
- Pruebas y certificación de aerogeneradores y sus componentes.
- Análisis de fallas y problemas recurrentes.
- Evaluación técnica.
- Actividades de capacitación.

Hoy existen 10 compañías que fabrican aerogeneradores en India y muchas empresas que ofrecen bienes y servicios para la construcción, operación y mantenimiento de aerogeneradores y centrales eoloeléctricas.

Cabe mencionar que fue en 1986 cuando en India se instaló la primera estación anemométrica con fines de evaluación de proyectos eoloeléctricos. La máxima velocidad de viento promedio anual que se conoce en India es cercana a 9 m/s a 50 metros de altura. Existe un estado que tiene 72 estaciones anemométricas instaladas. La capacidad del aerogenerador más grande que se ha instalado es 1.25 MW. Se ha construido una central eoloeléctrica a 1,100 metros de altura sobre el nivel del mar.

2.6 Corea

¿Podrá Corea desarrollar tecnología eoloeléctrica propia y convertirse en un exportador de aerogeneradores?

El caso emergente de Corea en el tema de la generación eoloeléctrica es interesante. En octubre del año 2003, Corea se unió al Acuerdo Eólico de la Agencia Internacional de la Energía. El Gobierno de Corea ha decidido emprender el desarrollo eoloeléctrico con base en las siguientes metas estratégicas:

- Desarrollar tecnología propia competitiva con la tecnología actual (aerogeneradores con capacidad de 750 a 1,000 kW).
- Desarrollar tecnología propia avanzada (aerogeneradores con capacidad de 1,500 a 3,000 MW).

⁸ Agencia Danesa para el Desarrollo

- Desarrollar centrales eoloeléctricas en tierra firme y fuera de costa.
- Contar con un poco más de 2,000 MW eoloeléctricos para el año 2012, equivalente a generar el 3 % del total del consumo de electricidad.
- Contar con guías y reglamentos para preparación de pruebas y certificación de aerogeneradores.
- Desarrollar y operar centros autorizados para pruebas de comportamiento de aerogeneradores.
- Reducir la dependencia de combustibles fósiles importados y reducir la emisión de CO₂ en 1,660 kTon para el año 2012.

Para lograr estas metas, el Gobierno de Corea ha establecido un programa de acuerdo con las siguientes tablas que se explican por sí mismas.

Programa de instalación de capacidad eoloeléctrica (MW)

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Acumulado
Tierra	17	40	50	100	100	150	200	200	350	350	1,557
Mar			5	5	20	50	100	100	200	200	680
Suma	17	40	55	105	120	200	300	300	550	550	2,237

Apoyo del Gobierno de Corea (millones de dólares)

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total
R&D	9.2	10.8	12.5	14.2	16.7	21.7	29.2	33.3	147.6
Diseminación	14.0	19.3	36.8	12	20	30	30	30	192.1
Subsidio	6.8	12.1	22.3	40.6	63.8	115.1	155.7	231.7	648.1
Suma	30	42.4	71.6	66.8	100.5	166.8	214.9	295	987.8

Con este plan, es evidente que además de desarrollar tecnología eoloeléctrica para uso propio, Corea buscará convertirse en exportador de aerogeneradores. No sería extraño que dentro de 10 años o menos, Corea domine una parte importante del mercado eoloeléctrico mundial.

2.7 Brasil

¿Brasil se perfila como la potencia eoloeléctrica en Latinoamérica?

A mediados del año 2004, el Presidente de Brasil, Luiz Inacio Lula da Silva, firmó un decreto que instruye a Electrobás (compañía eléctrica del Estado) a contratar 3,300 MW de capacidad de generación de electricidad con base en fuentes de energía renovable. Esto, en el marco de un Programa de apoyo a la Energía Renovable, conocido como Proinfra. La capacidad de 3,300 MW se dividirá en partes iguales entre eólica, biomasa e hidroeléctricas de pequeña escala. Así, se crea un mercado para 1,100 MW eoloeléctricos.

Electrobrás pagará cerca de US\$ 0.07 por cada kWh generado con energía eólica para proyectos que tengan capacidad menor que 34%. El precio de compra se reduce

aproximadamente a US\$ 0.062 por kWh para centrales eoloeléctrica con factores de planta entre 34% y 42%.

El financiamiento para dicho mercado verde provendrá de un cargo adicional de 1.3% en la facturación de electricidad por parte de Electrobrás.

El Banco Federal de Desarrollo (BNDES) destinará 2,000 millones de dólares para financiar los proyectos. BNDES financiará hasta el 70% de los proyectos con préstamos a diez años con una tasa de interés anual de 10% más un 3.5% adicional por otros conceptos. Además, los inversionistas estarán libres de pago por concepto de intereses durante la construcción y comenzarán a pagar el préstamo hasta seis meses después de que las centrales entren en operación.

De los 1,100 MW eoloeléctricos la mitad de los contratos se otorgará a las subsidiarias de Electrobrás y la otra mitad se licitará en la modalidad de producción independiente. El parlamento aprobó esta iniciativa en abril del 2002, pero fue hasta dos años después que fue firmada por el Presidente de Brasil. Con este programa Brasil espera atraer 3,000 millones de dólares en inversión y crear 150,000 nuevos empleos.

2.8 Colofón del capítulo 2

- La información proporcionada en este capítulo muestra que tratándose de desarrollo sustentable, la innovación tecnológica no se abre camino por sí misma; necesita una serie de elementos que la introduzcan y apoyen.
- Varios países desarrollados han establecido diferentes estrategias para fomentar el desarrollo eoloeléctrico. Las personas de corta visión, suelen decir que el desarrollo eoloeléctrico se ha subsidiado. Las personas de amplia visión saben que los gobiernos que han fomentado el desarrollo eoloeléctrico, en realidad han invertido en una nueva industria que genera empleos, electricidad, divisas e impuestos; además de contribuir a reducir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar el cambio climático.
- Mientras que algunos países en vías de desarrollo aún se discute tibiamente si es conveniente o no emprender el desarrollo eoloeléctrico:
 - India ha instalado cerca de 2,000 MW y ya cuenta con una industria eoloeléctrica propia que ha sobrevivido a crisis económicas.
 - Corea está lanzando un ambicioso programa de desarrollo de tecnología eoloeléctrica propia.
 - Brasil ha establecido las condiciones legales y financieras para emprender un importante desarrollo eoloeléctrico en los próximos años.

Capítulo 3

Las primeras ideas y acciones para el desarrollo eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

*No nos atrevemos a muchas cosas porque son difíciles,
pero son difíciles porque no nos atrevemos.*
Séneca

3.1 Las primeras ideas

En 1980, el ingeniero Enrique Caldera Muñoz, entonces investigador del Instituto de Investigaciones Eléctricas, señaló que el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec parecía ser el lugar más propicio para emprender el desarrollo eoloeléctrico en México de acuerdo con la información disponible en esas fechas¹. Acertadamente, también delimitó algunas áreas del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec en las que imaginó, y de hecho propuso tempranamente, la construcción de centrales eoloeléctricas con base en más de doscientos aerogeneradores con capacidad unitaria en el rango de 2 a 4 MW (Caldera *et al*, 1980).

En aquel tiempo, muy poca gente creía que el viento podría llegar a ser una fuente de energía para generar electricidad en escala significativa. Casi nadie imaginaba que en los países industrializados la generación eoloeléctrica llegaría a ser uno de los negocios más prósperos. De hecho, en México, la gran mayoría de los tomadores de decisión creían que la tecnología eoloeléctrica sólo podría llegar a ser útil para aplicaciones aisladas en el medio rural. En el ámbito del sector eléctrico mexicano, la idea de construir centrales eoloeléctricas para aportar electricidad a las redes eléctricas convencionales se desdeñaba con mucha irreflexión. Para ello, se solía argumentar todo tipo de prejuicios, incluyendo aquél de que *en México no soplaban el viento con suficiente intensidad*. Aunado a lo anterior, el concepto de desarrollo sustentable aún no se consolidaba. La humanidad tenía muy poca conciencia respecto a la preservación del medio ambiente y, al igual que en otros países, en México sólo se pensaba en generar electricidad al menor costo posible sin importar el daño que ese paradigma pudiera llegar a ocasionar al medio ambiente.

Bajo dichas circunstancias, resultaba muy difícil conseguir apoyo económico para emprender estudios orientados a evaluar el recurso eólico y para formular y evaluar

¹ Obtenida de dos estaciones anemográficas instaladas con el patrocinio de la Comisión Federal de Electricidad.

proyectos de centrales eoloelectricas. Por otra parte, la tecnología comercial para anemometría era muy diferente a la actual; en el mercado internacional sólo se conseguían equipos que entregaban la información en forma de gráficas impresas con tinta o en papel térmico. No por eso eran equipos baratos, por el contrario, su precio era alto y su confiabilidad era muy baja.

No obstante, el ingeniero Caldera, comenzó a buscar apoyo para iniciar la evaluación del recurso eólico en el Corredor Eólico del Istmo. Para comenzar, estableció contacto con el Instituto Tecnológico del Istmo y proporcionó capacitación básica en el tema de la energía eólica al ingeniero Daniel Chirinos Pérez, profesor de esa institución. Trabajando conjuntamente, el ingeniero Chirinos y personal del IIE propusieron los primeros sitios para instalar equipo de medición anemométrica (Saldaña, 1984).

Con el fin de realizar el primer proyecto orientado a evaluar de manera preliminar el recurso eólico en el Corredor Eólico del Istmo, el IIE solicitó apoyo económico al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). De acuerdo con el techo financiero que entonces se aplicaba a proyectos de esa índole, en la propuesta original se contemplaba la adquisición de equipo de medición para instalar y operar cinco estaciones anemométricas durante 24 meses. Se obtuvo la autorización del proyecto para llevarse a cabo durante 1984 y 1985; sin embargo, ya que en 1982 y 1983 la moneda mexicana se devaluó considerablemente, las importaciones estaban muy restringidas. La autorización del proyecto fue condicionada a que el IIE desarrollara el equipo necesario para realizar las mediciones anemométricas. Se aceptó el reto y se desarrollaron y construyeron los anemómetros necesarios que por cierto, introdujeron elementos de mejora respecto a la tecnología de aquellos tiempos² (Borja, 1983).

El proyecto se emprendió, acotado por los recursos facilitados por CONACYT. Comenzó a finales de noviembre de 1983, los anemómetros se diseñaron y construyeron en un semestre, las mediciones iniciaron en julio de 1984 y terminaron en julio de 1986. Se instalaron y operaron cinco estaciones anemométricas básicas; tres se ubicaron cerca de los poblados La Venta, La Ventosa y Unión Hidalgo; de las otras dos, una se instaló cerca de Tehuantepec (Rancho Lugarda) y la otra cerca de Salina Cruz. Se instaló una sexta estación en los terrenos del Instituto Tecnológico del Istmo, ésta incluyó una torre de 30 metros de altura con mediciones anemométricas a tres niveles sobre el terreno, así como la medición de las variables climatológicas principales (Borja, *et al* 1984).

3.2 Las primeras evidencias

A pesar de que los equipos utilizados no eran tan precisos y confiables como los actuales, se obtuvo información valiosa que permitió verificar que el Corredor Eólico del Istmo realmente era un *venero* de recurso eólico. También se encontró que, en ciertas zonas de dicho Corredor, la magnitud del recurso eólico tenía características que resultan sobresalientes al compararse con otros lugares eólicos en el ámbito mundial. Por ejemplo, para la estación anemométrica de La Venta el cálculo del valor promedio anual de la velocidad del viento a 20 metros de altura sobre el terreno resultó igual con 9.3 m/s.

² Se sustituyeron los graficadores con impresoras digitales.

También se calculó que instalando en La Venta aerogeneradores que en aquellas fechas estaban disponibles en el mercado internacional, se podrían lograr factores de planta cercanos a 53%. Se obtuvieron los resultados correspondientes para las otras estaciones anemométricas, y además se esbozó la distribución espacial del recurso eólico en el área, señalándose desde entonces que una de las zonas con mayor recurso eólico correspondía a las inmediaciones del poblado La Venta (Caldera y Saldaña, 1986).

En enero de 1987 el IIE realizó estudios preliminares para formular y evaluar el proyecto de una central eoloelectrica de 30 MW (Borja *et al.*; 1987). Para esas fechas, los aerogeneradores comerciales aún eran pequeños; el mercado estaba dominado por máquinas con capacidad nominal cercana a 100 kW. La construcción de centrales eoloelectricas con máquinas tan pequeñas implicaba la afectación de gran parte del terreno en el que se construían. Por ello, con la idea de preservar el medio ambiente, en el anteproyecto se consideró el concepto del *muro eólico*, que consistía en instalar grupos de aerogeneradores a diferentes alturas simulando así un aerogenerador de mayor diámetro. En el diseño conceptual, estos grupos de aerogeneradores se separaban lo suficiente para que la parte proporcional del terreno afectado fuera mínima.

Para esas fechas, en los Estados Unidos (California) ya se habían construido varias centrales eoloelectricas cuya capacidad sumaba cientos de Megawatts. En octubre de 1988, se realizó un ensayo que mostró que en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec el recurso eólico era más que suficiente para operar una central eoloelectrica similar a la que en 1984 operaba la compañía estadounidense Pacific Gas & Electric en Altamont Pass, California. Este trabajo se presentó en la Conferencia Americana de Energía Eólica (Windpower '88) (Borja y Borja, 1988). Así, la evidencia de que en México sí existían áreas con recurso eólico importante comenzó a difundirse internacionalmente.

Desgraciadamente, en México aún no se tenía conciencia de la importancia de evaluar los recursos energéticos renovables. La visión respecto a la necesidad de dar continuidad a una línea de investigación para dichos fines, tampoco era clara. Todo ello, sumado al común escepticismo sobre la tecnología eólica, dio como resultado que se interrumpieran los estudios al no asignarse más recursos económicos para continuar operando la red anemométrica. Los argumentos que se emplearon, hoy resultan un tanto irrisorios; entre ellos, se llegó a decir que *en el sureste no se requería más electricidad porque ahí estaban las grandes centrales hidroeléctricas*. También se llegó a decir que *en vez de estudiar el recurso eólico en el sureste del país habría que redirigir los esfuerzos hacia el norte del país*, especialmente a los sitios o áreas no interconectadas al sistema eléctrico nacional³. Como resultado de dicha situación, se tuvo que dismantelar la red anemométrica que se había instalado en el Corredor Eólico del Istmo, a pesar de que los conocedores en el tema opinaron lo contrario. Hoy, es evidente que la ampliación de aquella red anemométrica y su modernización periódica de manera pertinente, hubiera sido un acierto con resultados similares a lo que lograron los países industrializados respecto a la evaluación del recurso eólico en áreas prometedoras.

³ De ahí se inician los estudios anemométricos que realizó el IIE en Guerrero Negro, B.C.S., en donde después CFE instaló un aerogenerador de 600 kW.

A pesar de la falta de política pública al respecto, se continuaron realizando algunos esfuerzos aislados. Uno de ellos fue el emprendido por el Centro de Investigación en Energéticos y Desarrollo (CIEDAC) que en 1992 contrató al IIE para realizar un estudio preliminar del viento en las cercanías de los poblados La Mata, Santo Domingo y Rancho Salinas. En este estudio se encontró que tanto en La Mata como en Santo Domingo existía viabilidad técnica para construir centrales eólicas, existiendo en La Mata mejores condiciones. En esa ocasión se encontró que el recurso eólico en Rancho Salinas era significativamente menor que el encontrado en los dos primeros lugares. Por supuesto, se generaron los análisis cuantitativos detallados que se entregaron al contratante (Caldera *et al*, 1992). Cabe mencionar que en aquel tiempo el IIE ya había desarrollado equipo anemométrico de estado sólido. Los datos se almacenaban en *chips* de memoria y la información se transfería automáticamente a un computador personal (Borja y Parkman, 1986). Los datos se procesaban con un programa de cómputo realizado por personal del IIE (Saldaña, *et al*, 1981). Este proyecto ayudó a conocer un poco más la distribución espacial del recurso eólico en el Corredor Eólico del Istmo. Desgraciadamente, sólo duró 8 meses por razones contractuales.

3.3 Modificaciones a la LSPEE

El 23 de diciembre de 1992 en el Diario Oficial de la Federación se publicó un decreto de reforma a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y su Reglamento. En la exposición de motivos se manifestó que, entre otras, las razones principales de las modificaciones eran modernizar la prestación del servicio público, aumentar la inversión privada para reducir la carga financiera al Estado y aumentar la productividad en beneficio del país. Se establecieron modalidades en las que los particulares podrían generar electricidad, incluyendo, el autoabastecimiento y la cogeneración, la pequeña producción, la generación independiente y la exportación, de acuerdo con lo siguiente:

- En el autoabastecimiento, se permite que las personas físicas o morales generen electricidad para satisfacer necesidades propias.
- La cogeneración se refiere a la producción de electricidad por medio de vapor u otro tipo de energía térmica secundaria y también debe destinarse al autoabastecimiento de los establecimientos asociados con la cogeneración.
- En la modalidad de producción independiente se permite generar energía eléctrica para su venta a CFE. La CFE se obliga a adquirir la electricidad mediante un contrato específico.
- La modalidad de pequeña producción es similar a la de producción independiente, con la salvedad que la capacidad está limitada a 30 MW. La producción de electricidad debe venderse exclusivamente a CFE.

Al principio, esta reforma y las nuevas modalidades generaron expectativas en relación con la viabilidad de la generación eoloeléctrica mediante inversión privada. En algunos estados del país se consideró la posibilidad de desarrollar proyectos eoloeléctricos para

autoabastecer el consumo de electricidad por concepto de alumbrado público y servicios municipales. Asimismo, algunas empresas privadas también consideraron la posibilidad de construir centrales eoloeléctricas para autoabastecerse o para exportar la producción de electricidad. En suma, en ese momento, comenzaron a converger las propuestas de aprovechar el viento para generar electricidad con el interés de inversionistas privados y con la oportunidad de practicar la diversificación energética introduciendo esquemas innovadores en el sector eléctrico mexicano. Como respuesta a dicha situación comenzó la formulación y gestión de proyectos eoloeléctricos para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

3.4 Primera central eoloeléctrica en México

En 1988, se formó la Unidad de Nuevas Fuentes de Energía, en el seno de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la Subdirección de Construcción de la Comisión Federal de Electricidad. Entre otras cosas, dicha Unidad enfocó sus esfuerzos a formular y evaluar proyectos eoloeléctricos que pudieran resultar de interés para CFE. Quizás, con base en los estudios preliminares realizados por el IIE, la CFE decidió llevar a cabo un proyecto eoloeléctrico piloto en el Corredor Eólico del Istmo, precisamente en las inmediaciones del poblado La Venta.

A finales de 1993, CFE licitó la construcción de una Central Eoloeléctrica de 1,575 kW de capacidad para ser construida en terrenos del Ejido La Venta, Municipio de Juchitán, Oaxaca. La licitación se realizó en la modalidad de *proyecto llave en mano*. Su construcción empezó en enero de 1994 y entró en operación en agosto del mismo año. La Central Eoloeléctrica La Venta, está integrada por siete aerogeneradores daneses, marca Vestas, modelo V-27. La capacidad nominal de dichas máquinas es 225 kW a 15 m/s. Su rotor mide 27 metros de diámetro y están colocadas sobre torres tubulares de 30 metros de altura (ver ilustración 3.1).

De acuerdo con lo publicado por personal de CFE (Hiriart, 1996): *En los dos primeros años de operación, la generación de la central fue de 12.4 GWh, con un factor de planta global de 48.1 por ciento. Durante el primer año, el factor de planta fue 51.7 por ciento⁴. En el mundo operan unas 1,600 máquinas del mismo fabricante y de capacidad similar a las de La Venta, pero sólo la instalada en Nueva Zelanda se acerca a los valores de generación registrados en México que han impuesto récord con más de un millón de kWh al año. Los costos de generación en La Venta son 4.3 centavos de dólar por kWh, similares a los de las grandes centrales térmicas y este costo es el resultado del alto factor de planta alcanzado y el relativo bajo costo de instalación...*

⁴ Por cierto, este valor es muy cercano al factor de planta de 53% que pronosticó el IIE como resultado de los estudios realizados 10 años antes de que construyera la central.



Ilustración 3.1. Central Eoloeléctrica La Venta

Cabe mencionar que de acuerdo con información reportada por personal de CFE, el relativo bajo costo de instalación fue US\$ 2,137,336, correspondiendo a un indicador de 1,357 US\$ por cada kW instalado (Ávalos, 2000).

Los aerogeneradores V-27 son del tipo eje horizontal, viento arriba, con orientación activa y con un sistema para regulación de velocidad por control del ángulo de paso de las aspas. La configuración de la central es *en línea* con una separación entre máquinas de 60 metros. La interconexión a la red eléctrica se realizó sobre la línea de 13.8 kV, es decir, a voltaje de distribución.

Hasta la fecha no se han reportado problemas graves o trascendentes como podrían ser la fractura de aspas, fallas estructurales o incendios catastróficos. Hasta donde se sabe, se presentaron los siguientes problemas operativos:

- Fallas por efecto de descargas eléctricas atmosféricas que ocasionaron daño permanente en algunas protecciones electrónicas.
- Paros forzados por exceso de temperatura en el interior de la carcasa.
- Desgaste prematuro de los rodamientos de los generadores eléctricos.

Con base en los buenos resultados que se obtuvieron en la central eoloeléctrica de La Venta, la Unidad de Nuevas Fuentes de Energía de la CFE propuso la construcción de una nueva central eólica con capacidad de 54 MW. De acuerdo con la propuesta original, dicha central se construiría en dos etapas de 27 MW cada una. Desde 1997, cada año se decía que

CFE construiría la nueva central eoloeléctrica de La Venta; no obstante, dicha intención se fue postergando año tras año. Al parecer, en este camino CFE encontró algunas dificultades para poder justificar la viabilidad económica del proyecto en los esquemas de inversión que fueron propuestos.

3.5 Crece el interés por realizar proyectos eoloeléctricos en el Istmo.

Con las modificaciones a la LSPEE y la instalación de la central eoloeléctrica en La Venta, creció el interés de los inversionistas privados. Sin lugar a duda, las publicaciones de CFE que mencionaron el logro de un factor de planta mayor que 50% durante el primer año de operación de la central, fueron las que despertaron mayor interés tanto en el ámbito nacional como en el internacional. A partir de entonces, se sabe que el Corredor Eólico del Istmo es uno de los mejores lugares en el mundo con relación a la disponibilidad del recurso eólico.

Por consiguiente, una cantidad considerable de desarrolladores de proyectos eoloeléctricos comenzaron a visitar el Istmo de Tehuantepec en busca de oportunidades de inversión. En los primeros años vinieron empresas Estadounidenses, Alemanas, Danesas, Belgas y Japonesas. Por supuesto, los desarrolladores de proyectos Mexicanos también intensificaron actividades en la zona.

Las visitas a los ejidos por parte de los desarrolladores de proyectos fueron frecuentes. El propósito de ello era asegurar tierras para la posterior construcción de centrales eoloeléctricas. Así, desde entonces, tanto los pequeños propietarios como los ejidatarios del Corredor Eólico del Istmo saben que sus tierras tienen plusvalía por la presencia de ese viento tan molesto que siempre les ha dificultado sus labores de agricultura.

Asimismo, los desarrolladores de proyectos eoloeléctricos comenzaron a visitar a funcionarios del Gobierno del Estado de Oaxaca. El propósito no sólo era proponerles la construcción de centrales eoloeléctricas sino también construir ensambladoras de aerogeneradores. Por ejemplo, una nota publicada el 22 de julio de 1996 en el periódico La Jornada, dijo:

Abren el Istmo al capital extranjero

El proyecto para construir en esta región una vía de comunicación y transporte de mercancías que compita con el canal de Panamá en el tráfico interoceánico de carga está en marcha.

Conocido en círculos gubernamentales como el “Megaproyecto del Istmo”, incluye la construcción de una superautopista de 411 kilómetros que abrirá una ruta entre Oaxaca y el puerto de Salina Cruz; la privatización del corredor transístmico ferroviario, así como la construcción de dos unidades generadoras de energía eléctrica.

Más adelante la misma nota se refirió a los proyectos eléctricos de la siguiente forma:

“Para las dos plantas generadoras de energía también hay inversionistas apuntados. Información de la Secretaría de Desarrollo Comercial de Oaxaca (SDCO), detalla que la empresa York Windpower Corporation está muy interesada en ejecutar dos proyectos en la región del Istmo. Consisten en una planta de generación eólica y en una fábrica de turbinas de viento. El primer proyecto, señala, está sujeto a que la Comisión Federal de Electricidad firme el contrato para la compra de energía por 25 años. En el caso segundo, se tiene previsto realizarlo durante cuatro años y queda sujeto a que se apruebe el primer proyecto. Para ambos casos se prevé una inversión de 387 millones de dólares...”

Otros desarrolladores de proyectos eoloeléctricos propusieron proyectos similares. Como era lógico, las propuestas no sólo se hicieron en el ámbito del Gobierno del Estado de Oaxaca, sino también en el ámbito del Gobierno Federal y de la Comisión Federal de Electricidad. Es evidente que ninguna de estas propuestas prosperó por la existencia de barreras o huecos de diversa índole.

Otros desarrolladores de proyectos eoloeléctricos formularon proyectos de autoabastecimiento de electricidad, de acuerdo con lo que se describe en los siguientes puntos.

Desde aquel tiempo, algunos desarrolladores de proyectos eoloeléctricos negociaron con los ejidatarios el arrendamiento de tierras. Una empresa mexicana llegó a firmar convenios de usufructo con algunos ejidos. De ahí, se comenzó a correr el rumor de que en el Corredor Eólico del Istmo ya no había tierras disponibles para construir centrales eoloeléctricas.

El rumor sobre la escasez de las tierras y la dificultad para formular proyectos de producción independiente y pequeña producción, ahuyentaron temporalmente a varios de los desarrolladores de proyectos eoloeléctricos.

Sin embargo, es evidente que las *incursiones eólicas* por parte de muchas compañías privadas, tanto en los ejidos y pequeñas propiedades del Istmo, como en el ámbito del Gobierno del Estado de Oaxaca, del Gobierno Federal y de la propia Comisión Federal de Electricidad, ocurrieron a raíz de la instalación de la Central Eoloeléctrica de La Venta y de las buenas noticias de su comportamiento operacional.

Un par de desarrolladores de proyectos eoloeléctricos (ambos empresas mexicanas asociadas con compañías extranjeras), formularon y propusieron dos proyectos para autoabastecimiento de electricidad. Uno de ellos en la mayor proporción para satisfacer servicios municipales y el otro, también en la mayor proporción, para satisfacer necesidades de una compañía cementera. Ambos lograron obtener los permisos de la Comisión Reguladora de Energía para construir y operar las centrales de acuerdo con lo siguiente:

3.6 Proyecto de Electricidad del Sureste S.A. de C.V.

En abril de 1995, Electricidad del Sureste S.A. de C.V., representada por el ingeniero Arturo Whaley Martínez, solicitó permiso ante la Secretaría de Energía para construir y operar una central eoloeléctrica en la modalidad de autoabastecimiento. De acuerdo con la

resolución (sin número) de la Comisión Reguladora de Energía, el proyecto tendría las siguientes características:

- Capacidad de 27 MW a conformarse con 96 aerogeneradores de 280 kW cada uno.
- Aerogeneradores de eje horizontal, tres aspas, a colocarse en torres de 30 metros de altura.
- La central estaría integrada por dos grupos de 48 aerogeneradores conformando 13.5 MW por cada grupo.
- Un grupo se instalaría en el ejido Aguascalientes La Mata y el otro en el ejido La Ventosa.
- La capacidad de generación anual se proyectó en 134,240 MWh, lo que implica que la central podría operar con factor de planta de 56.7%.
- La distribución de la generación de electricidad entre las empresas usuarias asociadas a la central eléctrica sería de acuerdo con tabla 3.1.

Tabla 3.1. Socios de Electricidad del Sureste S.A. de C.V.

Socio	MWh/año
Municipio de Puebla, Pue.	87,020
Instituto Estatal del Agua de Oaxaca	22,560
Municipio de Tuxtepec, Oax.	960
Municipio de Salina Cruz, Oax.	2,100
Municipio de Tehuantepec, Oax.	1,200
Municipio de Matías Romero, Oax.	1,300
Municipio de Ixtepec, Oax.	400
Municipio de Huatulco, Oax.	2,950
Municipio de Oaxaca, Oax.	11,500
Municipio de ETLA, Oax.	1,200
Municipio de Juchitán, Oax.	2,200
Municipio de San Pedro Mixtepec, Oax.	600
Municipio de Huajuapán, Oax.	1,250

De acuerdo con el permiso que otorgó la CRE en abril de 1996, la obra se iniciaría en octubre de ese año y terminaría en octubre de 1997. Sin embargo, en marzo de 1997, Electricidad del Sureste solicitó a la CRE la modificación de dichas fechas, señalando como causa que motivó el retraso: *el hecho de que a la fecha no le había sido posible concretar con la Comisión Federal de Electricidad, la firma del convenio de interconexión y los contratos asociados con los servicios de trasmisión y respaldo requeridos* (CRE, 1998). La CRE aprobó nuevas fechas para iniciar la obra en agosto de 1997 y terminarla en julio de 1998.

En junio de 1998, Electricidad del Sureste solicitó nuevamente la modificación de fechas de inicio y fin del proyecto; sin embargo, en esta ocasión, por haberse excedido del plazo de seis meses para iniciar la construcción, la CRE inició el procedimiento de caducidad concediendo un plazo de 15 días para presentar su defensa. Electricidad del Sureste no

llevó a cabo acciones de desahogo, por lo que le CRE declaró la terminación del permiso por caducidad.

3.7 Proyecto de Fuerza Eólica del Istmo S.A. de C.V.

En junio de 1996, el ingeniero Carlos Gottfried Joy representando a la sociedad Fuerza Eólica del Istmo, S.A. de C.V., presentó una solicitud de permiso para generar electricidad en la modalidad de autoabastecimiento, aprovechando la energía del viento. Dos meses después, la CRE emitió la resolución RES/086/96 indicando que la solicitud no se admitía para trámite por diversas razones.

Fuerza Eólica del Istmo presentó una nueva solicitud en abril de 1997. En agosto y septiembre presentó información y documentación complementaria. En enero de 1998, la CRE emitió el Título de Permiso E/070/AUT/98 de acuerdo con lo siguiente:

- Capacidad de la central eoloeléctrica, 30 MW.
- En la tabla 2.2 se listan los socios que constituyeron la sociedad Fuerza Eólica del Istmo, S.A. de C.V. y la distribución de potencia eléctrica autorizada.

Tabla 3.2. Socios de Fuerza Eólica del Istmo S.A. de C.V.

Socio	kW
Cooperativa Manufacturera de Cementos Portland La Cruz Azul, S.C.L.	17,111.3
Fuerza Eólica, S.A. de C.V.	8.55
Procesos Electrónicos de México, S.A. de C.V.	0.855

- De acuerdo con el permiso otorgado, la capacidad de generación será aprovechada de la siguiente forma:
 - La Cooperativa Manufacturera de Cementos Portland La Cruz Azul, S.C.L. para alimentar la planta localizada en Lagunas, Oaxaca, a 35 km de la central eoloeléctrica.
 - Fuerza Eólica, S.A. de C.V, para alimentar el taller y las oficinas de mantenimiento ubicados en el sitio de la central eoloeléctrica, en La Ventosa, Municipio de Ixtaltepec.
 - Procesos Electrónicos de México, S.A. de C.V., para alimentar la oficina de representación ubicada en el sitio de la central eoloeléctrica, en La Ventosa, Municipio de Ixtaltepec.
- En los planes de expansión de la sociedad de autoabastecimiento quedaron previstas las siguientes personas morales:
 - Sociedad Cooperativa de Producción y Prestación de Servicios La Istmeña, S.C.L.
 - Sociedad Cooperativa Comunal de Producción y Explotación de Recursos Naturales El Barrio, S.C.L.
 - Sociedad Cooperativa de Vivienda de Trabajadores La Cruz Azul, S.C.L.

- El permiso se otorgó para que la central eoloelectrica fuera integrada por 60 aerogeneradores de 500 kW cada uno. Los promotores estimaron que producirá 150 GWh por año, implicando que operaría con un factor de planta cercano a 57%.
- La central quedaría ubicada en el kilómetro 59 de la carretera federal 185, cerca del poblado La Ventosa, Municipio de Ixtaltepec, Oax.
- El programa de las obras necesarias para construir la central contemplaba dos etapas, iniciando con la firma de contratos, el estudio meteorológico, la selección del sitio, la ingeniería del proyecto, la obtención del financiamiento, la construcción y la puesta en marcha. En la primera etapa se construirían 10 MW y en la segunda los 20 MW restantes. La fecha que se estableció para iniciar la construcción de la primera etapa fue enero de 1998 y se contemplaba que 20 meses después se pondría en marcha la segunda etapa de 20 MW.

En agosto de 1999, Fuerza Eólica del Istmo S.A. de C.V., presentó a la CRE solicitud para modificar la fecha de terminación de obras del proyecto, señalando para tal efecto el mes de septiembre de 2001. La solicitante señaló que la causa principal del retraso eran las dificultades que había enfrentado para firmar los contratos y convenios de interconexión, transmisión y venta de excedentes con la Comisión Federal de Electricidad. La CRE otorgó el permiso de acuerdo con la resolución RES/232/99.

3.8 Otras iniciativas

Antes del año 2000, hubo muchas otras iniciativas que no llegaron a solicitar permiso a la Comisión Reguladora de Energía. Entre ellas se puede mencionar la promoción de un proyecto eoloelectrico de 140 MW en La Ventosa para autoabastecimiento de electricidad en el ámbito industrial y para exportación de electricidad a Guatemala. La empresa mexicana que promovió dicho proyecto dijo estar asociada con la compañía Danesa Vestas, fabricante de aerogeneradores y que como propósito adicional al proyecto se planeaba construir una ensambladora de aerogeneradores en el puerto de Salina Cruz, Oaxaca.

Las modificaciones hechas a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en 1992 sí facilitaban la generación de electricidad por inversión privada en sus diversas modalidades (especialmente en las de autoabastecimiento y cogeneración). Desgraciadamente, ese no era el caso para las fuentes de energía renovable ya que, entre otros elementos, las reglas de compra-venta de excedentes de energía y energía faltante limitaban considerablemente la rentabilidad de cualquier proyecto eoloelectrico para autoabastecimiento. Para la modalidad de pequeña producción, las reglas de despacho dejaban sin oportunidad alguna a las fuentes de generación intermitente. Respecto a la generación independiente, el marco programático no consideraba capacidad eoloelectrica alguna y se manifestaba que la limitante era que CFE está obligada a comprar la energía que resulte más barata.

Otras situaciones adversas fueron emergiendo a medida que se intentaba formular otros proyectos eoloeléctricos. Los hechos hacen evidente que en este período se manifestaron muchas barreras que aún existen.

Capítulo 4

Política energética y desarrollo institucional

La acción no debe ser una reacción sino una creación
Mao Tse-Tung

4.1 Política internacional

Con sede en Río de Janeiro, Brasil; en 1992 se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo y Medio Ambiente¹ (Conferencia de Río), ahí se plantearon los principales problemas ambientales que podrían afectar los ecosistemas y la calidad de vida de la humanidad. Entre ellos, se puso sobre la mesa el tema de Cambio Climático Global. México firmó la Convención Marco del Cambio Climático² y la ratificó en 1993.

Con base en ese compromiso internacional, el entonces Presidente Ernesto Zedillo giró una instrucción para que se formulara un Programa Nacional de Acción Climática. En abril de 1997 se instauró un Comité Intersecretarial de Cambio Climático conformado por representantes de las entonces Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Sagar), Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), Secretaría de Energía (SE), Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secofi), Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnat) y Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE).

Desde entonces, dicho Comité tiene la responsabilidad de definir la posición que adoptará México en los foros internacionales sobre cambio climático. El 9 de junio de 1998, el entonces Presidente Zedillo suscribió el Protocolo de Kioto sobre Cambio Climático. Durante 1998 y 1999 el Comité Intersecretarial coordinó la elaboración y consulta pública de una propuesta nacional que integra las aportaciones de las instituciones mexicanas responsables de tomar y fomentar medidas que aporten a la mitigación de gases de efecto invernadero en el país (INE, 2000). Esta propuesta se expuso a consulta pública en forma de un documento titulado Programa Nacional de Acción Climática. Quizás, una de las críticas más objetivas al programa fue que *le faltó una agenda calendarizada con objetivos tangibles y que se notaba una desvinculación entre el combate a la pobreza y la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero* (CESPEDES, 2000). Es de suponer que por

¹ *United Nations Conference on Environment and Development*

² *United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC*

este tipo de críticas después se quitó del título la palabra programa y se cambió por la palabra estrategia.

Después de la consulta pública, realizada de marzo a agosto de 1999, el Instituto Nacional de Ecología (Secretario Técnico del Comité Intersecretarial) integró y editó el documento *Estrategia Nacional de Acción Climática* misma que enmarca lo que sucedido a partir del año 2000.

Cabe subrayar que en el documento de Estrategia Nacional de Acción Climática ya se hablaba de las fuentes de energía renovable o de las fuentes alternas de energía como una de los medios útiles para coadyuvar a la mitigación del Cambio Climático Global.

Con base en lo anterior, la administración de la Secretaría de Energía en el período 1994 – 1999, fomentó y apoyó proyectos y acciones en las instituciones del sector, en relación con el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable, de acuerdo con lo siguiente:

4.2 Conae y Cofer

De acuerdo con lo publicado en el portal Web de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía: *en 1995 la Conae (dirigida entonces por el ingeniero Odón de Buen Rodríguez) tomó conciencia de la importancia del aprovechamiento de las energías renovables por su potencial para reducir el consumo de combustibles fósiles, conservando recursos no renovables y atenuando los impactos al ambiente que resultan de las actividades relacionadas con la generación, distribución y uso final de la energía (Conae, Internet 2002).*

Con base en lo anterior, Conae se propuso fomentar el uso, aplicación y desarrollo de las energías renovables en México; por cierto, un reto importante que en primera instancia exigía formular planes objetivos, realizar acciones concretas y fomentar la coordinación entre todos los actores involucrados. Por inicio, en noviembre de 1996, Conae, en coordinación con la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), organizó un *Foro de Evaluación sobre las Fuentes No Convencionales de Energía en México*. De este foro se concluyó que era necesario formar un organismo colegiado que se abocara a promover y fortalecer la relación entre todos los agentes que conforman el mercado actual y potencial de las energías renovables en México, para evitar duplicidad de esfuerzos y establecer una gama de mecanismos y estrategias.

De ahí, se formó el Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables en México (Cofer), con la misión *de abocarse, bajo la óptica de un mercado de libre competencia, a la promoción y fortalecimiento de la utilización de las energías renovables en nuestro país, sentando las bases para una adecuada política gubernamental en este sentido.*

Cofer funciona como un organismo colegiado, integrado por representantes de los sectores industrial, comercial, académico, gubernamental y de la banca de desarrollo. Opera bajo la supervisión y coordinación de Conae, en coordinación con ANES. Está formado por el Director de la Conae, quien lo preside; el Presidente del Consejo Directivo de ANES, quien actúa como Secretario Técnico; un Secretario Ejecutivo, un Coordinador Operativo y un Enlace Permanente que son designados por el Presidente del Consejo de común acuerdo con el Secretario Técnico, y por hasta tres representantes de cada uno de los sectores público, industrial, comercial, académico y de la banca de desarrollo, propuestos por sus méritos profesionales y de servicio, quienes tienen carácter de Consejeros.

De acuerdo con las minutas documentadas, la primera reunión de Cofer se realizó el 20 de junio de 1997. De 1997 a 1999 Cofer sostuvo 14 reuniones ordinarias y 3 reuniones extraordinarias lo que arroja un promedio cercano a una reunión cada 3 meses. Con relación al tema de la generación eoloelectrica, en las memorias de las reuniones de Cofer destaca lo siguiente:

- El 14 de diciembre de 1999, se presentó un *Modelo de Contrato de Interconexión, Porteo y Acreditación de Energía para Autoabastecimiento de Electricidad con una Central Eólica*. Este es un modelo propuesto por el ingeniero Carlos Gottfried Joy, Presidente de la compañía Fuerza Eólica S.A. de C.V. Este modelo de convenio, no fue aceptado en los términos originales pero, sin lugar a duda, sirvió como base para realizar el modelo que dos años después entró en vigencia.

4.3 IIE

En enero de 1997, el IIE inició un proyecto titulado *Seguimiento de la Tecnología de Centrales Eoloelectricas*. Este proyecto fue dirigido por el ingeniero Marco A. Borja Díaz. Su objetivo fue generar información y herramientas de apoyo en relación con el posible desarrollo de la generación eoloelectrica en México, de tal forma que dicha información constituyera un acervo básico que pudiera coadyuvar a la toma de decisiones en la materia. El proyecto se llevó a cabo en el marco de un subprograma de proyectos con la Secretaría de Energía, manejado por el IIE. Cabe mencionar que este proyecto fue financiado en su totalidad por el propio IIE.

En junio de 1997, por gestión del doctor Jorge Huacuz Villamar, Gerente de Energías No Convencionales del IIE, se realizó un *Estudio de Prefactibilidad para un proyecto de Energía Eólica de 150 MW en la zona de La Ventosa, Oaxaca*. Este estudio fue contratado por la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA), con el propósito de identificar el marco técnico, económico y regulador del proyecto, y analizar su potencial para convertirse en un proyecto de implementación conjunta. El estudio incluyó la estimación del potencial de generación de electricidad, la estimación del potencial de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes atmosféricos, la síntesis del marco legal y normativo vigente en México, el análisis económico y financiero y la identificación de impactos económicos y sociales (Borja, *et al*, 1997).

En 1997, México se unió al *Acuerdo de Implementación para la Cooperación en la Investigación y Desarrollo de Sistemas de Generación Eoloeléctrica*³ que se desarrolla bajo los auspicios de la Agencia Internacional de la Energía (AIE). Dicho Acuerdo se inició en 1977. Cuando México se unió al Acuerdo, ya participaban 17 países. En virtud de que las acciones de cooperación entre los países miembros se realizan en el marco de la investigación y el desarrollo tecnológico, el Gobierno de México, a través de la Secretaría de Energía, designó al IIE para representar a México. Específicamente, se nombró al ingeniero Marco Borja como representante titular mexicano, quien en 1997 se capacitó para dichos fines mediante *The International Course on the Implementation of Wind Energy*, impartido por la Fundación Holandesa de Energía (ECN).

Administrativamente, la participación de México en el *Acuerdo Eólico de la AIE* quedó enmarcada como una de las actividades del proyecto *Seguimiento de la Tecnología de Centrales Eoloeléctricas* y, por consiguiente, también ha sido financiada en su totalidad por el IIE. En principio, la participación en el *Acuerdo Eólico de la AIE* implica el intercambio de información técnica entre expertos de los países miembros. Esto se lleva a cabo mediante la participación en Anexos Técnicos. México está inscrito en el Anexo XI que constituye la plataforma de intercambio de información de la base tecnológica⁴.

Así, los productos del proyecto *Seguimiento de la Tecnología de Centrales Eoloeléctricas* fueron realizando con base en el conocimiento de un amplio panorama del desarrollo eoloeléctrico en el ámbito internacional.

Para esas fechas era muy claro que la principal barrera para el desarrollo eoloeléctrico era la desinformación en el ámbito ejecutivo, tanto del sector público como del privado. Es decir, si sólo unas cuantas personas entendían los aspectos básicos de la tecnología eoloeléctrica (i.e., incluyendo aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales), no se podía pensar en el éxito de alguna iniciativa para adecuar el marco legal, institucional y regulador; o bien, en el logro de una iniciativa para integrar, en escala significativa, la generación eoloeléctrica al sistema eléctrico nacional.

Por lo tanto, se decidió que era un momento adecuado para difundir información sucinta sobre la tecnología eoloeléctrica. Como primer paso se realizó una monografía titulada *Energía Eólica: centrales eoloeléctricas* (Borja, et al, 1998). En esta publicación (una revista de 58 páginas), se proporcionó información sobre el panorama mundial del desarrollo de la generación eoloeléctrica, el estado del arte de la base tecnológica, las principales implicaciones de la implantación de la tecnología y la situación nacional. Para hacerla llegar a ejecutivos clave en un ambiente apropiado, la monografía se repartió en la mesa de registro de un *Seminario Internacional sobre la Generación de Electricidad a partir de Energías Renovables: Estado Actual y Perspectivas*, que fue organizado por Conae y que se llevó a cabo en Saltillo, Coahuila en octubre de 1998.

³ The Implementing Agreement for Co-Operation in the Research and Development of Wind Turbine Systems, of the International Energy Agency

⁴ Base Technology Information Exchange

Cabe mencionar que en dicha ocasión la monografía se distribuyó a funcionarios de varias instituciones del sector público (v.g., Sener, Conae, CRE, CFE, Semarnat), así como a empresarios y delegados de la banca de desarrollo.

En diciembre de 1998, en colaboración con el Programa Universitario de Energía (PUE) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se publicó el libro *Estado del Arte y Tendencias de la Tecnología Eoloeléctrica* (Borja, et al, 1998). Con un tiraje de 1,000 ejemplares, el libro escrito en el IIE se convirtió en el primer libro mexicano que trata específicamente sobre la energía eólica. Se destinaron quinientos ejemplares de este libro para su distribución en el ámbito académico, mientras que el resto se repartió a funcionarios públicos, empresarios y otros. Esencialmente, el libro trata los mismos temas que la monografía, sólo que lo hace de manera más amplia.

Cabe mencionar que tanto la monografía como el libro, llevaban mensajes orientados a estimular reacciones a temas específicos. Por ejemplo, en la página 95 del libro se trató el tema de *Crédito por Capacidad (CPC)* de centrales eoloeléctricas. Ahí se mencionó que en algunos países ya se reconocía que las centrales eólicas tienen crédito por capacidad y que en algunos casos dicho reconocimiento se expresaba en términos económicos. Se presentó un método desarrollado en Los Países Bajos para estimar el crédito por capacidad de centrales eoloeléctricas interconectadas a sistemas eléctricos (van Wijk, 1990). Dicho método es probabilístico y está basado en el cálculo del índice de pérdida de carga (LOLE por sus siglas en inglés *lost of load expectation*). Posteriormente, Comisión Federal de Electricidad en colaboración con investigadores del Instituto Politécnico Nacional, utilizaron dicho método para estimar el crédito por capacidad de una central eoloeléctrica de 100 MW en la zona del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. En ese mismo trabajo, CFE comenzó a hablar de la complementación favorable que podrían tener las centrales eoloeléctricas y las hidroeléctricas en el sureste mexicano (Mota, 2001).

Tanto la monografía como el libro concluyeron con lo siguiente:

El posible desarrollo de la generación eoloeléctrica en México requiere de un mayor esfuerzo enfocado a identificar, promover e implantar aquellas estrategias que podrían crear un ambiente favorable. Para ello se considera necesario lo siguiente:

- *Establecer una estrategia y un programa para la prospección, evaluación y caracterización del recurso eólico del país, que sea congruente con la extensión del territorio nacional y que sirva como apoyo para las iniciativas de proyectos eoloeléctricos.*
- *Desarrollar la planeación de la integración de centrales eoloeléctricas al sistema eléctrico nacional, estableciendo prioridades regionales en función de las necesidades y oportunidades.*
- *Planear el crecimiento de la generación eoloeléctrica en términos de un ordenamiento ecológico adecuado.*

- *Desarrollar e implantar un marco regulador específico para la generación eoloeléctrica que incluya elementos que faciliten su integración al sistema eléctrico nacional.*
- *Establecer un precio de compra para la energía eoloeléctrica que reconozca sus beneficios directos e indirectos y definir e implantar los esquemas para su retribución considerando la incentivos fiscales para atraer el capital privado.*
- *Desarrollar e implantar la normatividad que corresponda, tanto en materia técnica como ambiental.*
- *Promover y apoyar acciones en el sector privado para desarrollar una industria eoloeléctrica mexicana, con énfasis en la mediana y pequeña industria.*
- *Consolidar la base de apoyo tecnológico interno mediante el fortalecimiento de la investigación aplicada a proyectos demostrativos que permitan la internalización del conocimiento aplicable a la asimilación, desarrollo y sostenibilidad de la tecnología.*

Paralelamente, el IIE desarrolló programas de cómputo enfocados a realizar estudios de pre-factibilidad técnico-económica de proyectos eoloeléctricos (Borja, *et al*, 1999). Estos programas facilitan la generación de índices de comportamiento técnico de centrales eoloeléctricas, así como estudios de sensibilidad para viabilidad económica, incluyendo los parámetros de obligaciones fiscales en el ámbito nacional.

4.4 Evento relevante.

A mediados de 1999, el Comité Ejecutivo del *Acuerdo Eólico de la AIE* propuso que México fuera el anfitrión de su reunión anual. El IIE aceptó, solicitando que se aprovechara la reunión del Comité en México para realizar un seminario.

Así, el *Seminario Internacional sobre la Implantación de la Generación Eoloeléctrica* se llevó a cabo el 9 de noviembre de 1999, en las instalaciones del Museo Tecnológico de la Comisión Federal de Electricidad, en el Distrito Federal.

Al seminario asistieron funcionarios del sector público incluyendo Secretaría de Energía, Conae, CFE, CRE, Semarnat y Gobierno del Estado de Oaxaca. Asimismo, se contó con la presencia de delegados del sector académico, entre ellos del Centro de Investigación en Energía y del Programa Universitario de Energía, ambos de la UNAM. También asistieron delegados de la iniciativa privada y varios miembros de la mesa directiva de la Asociación Nacional de Energía Solar. Todos los miembros de Cofer fueron invitados a este evento; la gran mayoría asistió. Por supuesto, se contó con la presencia de directivos del IIE y con cerca de 20 representantes de países miembros del *Acuerdo Eólico de la AIE*.

El doctor Félix Avia Aranda, investigador del Centro de Estudios Energéticos y Medioambientales de España (CIEMAT) presentó la ponencia *The Wind Power Development in Spain: a success story. Lessons learned*. Habló muy claramente de la estrategia adoptada por el Gobierno Español para promover el uso de las energías renovables, incluyendo las leyes y decretos que se emitieron para dicho fin. Entonces, España ya contaba con 1,500 MW eoloeléctricos instalados. Asimismo, presentó los programas regionales de energía eólica (i.e., formulados por las comunidades autónomas como Navarra, Galicia, Aragón...)

El doctor Volker Koehne de la empresa alemana WINDTEST Kaiser-Wilhelm-Koog GMBH presentó la ponencia *Integration of more than 4,000 MW in the utility grid: The German experience*. Habló de la estrategia del Gobierno de Alemania que para esas fechas ya los había llevado a ocupar el primer lugar en el mundo respecto a la implantación de la generación eoloeléctrica. Asimismo, presentó las experiencias operacionales sobre la red eléctrica, habló del proceso de certificación de aerogeneradores y finalmente mencionó que en un estudio realizado en Alemania se había encontrado que la generación eoloeléctrica tenía cierto crédito por capacidad (cercano al factor de planta).

El doctor Joergen Bjelskou de la Agencia Danesa de Energía, presentó la ponencia *Wind Power in Denmark*. Ésta fue una ponencia muy completa que dio una semblanza de varios aspectos; entre ellos, política energética y estrategias de implementación, condiciones del marco regulador para la generación eoloeléctrica, programas nacionales, incentivos fiscales, certificación, legislación para protección ambiental, y programas de investigación y desarrollo tecnológico.

El doctor Robert W. Thresher, Director del Centro Nacional de Tecnología Eólica de los Laboratorios Nacionales de Energía Renovable de los Estados Unidos (NWTC-NREL) presentó la ponencia *Wind Energy in The United States: Progress and Lessons Learned*. Habló de la situación del desarrollo eoloeléctrico en su país, mencionando las metas y programas del Departamento de Energía, las tendencias del mercado, la política energética y el ámbito legislativo del medio ambiente que apoya la energía renovable, los programas de investigación y desarrollo tecnológico y las lecciones aprendidas respecto a los incentivos otorgados.

El doctor Pantelis Vionis, del *Centro para las Energías Renovables de Grecia (C.R.E.S.)*, presentó la ponencia *Autonomous Wind/Diesel Systems: the Greek experience*. Habló de las experiencias operacionales en la aplicación de sistemas híbridos autónomos Eólico-Diesel que se han instalado en las islas griegas.

El ingeniero Marco Borja del Instituto de Investigaciones Eléctricas de México, presentó la ponencia *Implicaciones Principales para el Desarrollo e Implantación de la Generación Eoloeléctrica*. Habló de aquellos elementos que identificó como comunes para el éxito del desarrollo eoloeléctrico en los países del *Acuerdo Eólico de la AIE*.

El doctor Gerardo Hiriart Le Bert, entonces Gerente de Proyectos Geotermoeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad, presentó la ponencia *Experiencia de la Comisión Federal de Electricidad en las Centrales Eoloeléctricas de La Venta y Guerrero Negro*.

Expuso las estadísticas de operación de dichas centrales, así como sus costos de construcción y experiencia operacional básica. Después habló de los planes de CFE para construir una central eoloeléctrica de 54 MW en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

En resumen, el *Seminario Internacional sobre la Implantación de la Generación Eoloeléctrica* se caracterizó por lo siguiente:

- Fue el primer evento en México que trató de manera específica y objetiva el tema de la generación eoloeléctrica.
- Asistieron funcionarios públicos con poder de decisión.
- Expertos de reconocido prestigio en el ámbito internacional presentaron información actualizada y completa del desarrollo eoloeléctrico en sus respectivos países, incluyendo las estrategias de implantación y lecciones aprendidas.
- Delegados del Gobierno del Estado de Oaxaca, encabezados por el ingeniero Fernando Mimiaga Sosa, escucharon las exitosas experiencias en otros países respecto al potencial de desarrollo regional que ofrece la generación eoloeléctrica.

Capítulo 5

Actividades principales durante el año 2000

*El futuro tiene muchos nombres. Para los débiles es lo inalcanzable.
Para los temerosos lo desconocido. Para los valientes es la oportunidad*
Victor Hugo

5.1 Introducción

Durante los últimos tres años, el interés por construir centrales eoloeléctricas en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec se incrementó de manera importante. Dicha situación se debe principalmente a la promoción que emprendió el Gobierno del Estado de Oaxaca a través de su Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial (SEDIC). A raíz del *Seminario Internacional sobre la Implantación de la Generación Eoloeléctrica*, que fuera organizado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas y el Comité Ejecutivo del *Acuerdo Eólico* de la Agencia Internacional de la Energía; el ingeniero Fernando Mimiaga Sosa, Director de Desarrollo de la Pequeña y Mediana Empresa de la SEDIC, solicitó apoyo al IIE, para organizar un evento enfocado a promover el desarrollo eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. Así nació la idea de llevar a cabo el *Primer Coloquio Internacional sobre Oportunidades para el Desarrollo Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec*. Previo a dicho evento, el doctor Ángel Fierros Palacios, Director de Energías Alternas del IIE, se reunió con el ingeniero Juan José Moreno Sada, Secretario de Desarrollo Industrial y Comercial del Gobierno del Estado de Oaxaca, para plantear los beneficios potenciales del desarrollo eoloeléctrico, así como los principales retos que habría que superar para que ello pudiera ser realidad. La idea fue muy bien recibida por los funcionarios del Gobierno del Estado de Oaxaca, al grado que la plasmaron en el concepto de un plan denominado *Energía para el Desarrollo* que integró otros elementos enfocados a la electrificación rural con sistemas fotovoltaicos. El *Coloquio Eólico* se convirtió en un foro muy interesante en donde se han expuesto oportunidades, limitaciones, posiciones, situaciones y realidades, respecto al posible desarrollo eoloeléctrico en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

5.2 Primer Coloquio Eólico de Oaxaca

En octubre del año 2000 se realizó el primer *Coloquio Eólico de Oaxaca* mismo que entonces se tituló *Coloquio Internacional sobre Oportunidades para el Desarrollo Eoloeléctrico de La Ventosa, Oaxaca*¹.

En la exposición de motivos para la celebración de este evento se manifestó que:

- El Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Energía, busca que paulatinamente se vayan incorporando nuevas tecnologías que aprovechen las fuentes de energía renovable como parte del proceso de diversificación energética para el desarrollo sustentable.
- El Gobierno del Estado de Oaxaca busca aprovechar sus recursos naturales con el fin de impulsar el desarrollo económico y social en la entidad.
- La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, la Comisión Federal de Electricidad y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, son organismos públicos que, en sus respectivos ámbitos de obligaciones y atribuciones, promueven y apoyan la innovación tecnológica dentro del sector eléctrico para que el abastecimiento y consumo de electricidad se realice de manera eficiente, económica, segura y sustentable.

En la exposición de motivos también se manifestó que:

- En el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec existe amplia disponibilidad de recurso eólico, a tal grado que se ubica entre las regiones del mundo más favorecidas al respecto.
- La topografía de llanura costera y la naturaleza del flujo eólico sobre el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, le confieren características que facilitan el aprovechamiento del recurso eólico, tanto desde el punto de vista técnico como del económico.
- Se ha estimado que el aprovechamiento del principal recurso eólico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec podría dar lugar a la instalación de 2,000 MW eoloeléctricos.
- La experiencia en varios países ha demostrado que la generación de electricidad con energía eólica es un elemento de diversificación energética compatible con la preservación del medio ambiente y que además, ofrece oportunidades para impulsar el desarrollo regional con la participación de la pequeña y mediana empresa y la consecuente creación de nuevos empleos y nuevas áreas de negocio.
- Los propietarios de las tierras en las que se construyen proyectos eoloeléctricos reciben remuneración económica por concepto de arrendamiento, mientras que el uso del suelo

¹ Después se cambiaría *La Ventosa* por *Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec*.

prácticamente no se modifica ya que cerca de 96% del terreno en el que se emplaza una central eoloeléctrica, no se afecta y se puede seguir usando para agricultura o ganadería.

De esa manera quedaron resumidas las principales razones por las cuales el Gobierno del Estado de Oaxaca, con la colaboración del Instituto de Investigaciones Eléctricas y la anuencia de la Secretaría de Energía, decidió reunir varios especialistas para deliberar sobre las oportunidades del desarrollo eoloeléctrico en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. A este primer Coloquio asistieron:

- Funcionarios del sector público.
- Fabricantes de aerogeneradores.
- Desarrolladores de proyectos eoloeléctricos.
- Funcionarios de instituciones u organizaciones con programas para apoyar el desarrollo sustentable.
- Instituciones Mexicanas de investigación y desarrollo tecnológico.
- Representantes de asociaciones civiles y organizaciones no gubernamentales.

A continuación se presenta la información relevante de las ponencias, de acuerdo con la temática y secuencia de las sesiones del evento.

5.2.1 Sesión de Visión Nacional

Expectativas del Gobierno del Estado de Oaxaca sobre el Desarrollo Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

Ponente: Ingeniero Juan José Moreno Sada, entonces Secretario de Desarrollo Industrial y Comercial del Gobierno del Estado de Oaxaca.

El ingeniero Moreno Sada manifestó la voluntad del Gobierno del Estado de Oaxaca para detonar el desarrollo integral del Istmo de Tehuantepec con la instalación de 2,000 MW eoloeléctricos. Para ello, propuso fomentar la atracción de la inversión privada nacional y extranjera en una cantidad cercana a 2,900 millones de dólares. Mencionó que el plazo necesario para dicho logro podrían ser 15 años de acuerdo con las siguientes etapas:

- Primera Etapa (2000-2001). Instalación de una Plataforma Eólica² para desarrollo de capacidades y control del proyecto a corto, mediano y largo plazos, con el posible apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), de acuerdo con la propuesta formulada y promovida por el Instituto de Investigaciones Eléctricas con apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Segunda etapa (2001-2002). Instalación de una central eoloeléctrica de 30 MW para autoabastecimiento de la sociedad Fuerza Eólica del Istmo S.A. de C.V., integrada principalmente por la compañía Fuerza Eólica S.A. de C.V. y Cementos Portland La Cruz Azul S. A. de C.V.

² Hoy, proyecto conocido como Centro Regional de Tecnología Eólica

- Tercera etapa (2002-2003). Instalación de una central eoloeléctrica de 20 MW promovida por la sociedad CISA-GAMESA con el propósito de conformar una sociedad de autoabastecimiento para municipios de la región.
- Cuarta Etapa (2004-2007). Detonar el desarrollo de 500 MW en centrales eoloeléctricas con una inversión privada de 675 millones de dólares.
- Quinta Etapa (2007-2015). Lograr la instalación de 2,000 MW eoloeléctricos mediante inversión privada.

La importancia de la energía renovable en la política de energía.

Ponente: Licenciado Manuel Betancourt García, entonces Director General de Política y Desarrollo de Energía de la Secretaría de Energía.

El licenciado Betancourt presentó elementos de reflexión para el diseño de la política energética. Mencionó que la política energética debe estar comprometida con el desarrollo sustentable, cuyo principal objetivo es asegurar la disponibilidad de fuentes energéticas con la mayor cobertura posible, minimizando el costo, al mismo tiempo que se protege al ambiente y se promueve un crecimiento económico continuo. Como ejes básicos para lograr el desarrollo sustentable desde el punto de vista energético señaló:

- Fomentar el ahorro y uso eficiente de la energía.
- Mantener estricto cuidado del medio ambiente en todas las actividades del sector de la energía.
- Promover el uso de fuentes de energía renovable.

Mencionó que es necesario que la política energética esté comprometida con la promoción del uso de fuentes renovables de energía y con la eliminación de los obstáculos que limitan su aplicación y desarrollo. Agregó que en México ya se estaban aprovechando fuentes de energía renovable con tecnologías económicamente viables y que entonces había una capacidad instalada de 9,619 MW hidroeléctricos, 850 MW geotermoeléctricos, 389 MW de biomasa (con base en bagazo de caña), 12 MW fotovoltaicos y 2.7 MW eoloeléctricos.

Continuó señalando que además de ser un apoyo para cubrir la demanda de electricidad, la energía renovable tiene beneficios ambientales muy importantes ya que sus emisiones son mínimas comparadas con las derivadas de las fuentes convencionales. Dijo que el Gobierno Federal tiene como responsabilidad proveer la energía necesaria para el crecimiento del país actuando racionalmente para que el desarrollo se lleve a cabo sin afectar el patrimonio de las futuras generaciones. Enfatizó que el objetivo principal es emplear los recursos energéticos del país para mejorar el nivel de vida de los mexicanos.

Respecto a la oportunidad del desarrollo eólico en Oaxaca, apuntó que en México se tiene un potencial aprovechable de recursos eólicos del orden de 5,000 MW, y que en el estado de Oaxaca se podrían instalar cerca de 2,000 MW. Mencionó que los precios de la generación eólica se han abatido notablemente en los últimos 10 años y que si bien para el sector oficial de la energía en México, las renovables no tenían prioridad porque sus costos

todavía no eran competitivos hasta hace algunos años, esa barrera finalmente ya se estaba librando.

Señaló la existencia de las siguientes limitaciones y barreras:

- Se requieren programas de apoyo. La energía eólica y en general las renovables no convencionales, han tenido desarrollos importantes en países con programas de incentivos. Establecer programas similares implicaría un costo importante para el país. En el caso de México, se necesitaría un reordenamiento de prioridades en el uso de fondos de presupuesto público, los que en forma mayoritaria se dedican a programas de desarrollo social.
- El marco regulador actual en México no es el óptimo para el desarrollo de las energías renovables en general. El problema fundamental se reduce a que las fuentes de energía renovable no están descritas en forma explícita en el Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y por la misma razón, no se hacen consideraciones especiales para compensar por su intermitencia, magnitud y localización.

Propuso llevar a cabo las siguientes acciones específicas:

- Implementación de medidas que fomenten el establecimiento de sistemas de energía renovable. Identificar posibles apoyos con fondos del exterior.
- Análisis de mejoras al marco regulador con el propósito de darles tratamiento especial y justo.
- Estudios en conjunto con la CFE para aumentar la participación de la energía renovable en la generación eléctrica.
- Estudios en conjunto con la CFE y la CRE para promover la participación de la inversión privada en la generación eléctrica.
- Programa continuo de investigación y desarrollo en las instituciones de investigación del sector.
- Estudios de factibilidad para la aplicación de las energías renovables en zonas rurales marginadas para promover el desarrollo microindustrial regional.

Al final de su presentación, destacó que la Secretaría de Energía celebraba la decisión del Gobierno del Estado de Oaxaca y del Instituto de Investigaciones Eléctricas, de llevar a cabo el *Coloquio Eólico de Oaxaca*. Mencionó que era necesario aprovechar la iniciativa del Gobierno del Estado para generar una dinámica que hiciera posible desarrollar la capacidad eólica del Estado. También hizo hincapié en que México tiene un importante acervo energético incluyendo petróleo, gas natural, hidráulica y geotermia que hasta ahora ha podido sustentar el crecimiento económico del país con suficiente energía. Dijo que hacia el futuro, dada la magnitud de los requerimientos de energía, se debe diversificar el portafolio de energía y buscar un esquema más equilibrado. Concluyó diciendo: la limitación principal para el desarrollo eoloeléctrico nacional no es técnica ni por potencial, es de organización.

Elementos de una Estrategia de Promoción de la Generación de Electricidad a Partir de Energías Renovables.

Ponente: Ingeniero Odón de Buen Rodríguez, entonces Director de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.

El ingeniero de Buen mencionó que en el contexto internacional se ha observado la constante reestructuración de los mercados eléctricos, la preocupación por el cambio climático, el abaratamiento de la tecnología asociada con el aprovechamiento de la energía renovable, la evolución hacia sistemas descentralizados y más pequeños, y la configuración emergente para aprovechar las fuentes de energía renovable. Señaló que los principales mecanismos que han funcionado para fomentar el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable en el ámbito internacional han sido:

- Contratos de largo plazo para la compra de energía a partir de fuentes de energía renovable.
- Incentivos fiscales tanto estatales como federales.

Resaltó que los retos de la energía renovable en la reestructuración energética son principalmente: la incertidumbre en el mercado, los horizontes de inversión, y las reglas de mercado que pueden resultar desventajosas. Agregó que las oportunidades de la energía renovable dentro de la reestructuración son: los mercados verdes, acceso abierto, precios en función de la localización y las nuevas formas de políticas de apoyo.

Dijo que en el ámbito nacional los marcos estructurales no han representado ventajas particulares a la energía renovable a pesar de existir ventajas locales en las que se encuentran: la disponibilidad de los recursos energéticos, la capacidad industrial establecida y los recursos humanos de alto nivel técnico. Además, expresó que se debe definir una política orientada a la energía renovable a la par y en sintonía con los cambios del sector, buscando:

- Atraer inversión privada para nueva capacidad de generación.
- Promover el desarrollo de plantas de generación que ofrezcan lo mejor en cuanto a seguridad, estabilidad y precio.
- Asegurar que la oferta de electricidad iguale a la demanda al menor precio posible.
- Asegurar que las reformas en el sistema eléctrico nacional son consistentes con las metas sociales de México.

Enseguida propuso lo siguiente:

- Integración en la nueva ley eléctrica de elementos particulares a las energías renovables como metas nacionales y programas de apoyo a las energías renovables.
- Desarrollo de contratos de largo plazo entre particulares.
- Comité evaluador de proyectos.
- Sistema institucional de apoyo (Conae, CRE, CFE, CNA, INE, SE, IIE).
- Apoyos financieros externos.

Textualmente sus conclusiones fueron:

- El marco actual no es favorable para el desarrollo las energías renovables en México.
- La propuesta de cambio estructural es una gran oportunidad para su integración en mayor escala.
- Es necesario formalizar un conjunto de instrumentos de política pública.

El Marco Regulador del Sector Eléctrico Mexicano y sus Repercusiones en el Desarrollo de Proyectos Eoloeléctricos

Ponente: Doctor Sergio Alejandro Peraza García, Director General de Electricidad de la Comisión Reguladora de Energía.

El doctor Peraza precisó que la regulación del sector eléctrico es la intervención del estado en actividades económicas públicas y privadas, basada en el concepto de interés público. Señaló que el papel de la intervención reguladora debe de ser el de mantener a los participantes dentro de un marco que permita desempeñar su función, incentivar la participación y eliminar o atenuar, en lo posible, las imperfecciones de los mercados competitivos. Además, señaló que la regulación de ninguna manera suplanta a la competencia.

Resaltó que de los instrumentos principales del marco regulador del sector eléctrico mexicano son:

- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento.
- Tarifas eléctricas.
- Contratos y convenios de adhesión, los cuales son:
 - Interconexión.
 - Compraventa de energía eléctrica (energía económica).
 - Servicio de respaldo.
 - Servicio de transmisión (porteo).

En este punto realizó una amplia revisión de dichos instrumentos en el contexto del México actual.

Al final de su presentación, delineó los elementos que se estaban considerando para formular un modelo de contrato de interconexión para fuentes de energía intermitente, a saber:

- Intercambio de energía entre periodos horarios a valor de Costos Totales de Corto Plazo (CTCP).
- Intercambio de energía entre distintos días y meses a valor de CTCP.
- Pago de servicios conexos reducido por factor de planta.
- Pago de porteo en Alta Tensión reducido por factor de planta.
- Pago de porteo en Baja Tensión reducido por factor de planta.

Visión de CFE Sobre el Desarrollo Eoloeléctrico en México

Ponente: Doctor Gerardo Hiriart Lebert, entonces Director de la Unidad de Geotermia y Nuevas Fuentes de Energía, Comisión Federal de Electricidad.

El doctor Hiriart comenzó su ponencia, haciendo referencia a la capacidad de generación en el sistema eléctrico nacional (Ilustración 5.1).

Después habló sobre las opciones que considera la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica (LSPEE) respecto a la participación de la inversión privada en el sector eléctrico. Con base en ello, dijo que el marco legal no excluye a ninguna fuente primaria de energía y que las oportunidades para la explotación del viento caben en las modalidades de autoabastecimiento, pequeño productor, productor independiente, exportación e importación. Mencionó varios sitios potenciales para el desarrollo eoloeléctrico en México, incluyendo: La Ventosa, 2,000 MW; Guerrero Negro, 10 MW; La Rumorosa, 110 MW; Hidalgo, 100 MW; Veracruz, 100 MW; Cozumel y Cancún, 100 MW; López Mateos, 100 MW; San Quintín, 50 MW; Zacatecas, 300 MW; Mazatlán, 100 MW. Dijo que el potencial eólico en México es cercano a 3,000 MW.

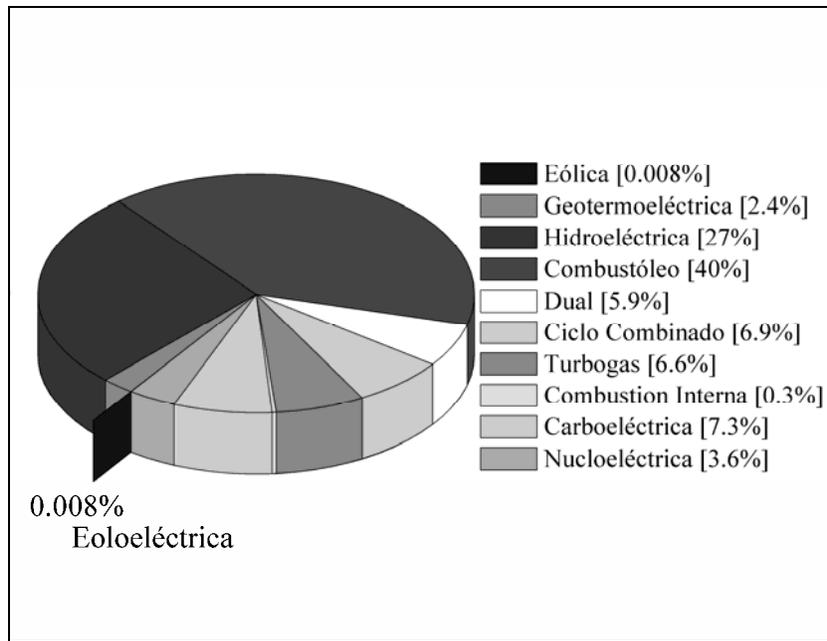


Ilustración 5.1 Capacidad instalada en el SEN (Diciembre de 1999).

Después habló de la posible participación de la generación eoloeléctrica para autoabastecimiento municipal señalando los casos de alumbrado público y bombeo de aguas potables y residuales. Asimismo, mencionó la existencia de oportunidades para autoabastecimiento industrial. Dijo que dentro de los requisitos para autoabastecimiento se encuentran el contrato de interconexión, el convenio de compra-venta de excedentes de energía, el convenio de transmisión y servicios de respaldo.

En relación con la generación eoloeléctrica en el Istmo de Tehuantepec, mencionó que CFE añadiría 3 proyectos a la ya existente central eoloeléctrica de La Venta I, a saber: La Venta II con capacidad de 54 MW, La Mata con 5 MW y Santo Domingo con 5 MW.

Al final de su ponencia dijo que los temas de la diversificación energética, la preservación del medio ambiente y la administración de los recursos no renovables, colocan al mundo en la necesidad de planear el futuro con la participación de las nuevas fuentes de energía: eólica, solar, biomasa, geotermia y microhidráulica, en las cuales México está llamado a ocupar un lugar importante en virtud del enorme potencial con que cuenta.

Propuesta para el Impulso de la Generación Eoloeléctrica en México

Ponente: Ingeniero Marco Borja Díaz, Jefe de Proyectos, Instituto de Investigaciones Eléctricas.

El ingeniero Borja inició su ponencia presentando una semblanza del desarrollo eoloeléctrico en el mundo; hizo referencia a los motivos que propiciaron el desarrollo eoloeléctrico y delineó las estrategias de implantación en los países líderes. Después, habló de los beneficios de la tecnología eoloeléctrica, enfatizando su potencial para crear nuevos empleos e impulsar el desarrollo económico y social en algunas regiones. Señaló que en México la generación eoloeléctrica constituye una oportunidad importante y que el potencial explotable en el mediano plazo es cercano a 5,000 MW de los cuales 2,000 MW se podrían instalar en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. Agregó que en el Istmo de Tehuantepec el recurso eólico es excelente y que además sus características topográficas facilitan la construcción de centrales eoloeléctricas.

Después, dijo que para aprovechar el nicho de oportunidad del desarrollo eoloeléctrico en México, se debe tomar en cuenta que el éxito de los países líderes ha radicado en la formulación de programas nacionales concebidos de acuerdo con las necesidades y oportunidades de cada país. Puntualizó que la ausencia de un programa nacional en energía eólica ocasiona falta de continuidad, falta de coordinación institucional, confusión, lentitud, pérdida de oportunidades, y alto riesgo en las inversiones, entre otros factores adversos. Agregó que esta situación ocasiona desaliento en la inversión privada y desconfianza por parte de instituciones de crédito y que esto prácticamente inhibía el desarrollo eoloeléctrico.

Después presentó su propuesta para impulsar el desarrollo eoloeléctrico en México, de acuerdo con lo siguiente:

- Primer paso. Establecer una meta estratégica respecto a la capacidad eoloeléctrica a integrar al sistema eléctrico nacional. Puntualmente propuso que se adopte la meta de satisfacer con energía eólica 2% de las ventas de electricidad proyectadas para el año 2010 lo que implicaría la instalación de cerca de 2,000 MW operando con un factor de planta promedio de 30%. Sugirió establecer dicha meta en el Plan de Nacional de Desarrollo e incluirla en el Documento de Prospectiva del Sector Eléctrico Mexicano. Para lograr esta meta propuso el programa que se muestra en la tabla 5.1

Tabla 5.1. Propuesta de integración eoloeléctrica al SEN.

Año	Agregar (MW)	Acumulada (MW)	Generación (GWh) FP=30%	% Penetración al SEN
2001	80	80	210	0.13
2002	96	176	463	0.27
2003	115	291	765	0.42
2004	138	429	1128	0.58
2005	166	595	1565	0.76
2006	199	794	2088	0.96
2007	239	1033	2717	1.18
2008	287	1320	3471	1.43
2009	344	1664	4367	1.71
2010	413	2064	5381	2.00

- **Segundo paso.** Formular, desarrollar, conducir, gestionar e instaurar elementos para impulsar y apoyar el mercado eoloeléctrico. Para ello señaló que existen varias ideas y propuestas preliminares, por ejemplo:
 - Enmendar la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica para que se permita crear un **régimen especial** de generación de electricidad con fuentes de energía renovable.
 - Desarrollar una regulación específica para la generación eoloeléctrica que incluya obligación para permitir acceso a la red, recepción automática no notificada, y cámara de compensación contable.
 - Crear un mercado eoloeléctrico nacional para alumbrado público y bombeo de agua potable y negra.
 - Instaurar un paquete de incentivos económicos. Por ejemplo, créditos blandos, cargo preferencial de porteo, crédito por capacidad, refuerzo o construcción de líneas de transmisión y subestaciones para evacuación de la generación eoloeléctrica.

Además, dijo que el principal reto sería lograr la instauración de elementos de impulso y apoyo del mercado eoloeléctrico durante el año 2001. Para ello propuso emprender un proyecto nacional que sería ejecutado por un equipo de trabajo multi-institucional dedicado 100 % a la formulación, desarrollo, conducción, gestión y seguimiento de la instauración de elementos de impulso y apoyo del mercado eoloeléctrico.

- **Tercer paso.** Instaurar elementos de apoyo técnico que constituyan la base de la facilitación y sostenibilidad del desarrollo eoloeléctrico en México, incluyendo la vinculación y cooperación internacional. Para ello propuso instaurar y desarrollar un subprograma nacional de apoyo técnico al desarrollo de la generación eoloeléctrica en México, con los siguientes elementos:

- Evaluación del recurso eoloenergético en las áreas más prometedoras del País.
- Apoyo a estudios de pre-inversión de proyectos eoloeléctricos.
- Construcción y operación de un Plataforma Nacional³ para la evaluación y asimilación de la tecnología eoloeléctrica.
- Planeación detallada del desarrollo eoloeléctrico para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, y otras áreas potenciales.
- Construcción, operación y seguimiento de instalaciones eoloeléctricas demostrativas.

Visión de la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas, CANAME

Ponente: Ingeniero Salvador Palafox Trujillo, Director General de la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas.

El ingeniero Palafox manifestó que la CANAME está comprometida con el país y con su desarrollo industrial. Después, realizó una descripción de las tendencias mundiales relacionadas con el impulso de las fuentes renovables de energía. Mencionó que las principales directrices del desarrollo energético global son garantizar el suministro a futuras generaciones, mitigar emisiones de gases de efecto invernadero, minimizar impactos ambientales acumulativos, usar nuevas tecnologías de bajo impacto ambiental, reestructurar los mercados eléctricos y asegurar el suministro de energía. Dijo que el gas natural es el energético de transición y que el hidrógeno sustituirá a los hidrocarburos en los próximos años.

Enseguida, mencionó los beneficios que en el ámbito mundial aporta la generación eléctrica en escala masiva, vía generación distribuida, y cómo las preocupaciones mundiales sobre energía y ecología han acelerado el uso de las fuentes de energía renovable. Enfatizó que en los últimos 20 años el costo de generación eoloeléctrica había disminuido cerca de 80% y que la industria ya había logrado construir aerogeneradores con capacidades de megawatts con alta confiabilidad y disponibilidad. Reiteró que en La Ventosa, Oaxaca, se dispone de uno de los sitios más privilegiados en el mundo para el desarrollo eoloeléctrico. con un potencial cercano a 2,000 MW y factores de planta del orden de 45%.

Indicó que es indispensable replantear la reforma del Sector Eléctrico Nacional considerando a las energías renovables. Mencionó que la reestructuración eléctrica debe ser congruente con el desarrollo social y regional. Subrayó que se debe tomar en cuenta la gran disponibilidad de recursos energéticos renovables y la capacidad industrial y profesional existente, dando respuestas inmediatas mediante acciones en el corto plazo. Resaltó que es imprescindible tener una visión estratégica de largo plazo para sustituir progresivamente los combustibles fósiles por energía renovable y biocombustibles, ya que la protección ambiental es condición esencial.

³ Hoy conocido como el proyecto del Centro regional de Tecnología Eólica

Como requisitos interdependientes para lograr los objetivos planteados mencionó los siguientes:

- La participación privada y social.
- La planeación regional y políticas públicas congruentes.
- La coordinación operativa centralizada.
- Las garantías al financiamiento.
- Los marcos legal y contractual.
- La formación de recursos humanos, investigación y desarrollo.
- La difusión pública.

Dentro de las estrategias a corto plazo en el contexto del marco constitucional y legal vigente, propuso simplificar los trámites de permisos federales, estatales y locales; definir la estructura de contratos de interconexión para autoabastecimiento y generación independiente con energía renovable. Además, sugirió elaborar reglas para el despacho automático de electricidad, reglas de mercado para la energía renovable, y promover proyectos con financiamiento interno y externo. Asimismo, propuso elaborar una propuesta de *Ley Federal para el Ahorro de Energía y el Fomento de las Fuentes de Energía Renovable*.

Al final de su presentación, dijo que las fuentes de energía renovable son el futuro del sector eléctrico por su potencial para generar empleos y ahorrar combustibles fósiles. Agregó que las plantas de generación eólica pueden construirse con un porcentaje importante de integración nacional y que la CANAME tiene afiliados a los fabricantes que podrían proveer más del 80% de los componentes de una central eoloeléctrica como son: aerogeneradores, transformadores, subestaciones, cables de alta y baja tensión, torres, controles, sistemas de medición y aisladores eléctricos.

El Sur del Istmo de Tehuantepec: Explotación de su potencial Eólico

Ponente: Ingeniero Enrique Caldera Muñoz, Consultor.

El ingeniero Caldera comenzó su ponencia describiendo las características eólicas del Istmo de Tehuantepec. Indicó que en dicha zona el recurso eólico es un sistema vientos denominado *Tehuantepecer* que generalmente sopla del Norte. Dijo que obedece a un efecto de tipo monzónico entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec y que se tienen vientos intensos en invierno y vientos bajos entre mayo y junio.

Agregó que el Instituto de Investigaciones Eléctricas junto con el Tecnológico de Juchitán iniciaron observaciones desde 1981 para la evaluación eólica del Sur del Istmo de Tehuantepec. Dijo que las evaluaciones se iniciaron en Juchitán y que en 1984 se llevaron a cabo en Salina Cruz, Tehuantepec, La Ventosa, La Venta y Unión Hidalgo.

Después describió la central eoloeléctrica de La Venta y destacó su operación con factores de planta elevados (64% durante el primer año). Dijo que los aerogeneradores de La Venta están trabajando sobrecargados lo que se traduce en mayores esfuerzos y fatiga mecánica

en sus partes y componentes. Enfatizó que la vida útil de los aerogeneradores que componen la central eoloeléctrica de La Venta difícilmente sobrepasará 10 años.

Sus conclusiones principales fueron:

- No siempre el lugar más ventoso, es el mejor lugar de explotación.
- Las especificaciones de los aerogeneradores deben ser acordes al lugar de explotación.
- La región de La Venta requiere de aerogeneradores especiales.

Energía Eólica, Problemática, Inversiones y Medio Ambiente

Ponente: Ingeniero Carlos Gottfried Joy, Presidente de Fuerza Eólica, S.A de C.V.

El ingeniero Gottfried comenzó su presentación describiendo su compañía. Estableció que entonces Fuerza Eólica S.A. de C.V. era una empresa constituida por Grupo Fuerza Industrias Eléctricas S.A. de C.V y ENRON Wind Corporation. Continuó hablando del desarrollo eoloeléctrico en el mundo y de sus beneficios potenciales. Dijo que el desarrollo de proyectos eoloeléctricos se realiza de forma muy similar al de fuentes convencionales, con la diferencia de que llegado el momento de suscribir contratos con compañías eléctricas o consumidores industriales, los conceptos y requerimientos de estos proyectos difieren a los de las fuentes convencionales.

Como ejemplo dijo que: en un proyecto térmico, el pago que reciben los desarrolladores se compone de: (1) pago por capacidad, (2) cargo fijo por energía, (3) costo variable. Este último concepto se introduce para proteger al desarrollador de aumentos inesperados en el costo de los combustibles. En la basta mayoría de los casos, representa mucho más riesgo el tener una componente de costo variable que comprometerse a comprar el total de la energía que un proyecto eólico pueda producir, pagando solamente por los kWh que se reciban. Esto último es el caso típico aplicable a generación eólica; sin embargo, muchas compañías eléctricas están tan acostumbradas al primer escenario, que un compromiso de comprar toda la energía que se puede producir a un costo establecido (aún sin la componente variable ni costo por capacidad) durante la vigencia del contrato, les resulta un tanto incómodo de aceptar, a pesar de la eliminación total del riesgo de aumentos inesperados en el precio de esa energía si la misma fuera generada con base en combustibles fósiles. En el caso de la generación eoloeléctrica, el pago por la energía es sólo uno (kWh puestos a disposición del comprador), con esto, la seguridad de pago de los financiamientos y demás compromisos, depende totalmente de la habilidad del proyecto para producir electricidad, combinada con la cantidad de esa energía eléctrica que la compañía acepte comprar.

Después, habló de la necesidad de realizar estudios muy profesionales para la formulación y evaluación de proyectos eoloeléctricos. Enfatizó que las instituciones financieras ponen especial cuidado en los estudios de los proyectos. Enseguida, mencionó algunas ideas para apoyar la implementación de energía renovable, de acuerdo con lo siguiente:

- Exonerar los impuestos de importación y facturación de IVA para los proyectos eoloeléctricos.

- Disminuir el pago de impuestos durante el periodo financiero.
- Examinar la doble imposición de impuesto sobre la renta. Existe el pago de impuesto sobre la renta por el proyecto y después que se distribuyen los dividendos a los socios, se les carga un impuesto adicional.
- Establecer la libre repatriación de dividendos, sin hacer ningún cargo de impuestos por este concepto.
- Establecer reglas claras para la contratación con la CFE (léase contrato de compra-venta de electricidad).
- Posibilidad de firmar contratos por largo plazo (20, 25 o 30 años) con precios de compra establecidos para cada año.
- Procedimientos y reglas claras para la obtención de permisos y de las concesiones.
- Ofrecer garantías (como parte de los contratos) sobre la no-expropiación, nacionalización, convertibilidad de la moneda libre y repatriación de dividendos.

Prosiguió presentando la cronología detallada de su experiencia en la tramitación de proyectos eoloeléctricos en México. Para terminar, presentó un resumen de la problemática para el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de la energía renovable en México, de acuerdo con lo siguiente:

1. La Ley⁴ y su Reglamento describen en particular los modos de generación, aunque por su estructura y lenguaje se refieren exclusivamente a las formas convencionales de generar energía eléctrica, particularmente por combustibles fósiles.
2. Para negociar con CFE, primero se requiere obtener el permiso de construcción y operación del proyecto por parte de la Comisión Reguladora de Energía. Se requiere una inversión importante para obtener el permiso, pero éste no garantiza que se llegará a un acuerdo con CFE.
3. No existe una política clara y definida por parte del Gobierno para el fomento de la energía renovable.

5.2.2 Sesión de Visión Internacional

Requerimiento de Contratos y Leyes de Energía para Financiamiento Internacional

Ponente: Liping Sticker, Delegada de Enron Wind. (Por razones de idioma, esta presentación fue asistida por el ingeniero Carlos Gottfried Joy, Presidente de Fuerza Eólica S.A. de C.V.; en lo sucesivo se relata la ponencia con el nombre de su expositor original, la señora Sticker).

La señora Sticker comenzó haciendo referencia a lo que denominó *La Esencia del Negocio*. Indicó que la parte medular se centra en desarrollar un proyecto que genere energía limpia, de calidad, competitiva y que a través de la venta de energía, sea capaz de pagar los compromisos de deuda e inversión adquiridos para su construcción, en términos justos de mercado. Señaló que dentro de los requisitos para que un proyecto eoloeléctrico sea negocio están:

⁴ Se refiere a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica

- Que sea factible desde los puntos de vista técnico y económico.
- Que exista un compromiso para compra de la electricidad a producir.
- Que el marco legal sea adecuado (leyes de energía y ambiental, incluyendo posibles incentivos para proyectos de energía renovable).
- Que haya definición sobre uso del suelo, propiedad de terrenos y transferencia de derechos.

Con respecto al compromiso de compra de energía, dijo que la compra de la totalidad de la electricidad producida por una central eoloeléctrica debe estar asegurada y que el precio por la energía debe estar establecido para toda la vigencia del contrato. Enfatizó que si la contraparte en la compra-venta de energía es el gobierno o alguna institución gubernamental, en algunos casos se podría requerir que el gobierno sea garante de las obligaciones del adquirente (i.e., obligado solidario).

Enseguida propuso que para fomentar el uso de las fuentes de energía renovable se establezcan los siguientes instrumentos:

- Exoneración de impuestos de importación para equipo conversor de energía renovable y sus componentes o refacciones.
- Exoneración del impuesto sobre la renta e impuestos municipales, al menos durante los primeros cinco años de operación de una central eoloeléctrica.
- Otorgar créditos fiscales a inversionistas con responsabilidad fiscal en el país, incluyendo a compañías que actualmente generan con energía convencional.
- Que las nuevas plantas convencionales tengan un porcentaje proveniente de renovables.
- Que se establezcan reglas y procedimientos claros para la obtención de permisos y aprobaciones, requerimiento de créditos verdes y la prioridad a proyectos limpios.
- Que en relación con los aspectos sobre el uso de suelo se permita la ejecución de arrendamientos a largo plazo, 20 años o más.
- Que los permisos de uso del suelo y procedimientos para su obtención estén bien definidos y que se cuente con procedimientos claros para obtener derechos de vía.

Desarrollo de Proyectos Eólicos en los Estados Unidos

Ponente: David S. Lamm, Presidente de Energy Unlimited Inc.

El señor Lamm comenzó describiendo su compañía como una respetada e innovadora corporación privada con sede en Pennsylvania. Dijo que su compañía diseña, construye, opera, mantiene y es propietaria de proyectos eoloeléctricos en California, Colorado y Pennsylvania.

Recordó los inicios del mercado en California y habló brevemente de los instrumentos legales que dieron origen al mercado eoloeléctrico estadounidense. Asimismo, habló de los incentivos e instrumentos que se han usado en Estados Unidos para impulsar el desarrollo

eoloeléctrico, incluyendo los que ya se mencionaron en el primer capítulo de este documento.

Concluyó su exposición reiterando que para facilitar la implantación de la generación eoloeléctrica se requiere:

- Permitir contratos de compra-venta de energía a largo plazo.
- Ampliar la red de transmisión.
- Garantizar tarifas para energía renovable.
- Facilitar procedimientos para la obtención de permisos.
- Fomentar proyectos de energía eólica combinada con hidrocarburos e hidráulica.
- Instaurar incentivos financieros basados en la producción.

Opinión de un empresario Español

Ponente: Juan Ramón Jiménez, Director General de Gamesa Eólica.

El señor Jiménez mencionó las características del mercado eoloeléctrico en España. Enfatizó que de forma similar con otros países, en España existe un marco regulador que incentiva la producción de electricidad con fuentes de energía renovable. Dijo que la viabilidad económica de un proyecto eoloeléctrico depende, principalmente de los siguientes factores:

- Recurso eólico del emplazamiento.
- Rendimiento de los aerogeneradores a instalar, evaluado por su disponibilidad y curva de potencia.
- Precio de venta de la electricidad neta generada.
- Costos de inversión y de operación, mantenimiento y reacondicionamiento.
- Coyuntura económica, representada fundamentalmente por la inflación y la tasa de interés.
- Otros: seguros, regulación administrativa, pérdidas eléctricas hasta el punto de interconexión con la red, efecto de heladas o ráfagas extremas.

Para el caso de México, dijo que:

- El alto incremento de demanda energética y las buenas condiciones de potencial eólico serán las bases del desarrollo futuro de la energía eólica.
- Se tiene la necesidad de contar con un marco normativo estable para el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable.
- Se requiere la aprobación de planes eólicos estratégicos.
- Se requiere la creación de capacidad productiva local.

Opinión de una empresa Japonesa

Ponente: Señor Makoto Toda, Delegado de TOMEN S.A. de C.V.

El señor Toda inició su plática describiendo a su compañía y la situación en Japón. Mencionó que en Japón existe una iniciativa de ley para la promoción de la energía verde que podría ser aprobada en el año 2001. Precisó que cada país debe diseñar o desarrollar sus propios métodos, ideas, políticas o mecanismos de fomento y las formas de implementación para lograr la cooperación de toda la sociedad. Dijo que en el caso de Japón, la idiosincrasia de su pueblo hace que en general reaccione mejor a una directriz gubernamental o a un llamado de la comunidad a colaborar, que a un incentivo fiscal. Diferenció dicha situación de Japón respecto a Estados Unidos.

Finalmente, dijo que en México no necesariamente se reacciona igual que en Japón o que en Estados Unidos y que aún y cuando no tenía una propuesta para México, se atrevía a hacer las siguientes observaciones:

- En México, muchos predios en donde se pueden instalar aerogeneradores son terrenos ejidales. Dicha situación no existe en otros países y creo que aquellos que están trabajando para allanar el camino, deberían tratar de establecer condiciones relativamente uniformes para dicho fin.
- Se ha hablado repetidamente de atraer inversiones para la generación eólica y, leo entre líneas, que se piensa casi automáticamente de inversión procedente del extranjero. Financiar proyectos eléctricos de gas natural en el mercado mexicano de dinero, puede ser imposible por los volúmenes de capital involucrado. Las plantas eólicas requieren cantidades relativamente menores y si se hallara la forma de canalizar fondos como los de AFORES por ejemplo, a este tipo de proyectos, mediante mecanismos que beneficien directamente a los ahorradores, es decir a los asalariados mexicanos, pienso que pudiera servir para crear un mercado Mexicano de inversión en las fuentes de energía. Como han mencionado los fabricantes, el costo por KW de equipo está bajando rápidamente; sin embargo, creo que el costo de los financiamientos extranjeros no lo está haciendo así. Hay un factor de “riesgo país”. Varias personas se han referido a la *libre convertibilidad a monedas duras*; eso es parte del riesgo del país. Si los fondos fueran Mexicanos, ese riesgo se reduciría un poco.

5.2.3 Sesión de Cooperación Internacional

Cambio Climático y Energías Renovables

Ponente: Licenciado Jonathan Ryan, Coordinador de la Unidad GEF-PNUD-Semarnat

El licenciado Ryan describió el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF). Indicó que *GEF* es un fondo multilateral adoptado como mecanismo financiero de la Convención de Diversidad Biológica y de la Convención Marco de Cambio Climático. Agregó que *GEF* es un mecanismo de cooperación internacional que tiene por objeto proporcionar financiamiento nuevo y adicional, en forma de donaciones y en condiciones concesionarias,

a fin de cubrir el costo adicional convenido de las medidas necesarias para lograr los beneficios para el medio ambiente mundial.

Mencionó que hasta antes de finalizar el año 2000, México había aportado a *GEF*, alrededor de 12 millones de dólares y que había recibido financiamiento por 133 millones de dólares aproximadamente. Las operaciones del *GEF* son coordinadas por un Secretariado en Washington D.C., y llevadas a cabo a través de tres agencias: el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Banco Mundial (WB), y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Señaló que entre los Programas Operacionales de *GEF* en materia de Cambio Climático se encuentra uno denominado *Promoción de la Adopción de Energía Renovable Mediante la Eliminación de los Obstáculos y la Reducción de los Costos de Ejecución*. Los objetivos de este programa son eliminar las barreras a la utilización de tecnologías de las energías renovables comerciales o casi comerciales, y reducir cualquier costo adicional de ejecución de estas tecnologías, generado por la falta de experiencia práctica, insuficiente volumen comercial o el despliegue disperso de las aplicaciones, con el fin de que las transacciones y actividades aumenten la propagación de tecnologías de las energías renovables.

Después precisó que las actividades de *GEF* están destinadas eliminar los obstáculos identificados y reducir los costos de aplicación de las tecnologías de energías renovables en un mercado específico. Agregó que los mecanismos de apoyo varían considerablemente en función de la tecnología de que se trate y que se tienen que ajustar a los marcos social, político, económico e institucional de cada país o región. Cabe indicar que en este punto se mostraron ejemplos de Mauritania, India, Costa Rica y China.

Mencionó la propuesta del proyecto *Plan de Acción para Eliminar Barreras para el Desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en México*, mismo que por iniciativa del Instituto de Investigaciones Eléctricas, con anuencia de la Secretaría de Energía, ya se estaba formulando y gestionando para esas fechas. Al respecto dijo que la propuesta estaba en proceso de evaluación tendiendo muchas posibilidades de ser aprobada por su congruencia con el programa operacional mencionado.

Al final hizo referencia a las principales barreras existentes para la implementación de energía eólica en México, de acuerdo con lo siguiente:

- Falta de un marco legal e institucional adecuado para el desarrollo comercial de este tipo de tecnología.
- Falta de estrategias para fomentar el mercado de energía eólica.
- Falta de experiencia con relación a los aspectos técnicos y económicos de la conexión de plantas eólicas privadas a la red nacional.
- Falta de un programa nacional para integrar la generación eólica en el sector energético.
- Carencia de especialistas en la materia, incluyendo los aspectos técnicos (formación de cuadros, carreras técnicas superiores), económicos y sociales (tenencia de la tierra, promoción de una cultura propicia).

- Falta de continuidad en las acciones de búsqueda, evaluación y caracterización del recurso eólico.
- Falta de mecanismos institucionales y de políticas adecuadas para el apoyo y seguimiento de las iniciativas de generación eólica.

Financing for Wind Energy Projects

Ponente: Peter A. Cook, Oficial de Inversiones de International Finance Cooperation⁵

El señor Cook indicó que su institución busca promover la inversión en los países en vías de desarrollo. Enfatizó que solamente financian proyectos del sector privado que sean comercialmente viables. Después mostró los costo de generación por kilowatt-hora para distintas tecnologías (ver ilustración 5.3). Puntualizó que los costos de generación eoloeléctrica se han reducido. Sin embargo, señaló que la generación eoloeléctrica no era completamente competitiva porque sus costos se encontraban entre 0.045 y 0.065 dólares por kilowatt-hora.

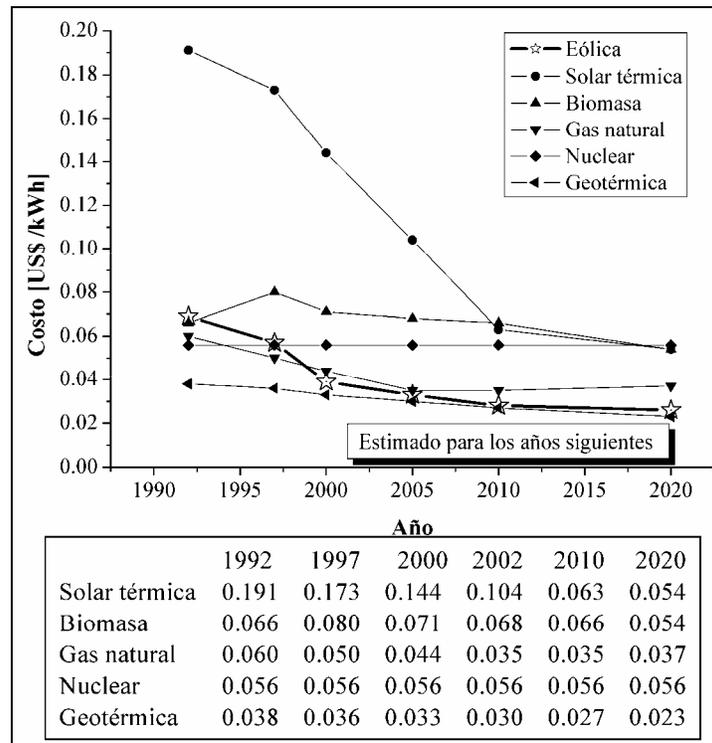


Ilustración 5.3 Costos estimados de generación en dólares por kilowatt-hora (1992-2020)

Enseguida mencionó algunas de las barreras en la implementación de proyectos eoloeléctricos y sugirió acciones para superarlas, de acuerdo con lo siguiente:

⁵ Brazo financiero del Banco Mundial para el Sector Privado.

<p>Barrera 1. La energía eólica aún no es completamente competitiva</p>	<p>Elementos de estrategia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buscar nichos de mercado donde la energía eólica sea competitiva. • Usar fondos para la reducción de gases de efecto invernadero (v.g. GEF, PCF⁶).
<p>Barrera 2. Mejora continua de las tecnologías convencionales para generación de electricidad.</p>	<p>Elementos de estrategia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enfatizar los beneficios de la diversificación energética para reducir los riesgos por el aumento de precios en los combustibles fósiles.
<p>Barrera 3. Un cociente más alto de costos de capital y costos de operación.</p>	<p>Elementos de estrategia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formular proyectos de sistemas híbridos convencionales – renovables. • Financiamiento de largo plazo.
<p>Barrera 4. Concesiones de fondo de ayuda disponibles.</p>	<p>Elementos de estrategia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mostrar los beneficios de un mercado sustentable.
<p>Barrera 5. Falta de un marco regulador.</p>	<p>Elementos de estrategia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incentivar, subsidios transparentes y otras regulaciones.
<p>Barrera 6. Proyectos pequeños.</p>	<p>Elementos de estrategia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simplificar la estructura de inversión. • Uso de financiamiento internacional.

5.2.4 Sesión Capacidad Nacional

Potencial de la Industria Nacional para la Integración de Aerogeneradores

Ponente: Ingeniero Raúl González Galarza, Jefe de Proyectos, Instituto de Investigaciones Eléctricas

El ingeniero González presentó información general que permitió visualizar el potencial de la industria nacional para abordar proyectos de integración de aerogeneradores. Primero, describió ampliamente las características generales de un aerogenerador, sus subsistemas principales, el equipo involucrado en la integración de aerogeneradores. Además, hizo referencia al mercado potencial y las estrategias de asociación.

⁶ Prototype Carbon Fund

Señaló los principales elementos que conforman un aerogenerador moderno y los relacionó con el tipo de industria involucrada en su manufactura, de acuerdo con lo siguiente:

- Industria metal-mecánica: Torre, chasis principal, cubo y gabinetes metálicos.
- Industria eléctrica: Generador, transformador de potencia, transformadores de control y de medición, motores, contactores, capacitores, interruptores termomagnéticos, fusibles, conductores eléctricos y terminales para alta y baja tensión.
- Industria electrónica: Controladores, tristores, convertidores CA-CD-CA, supresores de picos y sistemas de telecomunicación.
- Industria mecánica y electromecánica: Caja de engranes, moto-reductores, servomecanismos, acoplamientos mecánicos, unidades oleodinámicas, válvulas y accesorios hidráulicos, motores hidráulicos, engranajes diversos, frenos de disco y zapatas de fricción, rodamientos, rótulas, pernos roscados, y otros.
- Manufacturas en fibra de vidrio reforzada: Aspas, nariz del rotor y tolva protectora.

Después, presentó la distribución típica de los costos de inversión de centrales eoloeléctricas, de acuerdo con la tabla 5.2

Tabla 5.2. Distribución típica de los costos de inversión en centrales eoloeléctricas.

Concepto	(%)
Aerogeneradores	60 – 75
Gastos de importación	1 - 1.5
Transportación con seguros	0.5 - 3.5
Obra civil	8 – 13
Obra eléctrica	8 – 12
Obra de interconexión	6 – 8
Instalaciones	1 – 2
Control centralizado	0.2 - 0.5
Ingeniería y administración	2 – 4
Costos legales	1 – 2
Cuotas bancarias	0.5 - 1.5
Intereses durante construcción	1 - 2.5
Garantía extendida	0.5 – 1
Contingencias	1 – 3

Dijo que la variación de los costos de inversión se encontraba entre 900 y 1,400 dólares por kW instalado y señaló que en aquel tiempo, el volumen de negocio global era cercano a 2,200 millones de dólares anuales. Al final de su ponencia, propuso elementos de estrategia para fabricar aerogeneradores en México, de acuerdo con lo siguiente:

- Generar las alianzas estratégicas necesarias entre empresas nacionales interesadas en participar en la fabricación de aerogeneradores.
- Buscar alianzas estratégicas con fabricantes de aerogeneradores para incorporar su experiencia en el producto y en la nueva empresa.

Programas de Apoyo a la Modernización Tecnológica

Ponente: Ingeniero Alberto Sánchez López, Delegado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) del Estado de Oaxaca.

El ingeniero Sánchez manifestó que los objetivos de Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología son instrumentar la política científica y tecnológica del gobierno federal y promover el desarrollo científico y tecnológico del país. Señaló que sus principales programas son la formación de recursos humanos, el apoyo a la ciencia, el apoyo al desarrollo regional y el apoyo a la modernización tecnológica.

Explicó ampliamente los mecanismos bajo los cuales se desarrollan los programas de Conacyt. Enfatizó los programas de apoyo al desarrollo regional y el programa de apoyo a la modernización tecnológica. No mencionó acciones o propuestas concretas relacionadas con el desarrollo eoloelectrico.

Sistema de Información Geográfica sobre Energías Renovables: SIGER

Ponente: Ingeniero Ricardo Saldaña Flores, Jefe de Proyectos, Instituto de Investigaciones Eléctricas.

El ingeniero Saldaña explicó las razones que dieron lugar al desarrollo de un sistema informático en energías renovables. Explicó que en México existen recursos abundantes en fuentes de energía renovable y que estos recursos están poco caracterizados y dispersos en el territorio nacional. Además, señaló que el objetivo del SIGER es crear un mecanismo para el manejo ordenado y oportuno de información sobre recursos y tecnologías de energías renovables con fines de implantación y promoción de sus aplicaciones.

Dijo que el SIGER intenta apoyar la gestión ambiental, la identificación de oportunidades de negocio, el desarrollo de una nueva cultura energética y otros aspectos colaterales. El desarrollo del SIGER considera todas las fuentes de energía renovable con cobertura nacional. Por consiguiente, el SIGER puede ser útil para el tema del desarrollo eoloelectrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

Explicó la estructura básica del SIGER y sus bases de desarrollo. Mostró algunos mapas del Estado de Oaxaca referentes a climatología, topografía, uso de suelo, división municipal, red de carreteras, precipitación, evaporación anual, irradiación solar anual (global, directa y difusa). Respecto al recurso eólico, mencionó que aún no se contaba con información suficiente para generar mapas eólicos confiables para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

Evaluación del Recurso Eólico en México

Ponente: Ingeniero Roberto Cadenas Tovar, entonces Jefe de la Unidad de Nuevas Fuentes de Energía de la Comisión Federal de Electricidad.

El ingeniero Cadenas Tovar puntualizó que medir las características del viento permite fundamentar proyectos de inversión para posibles desarrollos eoloeléctricos en una región en particular. Indicó que para realizar la adecuada caracterización del viento en una región es necesario medir la velocidad y la dirección del viento, la turbulencia, la variación de la velocidad con respecto a la altura, la temperatura ambiente y la presión barométrica. Además, señaló que los costos de la evaluación del recurso eólico están vinculados con:

- La localización de los sitios.
- El número de estaciones de medición.
- La renta de predios para la instalación de las estaciones.
- La altura a la que se desea realizar la medición.
- La puesta en operación e instalación de las estaciones.
- La operación y mantenimiento (personal y refacciones).

Enfatizó que los costos de la evaluación del recurso eólico resultan pequeños comparados con el costo total de un proyecto eoloeléctrico. De acuerdo con la ilustración 5.4 mostró las estaciones de monitoreo del viento que la CFE ha estado operando. Ahí se puede observar que entonces CFE tenía 10 estaciones anemométricas instaladas en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.



Ilustración 5.4 Evaluación del recurso eólico por CFE.

Finalmente hizo una amplia mención de la central eoloeléctrica de La Venta. Además, describió otros proyectos en Guerrero Negro, Puerto Alcatraz y San Juanico, en el estado de Baja California Sur. Enfatizó que todos estos proyectos se sustentaron en la evaluación previa del recurso eólico, mediante mediciones anemométricas de superficie.

Experiencia operacional de la Central Eoloeléctrica de La Venta

Ponente: Ingeniero Carlos García Aguilar, Superintendente de la Central Eoloeléctrica de La Venta, Comisión Federal de Electricidad.

El ingeniero García hizo una descripción detallada de la Central Eoloeléctrica de La Venta, operada por CFE desde 1994. Mostró las principales características de la central y presentó los factores de planta anuales de 1994 a 2000, de acuerdo con la ilustración 5.5.

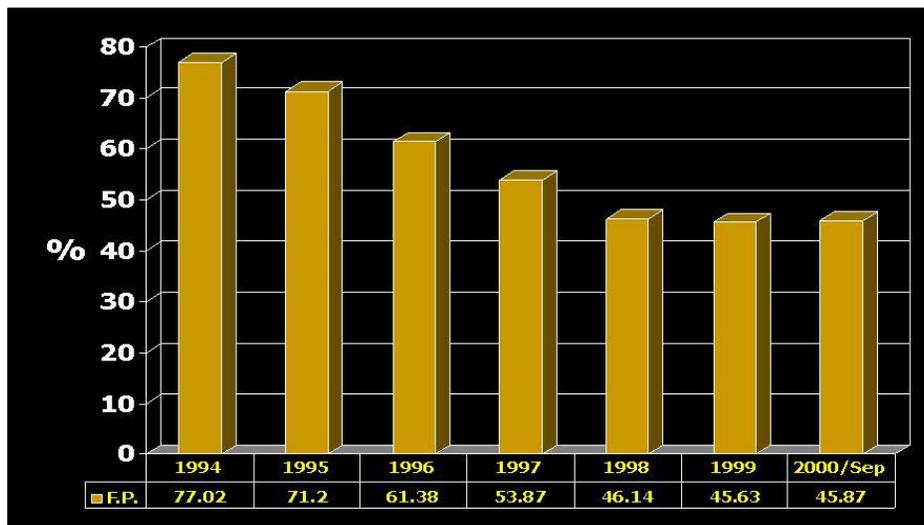


Ilustración 5.5 Factores de planta de la Central Eoloeléctrica de La Venta.

Mencionó brevemente algunas de las lecciones aprendidas y logros en materia de operación y mantenimiento de la Central Eoloeléctrica de La Venta.

CISA, Cableados Industriales S.A. de C.V.

Ponente: Ingeniero Héctor Manuel Aguilar Hirales, Director Técnico de Cableados Industriales S.A. de C.V.

El ingeniero Aguilar describió cómo se fundó su compañía y su participación en el diseño y construcción de proyectos eléctricos industriales y de potencia. Manifestó el creciente interés de su compañía por desarrollar proyectos eoloeléctricos en México, en sociedad con la compañía española Gamesa Eólica.

5.2.5 Sesión de oferta internacional

Cabe mencionar que en la agenda del *Primer Coloquio Eólico de Oaxaca* también se abrió espacio para que los delegados de las compañías extranjeras que desarrollan proyectos eoloeléctricos o que fabrican aerogeneradores, presentaran sus productos y capacidades.

Dichas compañías fueron:

- Gamesa Eólica (España)
- Made Tecnologías Renovables (España)
- Dewind Technik (Alemania)
- Enron Wind (Estados Unidos)

5.3 Aspectos relevantes del primer Coloquio Eólico de Oaxaca.

- Quedó claro que existe amplia voluntad política del Gobierno del Estado de Oaxaca para impulsar el desarrollo eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.
- Se manifestó la voluntad política de la Secretaría de Energía para fomentar el desarrollo sustentable mediante el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable.
- Repetidamente, se señaló que el marco regulador actual en México no es adecuado para facilitar el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y que el problema fundamental es que las fuentes de energía renovable no están descritas en forma explícita en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento y que por la misma razón, no se hacen consideraciones especiales.
- Quedó claro que, dada la situación actual del país, se requerirán apoyos económicos externos para iniciar el desarrollo de la generación eoloeléctrica en México y formular, evaluar e instaurar instrumentos que conduzcan a su desarrollo sostenible.
- Se propuso realizar un análisis al marco regulador con el propósito de identificar oportunidades de mejora que permitan dar un tratamiento especial y justo a las fuentes de energía renovable.
- Se manifestó la necesidad de la participación de CFE en la realización de estudios enfocados a aumentar la participación de las fuentes de energía renovable en la generación eléctrica.
- Se manifestó la necesidad de fortalecer y continuar un programa de investigación y desarrollo en las instituciones de investigación del sector.
- Quedó claro que la Comisión Reguladora de Energía ya estaba trabajando en la formulación de un “Modelo de Convenio de Interconexión para Fuente de Energía Renovable”.

- Se manifestó la conveniencia de establecer una meta estratégica con respecto a la capacidad eoloeléctrica a integrar al Sistema Eléctrico Nacional y se sugirió establecer un programa para lograr una penetración del 2% de generación eoloeléctrica en un período de 10 años.
- Varios ponentes coincidieron en proponer que la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica permita la creación de un régimen especial de generación de electricidad para fuentes de energía renovable.
- Se propuso emprender un proyecto nacional que podría ser ejecutado por un equipo de trabajo multi-institucional dedicado a la formulación, desarrollo, conducción, gestión y seguimiento de elementos de impulso y apoyo a la generación eoloeléctrica en México.
- Se propuso instaurar un subprograma nacional de apoyo técnico al desarrollo de la generación eoloeléctrica en México, incluyendo la evaluación del recurso eólico en áreas prometedoras, el apoyo a estudios de pre-inversión de proyectos eoloeléctricos, la construcción y operación de un Centro regional de Tecnología Eólica en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, realizar la planeación detallada del desarrollo eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec (y otras áreas en el País), y la construcción, operación, y seguimiento de instalaciones eoloeléctricas demostrativas de esquemas de negocio innovadores.
- Delegados del sector privado pidieron simplificar los trámites de permisos federales, estatales y locales, definir la estructura de contratos de interconexión para autoabastecimiento y generación independiente con energía renovable. Además, sugirieron elaborar reglas para el despacho automático de electricidad, reglas para el mercado para la energía renovable y promover proyectos con financiamiento interno y externo. Asimismo, en el ámbito del sector privado se sugirió que se elabore una propuesta de *Ley Federal para el Ahorro de Energía y el Fomento de las Fuentes de Energía Renovable*.
- El sector privado manifestó que las plantas de generación eólica pueden construirse con un porcentaje importante de integración nacional. Se dijo que fabricantes nacionales podrían proveer más del 80% de los componentes de una central eoloeléctrica.
- Desarrolladores de proyectos eoloeléctricos manifestaron la necesidad de instaurar elementos que den seguridad a los inversionistas en proyectos eoloeléctricos; por ejemplo, que la CFE firme contratos de largo plazo (mínimo 20 años) con precios de compra establecidos para cada año.
- Desarrolladores de proyectos eoloeléctricos pidieron la exoneración arancelaria al equipo conversor de energía renovable y sus componentes o refacciones. Asimismo, propusieron que las nuevas plantas convencionales se complementen con un porcentaje proveniente de fuentes de energía renovable.

- Los fabricantes extranjeros de aerogeneradores mostraron una amplia oferta de sistemas probados en diferentes partes del mundo.
- Se manifestó que la CFE había realizado la evaluación del recurso eólico en varios sitios del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec; sin embargo, se hizo evidente que esa información no estaba disponible públicamente.
- Se señaló que para la zona de La Venta, se requerirán aerogeneradores especiales.
- Agencias de apoyo al desarrollo manifestaron su voluntad para apoyar proyectos enfocados a impulsar el desarrollo de la generación eoloeléctrica en México.

5.4 Consecuencias principales de las actividades del año 2000

- Al final del *Primer Coloquio Eólico de Oaxaca*, el Gobierno del Estado de Oaxaca ofreció a todos los participantes una visita guiada a la zona del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. En esa ocasión el ingeniero Fernando Mimiaga Sosa reiteró a los desarrolladores de proyectos eoloeléctricos el apoyo del Gobierno del Estado de Oaxaca en relación con la gestión de terrenos para construir centrales eoloeléctricas. Después de eso, varios desarrolladores de proyectos arribaron al Corredor Eólico del Istmo con el fin de negociar contratos de usufructo de terrenos para la futura construcción de centrales eoloeléctricas.
- Asimismo, varios desarrolladores comenzaron a formular proyectos eoloeléctricos y a buscar información anemométrica que les permitiera llevar a cabo los estudios técnico – económicos; sin embargo, encontraron que no había información disponible que les fuera útil para dicho propósito.
- En abril del año 2000, el Instituto de Investigaciones Eléctricas instaló un anemómetro en las inmediaciones del poblado de La Venta. Posteriormente, a solicitud del Gobierno del Estado de Oaxaca, la información recabada por dicho anemómetro y los resultados de su procesamiento sería puesta a disposición pública a través del sitio Web del IIE.
- La Comisión Reguladora de Energía prosiguió con la formulación y gestión del Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable.
- El Instituto de Investigaciones Eléctricas contó con más elementos de soporte para seguir gestionando ante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, el proyecto de un *Plan de acción para eliminar barreras para el desarrollo de la generación eoloeléctrica en México*.
- El Banco Mundial se acercó a la Secretaría de Energía para delinear un posible proyecto de apoyo económico para el desarrollo de las fuentes de energía renovable en México, con énfasis en la energía eólica.

- La Comisión Federal de Electricidad intensificó su labor de justificación económica de una central eoloeléctrica de 54 MW para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.
- Los desarrolladores de proyectos que ya tenían proyectos en gestión, intensificaron sus actividades ante la oferta de apoyo por parte del Gobierno del Estado de Oaxaca.

Capítulo 6

Actividades principales durante el año 2001

El progreso y el desarrollo son imposibles si uno sigue haciendo las cosas tal como siempre las ha hecho
Wayne W. Dyer

6.1 Introducción

Durante el año 2001, el Gobierno del Estado de Oaxaca incrementó la intensidad de sus actividades de promoción de la generación eoloelectrica para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. El ingeniero Fernando Mimiaga Sosa y su grupo de trabajo, atendieron a las empresas públicas y privadas que se acercaron al Gobierno del Estado de Oaxaca pidiendo apoyo para asuntos diversos, principalmente relacionados con las gestiones para asegurar terrenos.

La intensa incursión de desarrolladores de proyectos eoloelectricos creó amplias expectativas a los ejidatarios y pequeños propietarios respecto al potencial de negocio por arrendamiento de tierras. Un factor que influyó en este sentido fue la forma en que los periódicos locales trataron el tema; por ejemplo, en un diario local apareció una noticia en cuyo encabezado se dijo: *Se invertirán 2,900 millones de dólares para el desarrollo eólico del Istmo...*

Los desarrolladores de proyectos comenzaron a conocer en detalle lo que tendrían que afrontar en el tema de arrendamiento de tierras; asimismo, empezaron a generar sus primeros indicadores económicos sobre las posibilidades de negocio con proyectos eoloelectricos. Paralelamente, los nuevos actores empezaron a entender la situación del marco legal, regulador e institucional que influye en el desarrollo de la generación eoloelectrica en México.

Así, varios desarrolladores de proyectos iniciaron estudios y gestiones básicas con relación al desarrollo de centrales eoloelectricas en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. Asimismo, comenzaron a explorar la posibilidad de construir proyectos similares en otras regiones de México, ya que se había hecho evidente que una de las principales limitaciones

del desarrollo eoloeléctrico en el Istmo de Tehuantepec es la capacidad de la red eléctrica para evacuar la electricidad que ahí se pueda generar.

6.2 Segundo Coloquio Eólico de Oaxaca.

El segundo *Coloquio Internacional sobre Oportunidades para el Desarrollo Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec*, se llevó a cabo en noviembre del año 2001, en Bahías de Huatulco, Oaxaca. Para enmarcar la situación en el ámbito político, cabe recordar al lector que en diciembre del año 2000 entró en funciones la nueva administración del Gobierno Federal. Prácticamente, en el *Coloquio Eólico de Oaxaca* se expuso la información principal de lo que sucedió durante el año 2001, así como la visión y expectativas de la nueva administración del Gobierno Federal.

6.2.1 Sesión de Visión Nacional

Marco Ambiental para el Aprovechamiento de la Energía Eólica en México

Ponente: Licenciado Ramón Torres Flores, Director General de Energía de la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat).

El licenciado Torres inició su plática mencionando la necesidad de conocer más sobre el tema de la generación eoloeléctrica con el propósito de identificar aquellos elementos de la política ambiental que podrían favorecer el aprovechamiento de oportunidades. Dijo que el posible éxito en una política ambiental para el aprovechamiento eoloeléctrico de La Ventosa, sería la base para abrir el camino a las aplicaciones de otras fuentes renovables de energía.

Después mencionó tres elementos que se incluyen en el Plan Nacional de Desarrollo (PND 2001-2006), de acuerdo con lo siguiente:

- El medio ambiente es una prioridad para el Ejecutivo Federal, toda vez que el desarrollo de la nación no será sustentable si no se protegen los recursos naturales con que se cuenta y si no se pone en práctica un sistema educativo que promueva su conservación.
- En relación con los ejes de política:
 - Construir cultura ecológica en donde las prácticas productivas de los programas sociales se basen en el criterio de que el deterioro a la naturaleza es inaceptable.
 - Fomentar mayor conocimiento sobre el deterioro al medio ambiente que ocasionan ciertas prácticas sociales y productivas.
 - Desarrollar una concepción de desarrollo en armonía con la naturaleza.

- Respecto a las estrategias:
 - Regulación: El sector energético debe contar con una regulación moderna y transparente que garantice la calidad en el servicio, así como precios competitivos. Para ello es necesario asegurar recursos para que las empresas públicas del sector puedan cumplir sus objetivos, facilitar la competencia e inversión y promover la participación empresarial.
 - Empresas: En materia de energía el objetivo para el 2006 es contar con empresas energéticas de alto nivel con capacidad de abasto suficiente, estándares de calidad y precios competitivos. En función de la energía eléctrica se deben generar flujos de electricidad eficaces y suficientes ante la creciente demanda.
 - Participantes: Garantizar la sustentabilidad ecológica del desarrollo económico en todas las regiones del país y proyectar y coordinar, con la participación de los gobiernos estatales y municipales, la planeación regional.
 - Amortización: Fortalecer la investigación científica y la innovación tecnológica para apoyar el desarrollo sustentable del país y la adopción de procesos productivos y tecnologías limpias.
 - Administración: Mejorar el desempeño ambiental de la administración pública federal.

Enseguida, mencionó que el PND establece como compromiso incrementar la utilización de fuentes de energía renovable y que el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales plantea incorporar en todos los ámbitos de la sociedad y de la función pública, criterios e instrumentos que aseguren la protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, conformando una política ambiental integral en el marco de desarrollo sustentable.

Al final de su ponencia, indicó que con respecto del pilar denominado nueva gestión ambiental, se destaca el binomio estratégico para garantizar y promover el desarrollo de fuentes de energía renovable, consistente en ofrecer instrumentos de fomento y al mismo tiempo normas y medidas reglamentarias.

La Generación Eoloeléctrica como Elemento de Diversificación Energética en un Contexto de Desarrollo Sustentable.

Ponente: Licenciado José Alberto Garibaldi Fernández, entonces Director de Política y Estudios Energéticos de la Secretaría de Energía.

El licenciado Garibaldi subrayó que el sector energético es la fuente principal del ingreso público en México. Apuntó que aún siendo México uno de los mayores productores de petróleo en el mundo, México enfrenta limitaciones serias en el sector energético. Indicó que desde 1983 las reservas petroleras han venido disminuyendo de manera importante y que la aplicación de nuevos métodos de cálculo indica que las reservas se podrían agotar en 22 años en lugar de 45. Además, indicó que el abasto de energía eléctrica está garantizado sólo hasta el año 2005 y que se prevé que la producción de gas natural cubrirá solamente 75% de la demanda requerida para ese mismo año.

Con base en lo anterior, señaló que se impone un conjunto de desafíos al sector energético, entre los que mencionó:

- Liberar a las empresas energéticas del estado de sobre-regulación y carga fiscal excesiva.
- Aumentar la inversión privada en el sector de la energía.
- Incrementar la eficiencia energética y el uso de las energías renovables.

De los objetivos estratégicos del Programa Sectorial 2001–2006, señaló los siguientes 10 metas:

1. Asegurar el abasto suficiente de energía, con estándares internacionales de calidad y precios competitivos, contando para ello con empresas de clase mundial.
2. Hacer del instrumento jurídico un instrumento de desarrollo del sector, otorgando seguridad y certeza a los agentes económicos y asegurando soberanía energética y rectoría del Estado.
3. Impulsar la participación de empresas mexicanas en los proyectos de infraestructura energética.
4. Promover la utilización de fuentes renovables y el uso eficiente de energía.
5. Utilizar de manera confiable y segura las fuentes de energía nuclear.
6. Ser un sector líder en la prevención de riesgos.
7. Ser un sector líder en la protección del medio ambiente.
8. Dar fuerte impulso al desarrollo tecnológico.
9. Ampliar y fortalecer la cooperación internacional.
10. Contar con un sistema administrativo de calidad e innovativo.

Puntualizó que el objetivo de la *política de sustentabilidad energética* es asegurar que las futuras generaciones puedan contar con la energía que sustente su desarrollo y que ésta se constituya en un motor para alcanzar grados superiores de crecimiento y de bienestar para toda la población.

Respecto a los componentes de una política de apoyo a la eficiencia energética y a las fuentes de energía renovable, mencionó que la Secretaría de Energía estaba contemplando lo siguiente:

- Creación de un ambiente regulador favorable al desarrollo de la energía renovable en general y eólica en particular.
- Creación de mercados y fondos verdes para el desarrollo de la energía eólica.
- Desarrollo de los mercados internacionales de carbón para la energía eólica.
- Impulso a la investigación y al desarrollo de ciencia y tecnología en materia de eficiencia energética y fuentes renovables.

En sus conclusiones, mencionó la magnitud de los requerimientos de energía del país para los próximos años y cómo éstos exigen la utilización eficiente de todos los recursos de energía, considerando su impacto al medio ambiente. No obstante, indicó que los mecanismos para impulsar el uso de las fuentes de energía renovable deben ser congruentes

con las prioridades sociales del país. Enfatizó que el uso de las fuentes de energía renovable sólo se logrará con el impulso decidido de los sectores público y privado.

Visión sobre el Futuro de la Generación Eoloeléctrica con Inversión Privada

Ponente: Doctor Gerardo Hiriart Le Bert, entonces Gerente de Proyectos Geotermoeléctricos, Comisión Federal de Electricidad.

El doctor Hiriart inició su plática diciendo que en el año 2001 la capacidad instalada para generación de electricidad en México era cercana a 37,600 MW. Mencionó que existían diferentes esquemas en que el sector privado podía participar en los proyectos de generación de electricidad, entre ellos: Productores Externos de Energía (PEE) y los proyectos Construir-Arrendar-Transferir (CAT) que ya se encontraban en operación. Además, mencionó otros tipos de inversión: obra pública financiada (OPF) y recursos propios de CFE con crédito de proveedor.

Después habló del crecimiento del consumo de energía eléctrica; señaló que se espera que la potencia instalada crezca a razón de 2,500 MW por año y que para lograrlo se requiere aprovechar todos los recursos energéticos económicamente viables. Agregó que el potencial de la energía renovable en México es enorme, aunque no bien cuantificado. Aludió que corresponde a la CFE ir definiendo la viabilidad económica de cada una de esas fuentes.

Respecto al desarrollo de centrales eoloeléctricas, propuso las siguientes opciones:

- **Opción 1:** Que la CFE licite grandes potencias y participen *granjas eólicas* bajo los esquemas de Productor Externo de Energía (PEE) u Obra Pública Financiada (OPF) con garantía a 5 años. En esta opción las eoloeléctricas deben competir con plantas termoeléctricas de gas, combustóleo o carbón. Se debe tomar en cuenta el despacho de las plantas eólicas y los riesgos meteorológicos, así como reconocer externalidades o tratar como *energía verde* y brindar apoyo económico al generador.
- **Opción 2:** Autoconsumo, intercambiando excedentes y faltantes con la CFE. En dicha opción las plantas son manejadas por socios tales como industriales, municipio u otros. Se debe tomar en consideración los costos de porteo y distribución.
- **Opción 3:** Pequeño productor. En tal opción se debe competir principalmente con plantas diesel.
- **Opción 4:** Plantas con capacidad menor que 1 MW, promovidas por cooperativas y patronatos.

Instrumentos de regulación eléctrica para fuentes renovables

Ponente: Doctor Alejandro Peraza García, Director General de Electricidad de la Comisión Reguladora de Energía.

El doctor Peraza indicó que en 1998, la Comisión Reguladora de Energía, aprobó los siguientes instrumentos de regulación para fuentes firmes, en los tópicos de

- Interconexión.
- Compraventa de energía económica.
- Transmisión.
- Respaldo.

Puntualizó que el 7 de septiembre de 2001 en el Diario Oficial de la Federación se publicaron instrumentos similares para fuentes de energía renovable, de los que destacó lo siguiente:

- Toman en cuenta las características particulares de estas tecnologías.
- Promueven el desarrollo de recursos renovables.
- No conllevan aplicación de subsidios.

Señaló que los nuevos instrumentos de regulación serían aplicables a permisionarios con las siguientes características:

- Capacidad de generación mayor que 0.5 MW.
- Disponibilidad intermitente del energético primario, incluyendo centrales eoloeléctricas solares y pequeñas hidroeléctricas.

Concerniente al nuevo *Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable*, explicó que este instrumento regula la interconexión del permisionario con el sistema eléctrico nacional abarcando aspectos jurídicos, técnicos y económicos. Enseguida explicó al auditorio la forma en que opera dicho instrumento. Agregó que en el caso de cobro de servicios conexos al permisionario, la CFE o LFC se tomará en cuenta el factor de planta.

En lo referente a cargos por servicios de transmisión, indicó que el instrumento emitido regula las condiciones bajo las cuales CFE o LFC prestarán el servicio de conducción de energía eléctrica a los permisionarios. Agregó, que dicho instrumento abarca aspectos jurídicos, técnicos y económicos, y que en el caso de las fuentes de energía renovable los cargos por el servicio de transmisión se reducirán proporcionalmente con el factor de planta.

Al final de su presentación, subrayó que los instrumentos reguladores aprobados para las fuentes de energía renovable, permitirán a los permisionarios:

- Intercambiar energía generada con CFE entre distintos períodos horarios.
- Pagar únicamente entre 30% y 50% de los cargos por servicios conexos y de transmisión.

Finalmente, enfatizó que estos mecanismos reconocen las características de las tecnologías involucradas y que no implican apoyos fiscales. Terminó señalando que se espera que el nuevo *Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable* y los instrumentos complementarios, impulsen el desarrollo de proyectos de fuentes de energía renovable, en donde México cuenta con un alto potencial.

6.2.2 Cooperación internacional

Mecanismos de Cooperación Internacional Aplicables al Desarrollo Eoloeléctrico en México

Ponente: Licenciado Ramiro Magaña Pineda, entonces Director de Asia-Pacífico y Europa, Secretaría de Energía.

El licenciado Magaña inició su presentación indicando que en materia de cooperación internacional, la Secretaría de Energía tiene por objetivo ampliar y fortalecer la cooperación internacional y participar en el ordenamiento de la oferta y la demanda en los mercados mundiales de energía. Señaló que la colaboración internacional debe ser un instrumento de apoyo eficaz al desarrollo y modernización del sector en las áreas económica, científica, tecnológica y educativa, considerando esquemas bilaterales, trilaterales o multilaterales.

Dijo que las tendencias actuales en materia de cooperación internacional marcan una reducción y redistribución de los recursos, incrementándose la componente de co-participación y co-financiamiento y dirigiéndose a áreas prioritarias para el desarrollo de proyectos de largo alcance con efecto multiplicador. Agregó que las gestiones de cooperación internacional en sector energía se deben realizar a través de la Dirección General de Asuntos Internacionales de la Secretaría de Energía quien a su vez lo canaliza a través del Instituto Mexicano de Cooperación Internacional (IMEXCI).

Respecto a las oportunidades de cooperación internacional, mencionó como requisitos básicos:

- El problema a resolver debe estar claramente identificado con objetivos y metas viables de alcanzar.
- Los proyectos deben tener incidencia en áreas prioritarias para la cooperación internacional y ser congruentes con objetivos del Plan Nacional de Desarrollo y el Programa Sectorial correspondiente.
- En el caso de recursos complementarios se debe contar con la infraestructura necesaria (recursos humanos y materiales), así como con esquemas financieros.

Recalcó que los apoyos de cooperación internacional están condicionados a:

- Asegurar la sustentabilidad ambiental.
- Tener impacto social positivo incluyendo la participación de actores sociales.
- Asegurar la sostenibilidad del proyecto.
- Considerar efecto multiplicador.

Para concluir, hizo énfasis en el objetivo número cuatro del programa sectorial de energía que se refiere a incrementar la utilización de fuentes de energía renovable y promover el uso eficiente y ahorro de energía. Señaló que para impulsar el uso de las fuentes de energía renovable es necesario sumar esfuerzos por parte de los organismos federales, estatales, municipales y del sector privado.

Cambio Climático : Actividades en México

Ponente: Licenciado Olav Lundstol, entonces Oficial de Programas del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

El licenciado Lundstol comenzó su ponencia describiendo el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (*GEF*). Indicó que fondo multilateral fue constituido en 1992 con las aportaciones de 34 países y que a finales de 2001 lo integraban 36 países donantes y 131 receptores. Dijo que *GEF* fue adoptado como mecanismo financiero de la Convención de Diversidad Biológica, la Convención Marco de Cambio Climático, el Protocolo de Bioseguridad y el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

Hizo referencia a los Programas Operacionales vigentes de GEF en materia de Cambio Climático, de acuerdo con lo siguiente:

- Eliminación de obstáculos a la conservación de la energía y la eficiencia energética.
- Promoción de la adopción de energía renovable mediante la eliminación de los obstáculos y la reducción de los costos de ejecución.
- Reducción de los costos a largo plazo de las tecnologías energéticas con baja emisión de gases de efecto invernadero.
- Promoción de transporte ambientalmente sustentable.

Para concluir, dijo que la gestión del proyecto *Plan de Acción para eliminar Barreras para el Desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en México*, estaba progresando de manera positiva.

Oportunidades de Inversión en la Generación de Electricidad con Energías Renovables

Ponente: Licenciado Fernando Alonso Viñas, entonces Jefe de la Unidad de Promoción de Inversiones, Secretaría de Energía.

El licenciado Alonso expuso la situación del sector eléctrico nacional. Dijo que durante la primera década del siglo XXI se espera que la demanda de electricidad se incremente 6% anualmente. Indicó el sector industrial consume la mayor parte de la electricidad que se produce. Agregó que de 1994 a octubre de 2001 se habían otorgado 201 permisos para participación del sector privado en la generación de electricidad en diferentes modalidades, de los cuales 182 estaban vigentes.

Indicó que bajo la modalidad de autoabastecimiento los proyectos de generación eoloeléctrica se puede realizar en dos escenarios:

- Zonas aisladas donde no existe red de transmisión.
- Para uso industrial, municipal o exportación, compitiendo contra las tarifas del servicio público y los precios de combustibles fósiles.

Enseguida, señaló que en la modalidad de autoabastecimiento los desarrolladores de proyectos eoloeléctricos ofrecen ventajas a sus socios consumidores como son:

- Ahorro respecto a las tarifas del servicio público, principalmente en las *horas punta*.
- Certidumbre y estabilidad en el costo de generación a largo plazo.
- Mitigación riesgos de la volatilidad de los precios de los hidrocarburos.
- Combinación de autoabastecimiento con el servicio normal de CFE o LFC.

En relación con esquemas de proyectos híbridos, hizo referencia al potencial de complementación de recursos eólicos e hidráulicos. Dijo que combinándolos se podría lograr mayor potencia firme que la que se obtiene en proyectos por separado. Agregó que la energía se integraría en las subestaciones, por lo que no se requeriría que los proyectos estuvieran en el mismo sitio. Señaló que las zonas de La Ventosa y la cuenca del Grijalva tienen potencial para la realización de proyectos híbridos eólico- hidráulico.

Enfatizó que la energía eólica ofrece una alternativa de baja volatilidad para proyectos de autoabastecimiento y que el aprovechamiento del potencial eoloeléctrico permitiría la diversificación de fuentes de energía primaria para la generación de electricidad. Concluyó diciendo que la combinación de la energía eólica con otras fuentes de energía puede ser una alternativa comercialmente viable para proyectos de autoabastecimiento.

[Metodología para la estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero atribuibles a Proyectos en el Sector Energético](#)

Ponente: Licenciado David Antonioli, entonces Delegado de la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

El licenciado Antonioli dijo que el objetivo de la metodología en desarrollo era proporcionar un marco consistente y común para la estimación de las reducciones de gases de efecto invernadero (GEI) en proyectos de eficiencia energética y energía renovable. Señaló la existencia de una gran variedad de métodos para dicho fin y la necesidad de que los diferentes proyectos se puedan comparar mediante criterios similares.

Agregó que el método en desarrollo contemplaba tomar en cuenta todas las centrales eléctricas; o bien, únicamente las termoeléctricas. Como ejemplo de aplicación mostró los resultados para una central eoloeléctrica hipotética de 50 MW con factor de planta de 40%. En la tabla 6.1 se muestran los resultados.

Tabla 6.1 Resultados preliminares de la estimación del ahorro de emisiones de CO₂ considerando diferente métodos.

Método	Toneladas(CO₂)
Promedio (SI)	131,400
Promedio (SI, termoeléctricas)	175,200
Marginal (SI)	175,200
Prospectiva (SI, nuevas)	113,880
Prospectiva (SI, nuevas termoeléctricas)	122,640

Para concluir, señaló que los criterios de selección de las metodologías se definen por la precisión, la consistencia (interna y externa), la transparencia y disponibilidad de datos, costo-efectividad, capacidad de instituciones, y aceptación en el ámbito internacional.

Aprovechamiento de la Energía Eólica y de Otras Fuentes Renovables para un Desarrollo Sostenible

Ponente: Doctor Eduardo Rincón Mejía, entonces Vice-Presidente del XI Consejo Directivo de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES).

El doctor Rincón habló sobre el problema energético mundial y nacional, y acerca del crecimiento de la demanda energética en México. Hizo referencia a los recursos energéticos renovables del País así como a las tecnologías disponibles para su aprovechamiento. Puntualizó en los sistemas para el aprovechamiento del viento y en las otras fuentes de energía renovable. Además, señaló las metas de la ANES para el año 2010 y proyectos concretos para el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable en México.

Enfatizó que el desarrollo socioeconómico de un país está estrechamente relacionado con su capacidad de generación de energía eléctrica y térmica. Asimismo, dijo que el bienestar de la población de un país y su independencia política y económica están correlacionados con su avance tecnológico. Puntualizó que actualmente la generación de energía eléctrica y térmica es insuficiente para que 100 millones de mexicanos vivan bien. Indicó que en México se requeriría tener una capacidad instalada 75 mil MW y que sólo se tienen cerca de 36 mil MW.

Enseguida exhortó a buscar soluciones sostenibles y señalando que la más viable en el mediano y largo plazo es basar el sistema energético nacional en las fuentes de energía renovable. Aludió a los problemas ambientales ocasionados por quemar combustibles fósiles y dijo que el esquema tradicional de generación es del todo insostenible ya que no se pueden seguir construyendo termoeléctricas alimentadas con combustibles fósiles, ni grandes hidroeléctricas sin ningún límite. Para prevenir el deterioro ambiental, propuso lo siguiente:

- Sustituir los combustibles fósiles por fuentes de energía renovable.
- Sustituir la tecnología convencional por tecnología alternativa limpia.
- Adecuar la legislación y las políticas en materia de energéticos.

Como retos actuales puntualizó los siguientes:

- Satisfacer la demanda energética sin afectar el entorno ambiental.
- Desarrollar y mejorar nuevas tecnologías para aprovechar recursos renovables.
- Facilitar la distribución de energía a las poblaciones más alejadas.

Enseguida delineó un nuevo modelo energético para la necesidad de empujar la investigación, la implementación y desarrollo de las tecnologías para el aprovechamiento las fuentes de energía renovable. Subrayó que como las fuentes de energía renovable son de naturaleza distribuida y de baja densidad, éstas son ideales para su aprovechamiento en forma descentralizada.

Propuso que para el año 2010 se instalen 6,500 MW con base en fuentes renovables de energía, de los cuales 4,000 MW serían eoloeléctricos, 1,000 MW con plantas micro-hidráulicas, 1,000 MW con desechos municipales y productos agropecuarios y 500 MW podrían ser generados utilizando sistemas fotovoltaicos y fototérmicos.

Se pronunció a favor de incorporar en la Constitución Política Mexicana el concepto de Energía Renovable y su explotación. Además, propuso realizar cambios a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, de tal manera que se estipulen precios garantizados a largo plazo y se definan porcentajes de participación de las fuentes de energía renovable.

Para concluir, enfatizó que las fuentes de energía renovable en México tienen enorme potencial, con amplia disponibilidad en todo el territorio nacional. Señaló que el aprovechamiento de las fuentes de energía limpia, con las tecnologías actualmente disponibles, puede ayudar a satisfacer en gran medida la demanda creciente de energía sin impactar negativamente al ambiente. Subrayó que el desarrollo de nuevas tecnologías alternativas para el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable constituye una gran oportunidad para un nuevo desarrollo empresarial y de negocios en el país, así como para generar empleos y fomentar el desarrollo tecnológico.

6.2.3 Proyectos en desarrollo

Proyecto de una Central Eoloeléctrica en La Ventosa

Ponente: Ingeniero Eduardo Roquero, entonces Jefe del Departamento de Desarrollo de Negocios de GAMESA Energía.

El ingeniero Roquero presentó a su empresa como un gran promotor de proyectos eólicos y describió detalladamente como se integra su grupo empresarial. Después, listó los principales factores que determinan la viabilidad de un proyecto eoloeléctrico, a saber:

- Recurso eólico suficiente para la generación eoloeléctrica.
- Aseguramiento de la venta energía generada.
- Disponibilidad de tierras para el emplazamiento de la central eoloeléctrica.
- Habilitación de la red eléctrica.
- Aprobación medioambiental.
- Viabilidad financiera.

Enseguida, dijo que la falta de cualquiera de las condiciones anteriores da como resultado que un proyecto eoloeléctrico no sea viable.

Concerniente a los terrenos para el proyecto de una central eoloeléctrica en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, dijo que hay abundancia de terrenos con buenas condiciones de viento pero que existe *complejidad jurídica* de la titularidad del terreno ya que se trata de terrenos ejidales y comunales. Puntualizó que se había generado confusión a los propietarios de las tierras con ofertas muy dispares en relación con el arrendamiento de terrenos.

Respecto a la interconexión a la red eléctrica, señaló que para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec existe escasez de capacidad para evacuar la energía eoloeléctrica que ahí se puede producir y que ello repercute en la valoración de la inversión.

Al final de su ponencia, detalló que Gamesa y CISA (sus socios Mexicanos), ya habían iniciado los trabajos de desarrollo de una central eoloeléctrica. Señaló que la velocidad de implementación de la regulación de incentivos de la energía renovable debe ajustarse a la velocidad de los inversionistas privados. Asimismo, dijo que los umbrales de rentabilidad no deben ajustarse a las condiciones concretas de una zona. Agregó que las oportunidades se materializarán si se consiguen rentabilidades mayores que las que existen en otros mercados. Reiteró que cualquier elemento que distorsione la viabilidad financiera, podría ocasionar la falta de materialización de las inversiones. Por último, señaló que el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec presenta condiciones inmejorables para la instalación de miles de MW eólicos.

La Cooperativa Manufacturera de Cemento Portland Cruz Azul, S. C. L.

Ponente: Ingeniero Carlos Gottfried Joy, Presidente de Fuerza Eólica del Istmo S.A. de C.V.

El ingeniero Gottfried describió ampliamente la empresa Fuerza Eólica del Istmo, S. A. de C. V. Después relató todas las vicisitudes relacionadas con la etapa de desarrollo del proyecto. Indicó que le había tomado seis años de trabajo obtener todos los permisos necesarios para construir y operar la central eoloeléctrica.

Dijo que le había tomado 8 años negociar un contrato de interconexión que permita el financiamiento y construcción de una central eoloeléctrica de 30 MW en el Istmo de

Tehuantepec. Dijo que este contrato¹ fue aprobado por la CRE y publicado el 7 de septiembre del 2001 en el Diario Oficial de la Federación.

Al final de su presentación, señaló que durante los últimos dos años su compañía había medido con precisión el recurso eólico en la zona proyectada para instalar la central eoloeléctrica y que por consiguiente, ya se tenía plena seguridad en la capacidad de producción eoloeléctrica y datos financieros.

Finalmente subrayó que en México existe la capacidad, calidad y competitividad para llevar a cabo la manufactura de casi 50% de los elementos de la central, como son, varilla, cemento, torres, generadores, transformadores, subestaciones, cables, etcétera; lo que reduciría significativamente los costos asociados a la importación y transporte. Señaló que se procedería a la negociación final del contrato de interconexión y su firma con CFE.

Proyecto Eólico en La Ventosa.

Ponente: Ingeniero Álvaro González Menéndez, entonces Director de Exportación de la Empresa MADE / ENDESA

Después de hacer una presentación detallada de su empresa y productos, el ingeniero González detalló la estructura de los costos de una central eoloeléctrica como se muestra en la ilustración 6.1.

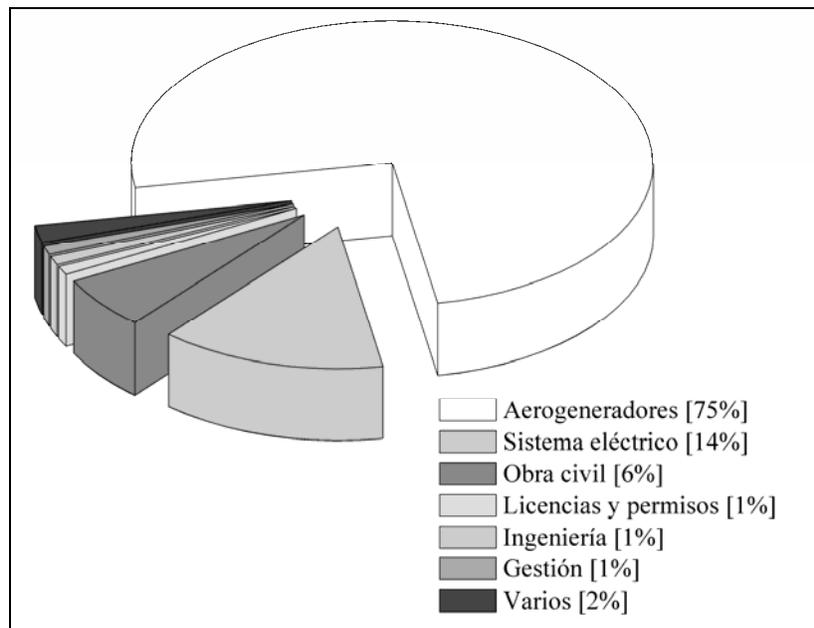


Ilustración 6.1 Estructura de los costos de una central eoloeléctrica

¹ Se refiere al Modelo de Convenio de Interconexión para Fuente de Energía Renovable.

Enseguida, describió la actuación industrial promedio en la creación de empleo para la construcción de aerogeneradores, considerando una central eólica de 25 MW, tal como se muestra en la tabla 6.2

Tabla 6.2 Empleos en la fabricación de aerogeneradores para una central eoloeléctrica típica de 25 MW.

Componentes	Empleo: Hombres/año
Palas	50
Torre	37
Capota+Prot. Buje	11
Chasis	10
Transformador	5
Otros	12
TOTAL	125

Prosiguió comentando los factores que han dado lugar al desarrollo eoloeléctrico en España. Para concluir dijo que en colaboración con la empresa pública española Expansión Exterior, había estado siguiendo el proyecto eoloeléctrico de La Ventosa y que consideraba que el recurso eólico de la zona es uno de los más importantes del mundo.

Energías Renovables, CADER

Ponente: Ingeniero Daniel Fernández de Salamanca. Delegado de CADER Iberdrola Energías Renovables.

El ingeniero Fernández indicó que CADER es una compañía española especializada en energías renovables. Señaló que CADER es un negocio de riesgo compartido con Iberdrola (51%) y la empresa Energía Hidroeléctrica de Navarra (49%). Finalizó su plática diciendo que su compañía estaba interesada en desarrollar proyectos eoloeléctricos en el Istmo de Tehuantepec.

Del Viento a la Electricidad, ABB Soluciones Eólicas

Ponente: Ingeniero Tadayn Cargnin dos Santos. Gerente de Mercadotecnia de ABB Windpower.

El ingeniero Cargnin inició su ponencia describiendo el Grupo ABB. Se refirió a éste como un líder mundial en las tecnologías de la energía y de la automatización que permiten a clientes de la industria eléctrica mejorar su funcionamiento, mientras se minimizan las consecuencias para el medio ambiente. Dijo que el grupo de ABB funciona en alrededor de 100 países y da empleo a cerca de 133, 000 personas.

En relación con el financiamiento de proyectos eólicos, puntualizó que los proyectos eólicos son negocios con riesgos y señaló los siguientes:

- Riesgos financieros: Tipo de cambio, inflación, disponibilidad bancaria, escalación de costos.
- Riesgos legales: Cambios en la ley, disponibilidad de terrenos.
- Riesgos políticos: Cambios de gobierno, cambios de políticas.
- Riesgos ambientales.
- Riesgos técnicos: Conexión a la red, transporte al sitio
- Competencia.

Señaló algunos elementos que a su juicio podrían impulsar el desarrollo de la energía eólica en México, a saber:

- Estructura legal adecuada.
- Sistema fiscal.
- Inversión extranjera directa.
- Facilidades en los trámites y permisos.
- Facilidades de interconexión a la red eléctrica.
- Sistema de despacho de carga.

Para concluir enfatizó que el éxito en los proyectos eólicos involucra encontrar los socios correctos para la cooperación y lograr que los proyectos se realicen de la manera más rápida, efectiva y financieramente posible.

Gamesa Eólica

Ponente: Ingeniero Manuel Moreno. Director de Exportación de Gamesa Eólica.

El ingeniero Moreno se refirió a Gamesa Eólica como uno de cinco principales fabricantes de aerogeneradores en el mundo. Dijo que en España esta compañía es el líder en la fabricación, ventas e instalación de aerogeneradores con una cuota de mercado acumulada del 56.4% a finales de 2001. Agregó que Gamesa Eólica tiene activos en Francia, Italia, Grecia, Portugal y Brasil y que pronto tendrían en Estados Unidos y en Alemania.

En su participación, no habló de ningún proyecto eoloelectrico específico para la región del Istmo de Tehuantepec; solamente hizo referencia a un interés general por participar en el desarrollo eólico en México.

Energías Eólicas de México S.A. de C.V.

Ponente: Ingeniero Gonzalo Prado. Gerente de Furländer AG en España.

El ingeniero Prado presentó a su empresa como una compañía de tecnología alemana que se encuentra entre los pioneros europeos en el aprovechamiento de la energía eólica. Indicó que Energías Eólicas de México S. A. de C. V., es una compañía mexicana con tecnología

provista por FUHRLÄNDER AG, y que su objetivo para el Estado de Oaxaca es desarrollar centrales eólicas e implantar un plan industrial.

En lo concerniente al plan industrial, dijo que en el Estado de Oaxaca sería posible fabricar el 50% de los componentes de aerogeneradores. Señaló que con la potenciación de la estructura industrial del Estado de Oaxaca mediante la incorporación y creación de nuevas compañías, así como con el reforzamiento de la industria local existente, sería posible conseguir que cerca de 70% de la inversión en centrales eoloeléctricas revierta directamente al Estado de Oaxaca.

Listó tres elementos relacionados con la implantación del plan industrial para una producción de 100 MW/año,

1. Construcción de una fábrica ensambladora de aerogeneradores, invirtiendo 3 millones de dólares, lo que generaría 30 puestos de trabajo permanente.
2. Construcción de una fábrica de torres, invirtiendo 7.8 millones de dólares, lo que generaría 60 puestos de trabajo permanente.
3. Abastecimiento de los componentes para los aerogeneradores, lo que generaría 190 puestos de trabajo permanente.

Respecto a los beneficios esperados, habló de una inversión total cercana a 600 millones de dólares (600 MW en seis años) e indicó que Fuhrländer tiene desarrollada una metodología para consolidar el proceso de transferencia tecnológica, dando importancia primordial a los estándares de calidad.

Proyecto Eólico de 54 MW

Ponente: Ingeniero Roberto Cadenas Tovar, entonces Jefe de la Unidad de Nuevas Fuentes de Energía de la Comisión Federal de Electricidad.

El ingeniero Cadenas comenzó describiendo los antecedentes del proyecto eoloeléctrico La Venta II presentados en octubre del año 2000 durante el primer Coloquio Eólico de Oaxaca. En esta ocasión, señaló las características preliminares del proyecto de acuerdo con lo siguiente:

- El proyecto sería construido a través de licitación pública internacional, asegurando las mejores condiciones para el Estado.
- Aerogeneradores Clase I, IEC 1400-1, de 600 kW ó mayores, que acrediten que unidades similares han operado un mínimo de 2 años con disponibilidad mínima de 95%.
- Garantía de 3 años con servicios de mantenimiento y refacciones incluidas.
- Disponibilidad garantizada de 95% mínima durante los 3 años de garantía.
- Subestación eléctrica y conexión a la red de 115 kV incluidos.

Indicó que el costo nivelado de producción de electricidad en la central eoloeléctrica de 54 MW podría ser menor que 4 centavos de dólar por cada kWh, y que la inversión podría

estar entre 900 y 1,200 US\$/kW. Asimismo, mencionó que los costos de operación y mantenimiento podrían abarcar el rango de 0.01 a 0.015 US\$/kWh.

Para concluir, habló de los beneficios potenciales del proyecto eoloelectrico La Venta II; dijo que dicho proyecto permitiría iniciar la explotación comercial de la energía del viento y llevar los beneficios de dicha explotación a toda la sociedad en su conjunto. Agregó que esto contribuiría a la diversificación de la oferta de energía, la mejor administración de los recursos no renovables y la reducción de emisiones de gases de invernadero a la atmósfera.

6.2.4 Avance Nacional

Propuesta de la Conae para un Programa de Promoción de Generación de Electricidad a partir de Energías Renovables.

Ponente: Ingeniero Odón de Buen Rodríguez, entonces Director General de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía

El ingeniero de Buen comenzó su ponencia refiriéndose a las ventajas que ofrecen las energías renovables. Después hizo referencia al encuentro *Mejores prácticas en energías renovables: compartiendo experiencias para el desarrollo de mercados*; mismo que fue celebrado en Cocoyoc, Morelos en junio de 2001. Señaló que entre las conclusiones de dicho evento se manifestó que son necesarios un marco legal específico y un régimen especial de incentivos.

Recomendó conocer primero cuál es el precio con el cual el sector privado se animaría a hacer las inversiones en centrales eoloelectricas. Puntualizó que también sería necesario conocer el valor económico de los beneficios sociales de la generación eoloelectrica, de manera que los posibles incentivos se puedan fundamentar ante autoridades de la Secretaría de Hacienda y ante el Poder Legislativo.

Por otro lado, hizo referencia a los resultados de una encuesta que realizó Conae, con el apoyo de la Comisión de Cooperación Ambiental de Norteamérica, para evaluar un posible mercado de energía verde. Dicha encuesta se aplicó a los 100 principales usuarios de electricidad (19 en el Distrito Federal y 81 en el resto del país). El objetivo fue medir la disposición para comprar electricidad a partir de energías renovables con un posible sobreprecio.

Con base en lo anterior, propuso la creación de un *mercado de energía verde*, para lo que señaló como elementos fundamentales:

- Régimen especial en la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica.
- Contratos de compra de energía de CFE a generadores, y de *energía verde* de usuarios a CFE.
- Sistema de certificación de *energía verde* mediante acreditación internacional.

Después, propuso un procedimiento de acuerdo con lo siguiente:

- Que cada año se abra una convocatoria para una capacidad dada donde los generadores concursan en precio por kWh para entrar en el programa.
- Quienes resultan ganadores en el concurso logran un contrato por 10 años con las empresas eléctricas, con un precio fijo por energía entregada y cada año se revisan las condiciones de la compra de *energía verde*.
- El Programa, con duración de cuatro años a partir del año 2003, se inicia con 100 MW de capacidad en el primer año y la capacidad se va duplicando cada año hasta lograr 1,500 MW.

Plan de Acción para eliminar Barreras para el Desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en México.

Ponente: Ingeniero Marco A. Borja Díaz. Jefe de Proyectos. Instituto de Investigaciones Eléctricas.

El ingeniero Borja comenzó su presentación diciendo que el objetivo general de este proyecto es realizar acciones coordinadas para promover y facilitar el desarrollo eoloeléctrico comercial, en función de las necesidades y oportunidades de México.

Recordó al auditorio que este proyecto se estaba negociando ante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) a través del Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD). Después señaló las 6 metas del plan de acuerdo con lo siguiente:

Primera Etapa

1. Análisis y propuestas de mejoras al marco legal, regulador e institucional que influye en el desarrollo de la generación eoloeléctrica en México.
2. Desarrollo de capacidades para apoyar el inicio y progreso del desarrollo eoloeléctrico, incluyendo:
 - a. Construcción y operación de un Centro Regional de Tecnología Eoloeléctrica (Certe).
 - b. Formación de recursos humanos especializados.
 - c. Desarrollo de mejores prácticas y normalización.
 - d. Incremento del nivel de I+D, colaboración internacional y participación en procesos de transferencia de tecnología.
 - e. Desarrollo de elementos que faciliten la planeación y programación del desarrollo eoloeléctrico en México.
3. Evaluación del recurso eólico en las áreas más prometedoras y realización de estudios de factibilidad para proyectos de demostración de negocios, incluyendo:
 - a. Prospección y evaluación del recurso eólico
 - b. Formulación de proyectos de demostración de negocios (PDN)
 - c. Estudios de factibilidad de PDN
 - d. Estudios financieros de PDN

Segunda Etapa

4. Construcción y operación de tres proyectos eoloeléctricos para demostración de negocios, incluyendo:
 - a. Definición de términos de referencia para asignar y otorgar el apoyo GEF a PDM.
 - b. Gestión de proyectos PDM.
 - c. Construcción de proyectos PDM.
 - d. Seguimiento de proyectos PDM.
 - e. Documentación y difusión de lecciones aprendidas.

5. Introducción de mecanismos de financiamiento para el desarrollo de mercado eoloeléctricos, incluyendo:
 - a. Definición de esquemas y procedimientos para facilitar el acceso a financiamiento internacional favorable para el desarrollo del mercado eoloeléctrico en México.
 - b. Análisis de posibilidades y desarrollo de propuestas para la instauración de mecanismos de financiamiento doméstico.
 - c. Gestión e instauración de opciones viables.

6. Promoción del desarrollo eoloeléctrico a escala significativa, incluyendo:
 - a. Diseño y desarrollo de una campaña para promoción del desarrollo eoloeléctrico en escala significativa.
 - b. Incorporación de información útil para facilitar el desarrollo eoloeléctrico al Sistema de Información Geográfica sobre Energías Renovables (SIGER)
 - c. Revisión general.
 - d. Definición de nuevas metas y estrategias.

Concluyó su presentación ratificando que la negociación del proyecto con PNUD/GEF se iba desarrollando positivamente. Sin embargo, mencionó que los tiempos de respuesta no habían sido tan rápidos como se esperaba.

[Análisis del actual Marco Legislativo y Regulatorio respecto a la Factibilidad de Proyectos Eoloeléctricos en México.](#)

Ponente: Licenciado Mariano Ornelas López, funcionario del Departamento Jurídico de la Comisión Federal de Electricidad.

El licenciado Ornelas inició su presentación señalando que el desarrollo de proyectos eoloeléctricos en México está sujeto al Marco Jurídico establecido por Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Tratado de Libre Comercio (TLC) con América del Norte Capítulo VI y Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE). Además, señaló que se debe atender el Reglamento de la LSPEE y a las disposiciones administrativas.

Después, hizo una amplia descripción de las modalidades de generación en que pueden participar los particulares, los requisitos para la obtención de permisos, y los contratos de interconexión y servicios conexos proporcionados por la CFE.

Enfaticó que de acuerdo con la Ley, la Comisión Federal de Electricidad está obligada a comprar la energía que resulte más barata para la prestación del servicio público de energía eléctrica.

Planeación Estratégica Visionaria para el Desarrollo Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

Ponente: Ingeniero Fernando Mimiaga Sosa, entonces Director de Desarrollo de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa del Gobierno del Estado de Oaxaca.

El ingeniero Mimiaga ratificó la voluntad del Gobierno del Estado de Oaxaca para fomentar el desarrollo eoloeléctrico del Istmo de Tehuantepec, bajo una estrategia enfocada a la creación de un tejido industrial de pequeñas y medianas empresas como consecuencia de la instalación de centrales eoloeléctricas capaces de atraer la inversión privada, nacional e internacional. Para ello, delineó una estrategia a 10 años con la participación de 14 actores de la iniciativa privada, un actor oficial (CFE), y el apoyo de Instituto de Investigaciones Eléctricas. Puntualizó seis etapas:

- Primera etapa 2000-2002.
 - Cabildeo con los propietarios y posesionarios de las tierras, así como con empresarios nacionales y extranjeros.
 - Contratos de arrendamiento por un año o año y medio para la ubicación de anemómetros.
 - Certificación de mediciones.
- Segunda etapa 2002-2003.
 - Elaboración de proyectos específicos.
 - Cabildeo con bancos internacionales.
- Tercera etapa 2003-2004.
 - Construcción de las primeras centrales piloto bajo el esquema de autoabastecimiento.
- Cuarta etapa 2004 al 2006.
 - Construcción de centrales eoloeléctricas que generarán 500 MW
- Quinta Etapa 2004 al 2006.
 - Desarrollo del Istmo de Tehuantepec con la creación de un tejido industrial de pequeñas y medianas empresas como consecuencia de la instalación de centrales eoloeléctricas.
- Sexta etapa 2006 – 2015.
 - Instalación de 1,300 MW eoloeléctricos.

Enseguida enfatizó que el Gobierno del Estado de Oaxaca espera del Ejecutivo Federal un decreto de utilidad pública para este proyecto y su prioridad para la nación. Indicó, además, que se busca que la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica incluya un apartado que fomente el desarrollo y la generación de energía por fuentes alternas y renovables. Señaló que resulta muy importante que se garantice la venta total de la energía producida por medio de contratos, con duración de 20 años, que sean revisados cada 5 años. Puntualizó la prioridad de evacuación hacia la red para este tipo de energía y la ampliación de la red de transmisión en la medida del avance del proyecto.

Propuso que no se debería cobrar penalización por no tener potencia firme; o bien, en su defecto crear un sistema híbrido entre el complejo hidroeléctrico de Grijalva, con 4,000 MW y las centrales eoloeléctricas a instalarse en el corredor eólico. También sugirió la celebración de un convenio de colaboración entre el Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Energía, y el Gobierno del Estado, a través de la Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial, para promover este proyecto eoloeléctrico. Asimismo propuso la emisión de certificados fiscales de la Federación, por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, para estimular la compraventa de energía eléctrica y las inversiones destinadas a la generación de electricidad por fuentes nuevas y renovables. Exhortó al Congreso de la Unión a legislar sobre un régimen especial para fomentar las energías renovables en México.

En relación con los logros obtenidos en 2001, indicó que el Gobierno del Estado de Oaxaca, el Instituto de Investigaciones Eléctricas y el Instituto Tecnológico de Oaxaca aportaron 30 Diplomados en Sistemas Eoloeléctricos, en el Diplomado celebrado del 3 al 31 de Octubre del 2001 en el Instituto Tecnológico de Oaxaca. Como metas en el corto plazo, señaló la elaboración de un anteproyecto de Decreto para regular el aprovechamiento de la energía eólica en el Estado de Oaxaca y la elaboración cartográfica de los tres tipos de tenencia de la tierra, en el Istmo de Tehuantepec.

6.3 Aspectos relevantes del segundo Coloquio Eólico de Oaxaca.

- Quedó claro que la nueva administración federal está comprometida con el fomento del desarrollo sustentable, lo cual está asentado el Plan Nacional de Desarrollo y en los Programas Sectoriales de energía y de medio ambiente.
- Se reconoció que el posible éxito en una política ambiental para el aprovechamiento eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, sería la base para abrir el camino a las aplicaciones de otras fuentes de energía renovable.
- Se enfatizó que en las estrategias para implementar los ejes de política para el desarrollo sustentable, se incluía fortalecer la investigación científica y la innovación tecnológica para apoyar el desarrollo sustentable del país y la adopción de procesos productivos y tecnologías limpias.

- Se enfatizó que el Plan Nacional de Desarrollo establece como compromiso incrementar la utilización de fuentes renovables.
- Se manifestó que con respecto al pilar denominado nueva gestión ambiental, se destaca el binomio estratégico para garantizar y promover el desarrollo de fuentes renovables, consistente en ofrecer instrumentos de fomento y al mismo tiempo normas y medidas reglamentarias.
- En relación con el sector energético se enfatizó la meta de promover la utilización de fuentes renovables y el uso eficiente de energía, así como crear un ambiente regulador favorable al desarrollo de la energía renovable en general y eólica en particular.
- Se mencionó la intención de crear mercados y fondos verdes para el desarrollo de la energía eólica, así como el desarrollo de mercados internacionales de carbón para la energía eólica.
- Se enfatizó que el desarrollo de uso de las fuentes de energía renovable sólo se logrará con el impulso decidido de los sectores público y privado.
- Se anunció la publicación en el Diario Oficial de la Federación, del Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable. Asimismo se anunció la emisión de instrumentos complementarios en materia de transmisión de electricidad.
- Se anunció que ya se estaba trabajando en una metodología para estimar el potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por operación de centrales eoloeléctricas.
- Concerniente a los terrenos para proyectos eoloeléctricos los desarrolladores de proyectos señalaron que en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec hay abundancia de terrenos con buenas condiciones de viento, pero que se había generado confusión en los propietarios ante ofertas muy dispares en relación con el arrendamiento de terrenos para construir y operar centrales eoloeléctricas.
- Se subrayó que para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, existe escasez de capacidad para evacuar la energía eoloeléctrica que ahí se puede producir y que ello repercute en la valoración de la inversión.
- Se presentaron resultados positivos de una encuesta enfocada a sondear un posible mercado de energía verde.
- Se propuso la creación de un *mercado de energía verde*, para lo que se señaló como elementos fundamentales: Régimen especial en la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica, contratos de compra de energía de CFE a generadores, y de *energía verde* de usuarios a CFE, sistema de certificación de *energía verde* mediante acreditación internacional.

- Se expresó que el Gobierno del Estado de Oaxaca esperaba del Ejecutivo Federal un decreto de utilidad pública para el proyecto eólico del Corredor Eólico del Istmo y su prioridad para la nación. Se recalcó que se busca que la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica incluya un apartado que fomente el desarrollo y la generación de energía por fuentes alternas y renovables.
- El Gobierno del Estado de Oaxaca anunció la elaboración de un anteproyecto de Decreto para regular el aprovechamiento de la energía eólica en el Estado de Oaxaca.

6.4 Consecuencias principales de las actividades del año 2001

- Como resultado de la emisión del Modelo de Convenio de Interconexión para Fuente de Energía Renovable, varios desarrolladores de proyectos intensificaron la búsqueda de oportunidades en proyectos eoloeléctricos para autoabastecimiento de electricidad.
- La nueva administración de la Secretaría de Energía y de la Semarnat, constataron el amplio interés de compañías del sector privado, del Gobierno del Estado de Oaxaca, de las agencias de apoyo al desarrollo y de otros promotores, en relación con el desarrollo eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.
- La organización de un Diplomado en Energía Eólica, con la colaboración del Gobierno del Estado de Oaxaca, el Instituto de Investigaciones Eléctricas, el Instituto Tecnológico de Oaxaca, la Comisión Federal de Electricidad, la Conae y algunas empresas privadas; generó 30 personas Diplomadas en Energía Eólica, mismos que principalmente correspondieron a maestros y alumnos del Instituto Tecnológico de Oaxaca, empleados de la SEDIC del Gobierno de Oaxaca y un profesor del Instituto Tecnológico del Istmo de Tehuantepec.

Capítulo 7

Actividades principales durante el año 2002

*El pesimista se queja del viento, el optimista espera que cambie,
el realista ajusta las velas
William George Ward*

7.1 Introducción

Durante el año 2001, las principales actividades de los promotores de proyectos eoloeléctricos en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, se centraron en la negociación de contratos de arrendamiento de terrenos mediante el esquema de usufructo. En términos generales, los desarrolladores ofrecen pagar a los propietarios de las tierras cierto porcentaje del monto de la facturación por la electricidad que se genere. Otros desarrolladores ofrecieron pagar una cantidad fija al año por cada hectárea que ocupe la central eoloeléctrica, otros ofrecieron un pago anual por cada máquina instalada.

De ahí surgieron varias preguntas por parte de los propietarios de las tierras, por ejemplo:

- ¿Cuál es el modelo de contrato más adecuado?
- ¿En caso de ser por porcentaje de facturación, qué porcentaje es el más justo?
- ¿En caso de ser pago fijo por hectárea, qué cantidad es la más adecuada para ambas partes?
- ¿Qué área de terreno se debe considerar como aquella que *ocupa* una central eoloeléctrica?
- ¿Cómo se debe repartir el monto de la renta entre los miembros de un ejido?

El Gobierno del Estado de Oaxaca invitó al tercer a los Comisariados Ejidales de los ejidos que abarcan la región del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec a participar en el *Tercer Coloquio Eólico*. En esta ocasión, el señor Porfirio Montero, Presidente de la Federación Estatal de Propietarios Rurales de Oaxaca, insistió sobre la conveniencia de instaurar un Consejo Consultivo abocado a asesorar a los propietarios de la tierra sobre las negociaciones con los desarrolladores de proyectos, así como a realizar las acciones que sean necesarias para que el desarrollo eoloeléctrico en la región se realice en armonía.

Por otra parte, después del Coloquio Eólico del 2001, el Gobierno del Estado de Oaxaca pidió apoyo a la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)¹, para que ésta patrocinara un estudio enfocado a resolver las dudas de los ejidatarios y de los pequeños propietarios en relación con el arrendamiento de tierras. Para dicho fin, USAID contrató a Winrock Internacional quien a su vez subcontrató a la American Wind Energy Association y a la compañía Global Energy Concepts, quienes formaron el equipo principal del proyecto. Para realizar el levantamiento de información en campo, Winrock Internacional subcontrató a la Fundación Mexicana para el Desarrollo Rural (FMDR), el IIE fue invitado a participar para aclarar dudas técnicas. El estudio comenzó en el año 2002; se presentaron resultados preliminares un poco antes del tercer Coloquio Eólico y los resultados finales se liberaron hasta marzo de 2003.

7.2 Tercer Coloquio Eólico de Oaxaca.

En octubre del año 2002 se llevó a cabo el tercer *Coloquio Eólico de Oaxaca* en Bahías de Huatulco. En esta ocasión, el evento fue inaugurado por el doctor Francisco Barnés de Castro, entonces Subsecretario de Política Energética y Desarrollo Tecnológico de la Secretaría de Energía. Durante la inauguración el doctor Barnés destacó la conveniencia de llevar a cabo medidas específicas para detonar la generación eólica a gran escala en la región del Istmo de Tehuantepec. Entre dichas medidas señaló la necesidad de reducir trámites e intermediarios para la celebración de contratos de arrendamiento de tierras, generar reglas claras para evitar la competencia desleal entre desarrolladores y reglas claras para la compra de la electricidad por parte de la CFE; de tal manera que todo ello diera certidumbre a quienes desean invertir en la construcción y operación de centrales eoloeléctricas y a quienes desean financiar dichos proyectos.

También mencionó que es indispensable que la CFE efectúe un estudio preliminar de las líneas de transmisión que serán necesarias para interconectar a los posibles generadores eólicos con la red, ya que sin ellas sería imposible evacuar la electricidad generada en el Istmo y, por consecuencia, la mayoría de los proyectos eoloeléctricos en dicha región no serían viables. Además, puntualizó que se deberá decidir quién construirá las líneas eléctricas para transmisión de la electricidad -la CFE o los privados-.

Después de la ceremonia de inauguración - que fuera complementada por las palabras de bienvenida de los anfitriones- se prosiguió con la presentación de las ponencias. A continuación se resume el contenido de las mismas, seleccionando solamente los aspectos relevantes.

Las Energías Renovables en el Marco de una Política Energética Sustentable

Ponente: Doctor Francisco Barnés de Castro, entonces Subsecretario de Política Energética y Desarrollo Tecnológico de la Secretaría de Energía

El doctor Barnés comenzó citando cuatro elementos esenciales para una política energética sustentable, a saber:

¹ United States Agency for International Development

- Asegurar el suministro de energía.
- Hacer un uso eficiente de la energía.
- Promover las energías renovables.
- Minimizar el impacto al medio ambiente.

Hizo énfasis de las ventajas de las fuentes de energía renovable y enfatizó las siguientes las limitaciones para su aprovechamiento:

- Están atadas a una determinada localización.
- Su disponibilidad es intermitente.
- Requieren grandes extensiones de terreno.
- La energía generada suele ser más cara que la energía convencional.
- Durante los primeros años de los proyectos la amortización de la inversión domina en la estructura de costos y se tienen financiamientos complejos.

Señaló que cerca de 80% de la electricidad que se genera en México proviene de combustibles fósiles e indicó que México puede llegar a contar con una capacidad total de energía renovable cercana a 17,000 MW. Agregó que existe el compromiso de la presente administración federal para que se logre un incremento de 1,000 MW en capacidad de generación con energía renovable, adicional a la que contemplaban los programas originales de la CFE.

Hizo referencia a la política de fomento de las fuentes de energía renovable. Indicó que existen barreras financieras, económicas y técnicas que deben ser superadas por la CFE y los productores independientes de energía. Apuntó que el principal problema del uso masivo de la energía renovable no es técnico, sino de mecanismos de mercado y que su expansión requiere de un esquema de incentivos al desempeño, además de un marco legal adecuado. Dijo que las fuentes de energía renovable deben constituir un portafolio coordinado de políticas y no sólo un conjunto reducido de medidas. Agregó que al respecto deben operar, de manera coordinada, programas de apoyo, difusión y promoción de inversiones.

Enseguida, señaló los principales elementos de una política de fomento al aprovechamiento de las fuentes de energía renovable, de acuerdo con lo siguiente:

- Creación de un ambiente regulador favorable al desarrollo de la energía renovable en general y eólica en particular.
- Acuerdos de interconexión que garanticen el despacho de la energía generada.
- Pagos de servicios sólo por capacidad utilizada.
- Compra-venta de energía para acoplar oferta y demanda.
- Esquemas de depreciación acelerada.
- Creación de mercados y fondos verdes para el desarrollo de la energía eólica.
- Participación en los mercados internacionales de carbón.

Enfatizó que un elemento clave es un marco legal específico que dé seguridad a inversiones y que haga que los proyectos puedan obtener financiamiento adecuado. En este punto presentó una descripción del marco legal vigente y de la Ley del Servicio Público de

Energía Eléctrica. Después indicó que ya se estaba preparando una propuesta para otorgar incentivos fiscales favorables a las energías renovables. Dijo que dicha propuesta se apoya en los artículos 41 y 220 de la ley de impuesto sobre la renta para permitir la depreciación acelerada de equipo con un impacto ambiental favorable. Agregó que en la propuesta se busca eliminar indefiniciones en los tipos y características del equipo que se puede deducir.

Enseguida indicó que se estaba evaluando la creación de un fondo verde que proporcione un suplemento para la compra de energía. Dijo que el fondo verde tendrá como meta promover la instalación de al menos 1,000 MW adicionales de energía renovable conectados a la red con un programa de cuatro años. Agregó que se iniciaría con 100 MW en el primer año y que cada año se duplicaría la capacidad instalada en el año anterior. Los generadores concursarían en precio para entrar en el programa y cada año se revisarían las condiciones para la compra de energía verde. Dijo que los incentivos podrían ser financiados por fondos multilaterales, públicos o privados (compradores verdes); así como por la transacción de bonos de carbono mediante el mecanismo de desarrollo limpio (MDL). Indicó que Sener y Semarnat están sentando las bases para poder certificar proyectos de reducción de emisiones de carbono que contribuyan al desarrollo sustentable.

En sus conclusiones, enfatizó que el sector energía se ha puesto como meta desarrollar 1,000 MW con base en energía renovable, por encima de lo programado por CFE para antes de concluir el sexenio. Para ello, dijo, ha venido impulsando un conjunto de medidas que proporcionan un tratamiento preferente a la energía renovable.

Proyecto eoloeléctrico de La Ventosa, Juchitán a Zanatepec, Oaxaca.

Ponente: Ingeniero Fernando Mimiaga Sosa, entonces Director de Desarrollo de la Micro, Pequeña y Mediana Empresas del Gobierno del Estado de Oaxaca.

El ingeniero Mimiaga reiteró la misión y visión de la SEDIC e hizo referencia a la estrategia a 10 años presentada anteriormente respecto al desarrollo eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

En esta ocasión, se refirió a las fortalezas y debilidades que presenta el Istmo de Tehuantepec para la implantación de la tecnología eoloeléctrica. Por inicio, señaló que si bien se cuentan alrededor de 120,852 hectáreas que en su gran mayoría son de terreno plano, el 60 % de la tenencia de la tierra es social, lo que amerita mucho cabildeo.

Señaló que uno de los retos para el Gobierno del Estado de Oaxaca es la elaboración cartográfica de los tres tipos de tenencia de la tierra en el Istmo de Tehuantepec. Además, recordó a la audiencia que se ya se encontraba en proceso la elaboración del anteproyecto de un Decreto para regular el aprovechamiento y administración de los recursos energéticos renovables en el estado de Oaxaca. Dijo que este Decreto incluirá aspectos para eólica, solar, minihidráulica y biomasa.

Fomento a las Energías Renovables.

Ponente: Doctor Gaudencio Ramos Niembro, Coordinador Técnico de la Conae.

El doctor Ramos se refirió a los mecanismos de fomento de fuentes renovables de energía en otros países, así como a las principales conclusiones de reuniones internacionales.

Señaló que la energía convencional cuesta cerca de 3.5 centavos de dólar por kWh mientras que el precio de la eoloelectrica es cercano a 6.5 centavos de dólar por kWh. Señaló que en México hay nichos de oportunidad para generación mediante fuentes de energía renovable y dijo que particularmente en el Istmo de Tehuantepec, la eólica *sólo necesita un empujoncito*. Concluyó diciendo que la clave está en dar certidumbre a los inversionistas y crear un fondo para detonar masivamente las fuentes renovables de energía en México.

Situación que Guardan los Permisos de Autoabastecimiento y los Contratos de Interconexión en el Contexto del Proyecto Eólico del Istmo.

Ponente: Doctor Alejandro Peraza García, Director General de Electricidad de la Comisión Reguladora de Energía.

El doctor Peraza comenzó citando los nuevos instrumentos de regulación para fuentes de energía renovable publicados en el Diario Oficial de la Federación el día siete de septiembre de 2001. Señaló que dichos instrumentos son aplicables a permisionarios de generación de electricidad con disponibilidad intermitente del energético primario (eólica, solar y micro o mini hidroeléctricas, esta última con almacenamiento o disponibilidad limitados a la extensión del periodo punta a gasto de diseño).

Se refirió al nuevo modelo de contrato de interconexión y ejemplificó el intercambio de energía entre periodos horarios iguales, periodos horarios diferentes y meses diferentes a lo largo de un año. Aclaró que este modelo es un concepto de intercambio administrativo que está basado en el Costo Total de Corto Plazo y que de ninguna manera corresponde a un intercambio real de electricidad.

En relación con uno de los anexos del modelo de contrato de interconexión, indicó que cuando los centros de consumo demandan más que la potencia porteada, se proporciona suministro complementario donde no hay respaldo. Señaló que el permisionario fija el orden de prioridad para sus centros de consumo y con las potencias faltante y complementaria se calcula la demanda facturable. Señaló que si bien es posible compensar energía faltante con energía sobrante en cada periodo horario, la energía complementaria no es compensable.

También se refirió a la metodología para calcular los cargos por porteo. En este punto señaló que para la energía renovable intermitente, los cargos por uso de red se reducen a un porcentaje igual que el factor de planta, lo que significa mejores condiciones para proyectos

de autoabastecimiento de electricidad en donde los centros de consumo estén alejados de los sitios de generación de electricidad con energía renovable.

Al final de su ponencia habló de los contratos de interconexión de proyectos eólicos que entonces se encontraban aprobados, entre ellos:

- Fuerza Eólica del Istmo, con 30 MW.
- Cozumel 2000, con 30 MW.

Asimismo, mencionó que estaban en trámite:

- Eléctrica del Valle de México, con 180 MW.
- Baja California 2000, con 60.5 MW.
- Parques Ecológicos, con 102.5 MW.
- Fuerza Eólica de Baja California, con 300 MW.

Materia de Impacto Ambiental Delegación PROFEPA Oaxaca.

Ponente: M.V.Z. Georgita Ruiz Michael, Delegada Federal de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en Oaxaca.

La M.V.Z. Ruiz comenzó explicando el marco jurídico para la protección al medio ambiente. Se refirió a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEGEPA) y a su Reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental.

Dijo que el artículo Vigésimo Octavo del Reglamento de la LEGEPA establece que la evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual se establecen las condiciones para la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, en los casos que determine el reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades², requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la secretaría.

Mencionó el estado de los expedientes de impacto ambiental de las obras o actividades desarrolladas en el estado de Oaxaca, indicando que existe un total de 60 expedientes entre los años 2001-2002. Para concluir, enfatizó que es más conveniente cumplir con las disposiciones legales en materia de impacto ambiental que someterse a un proceso jurídico administrativo y posiblemente penal con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y la Procuraduría General de la República.

² Incluyendo la generación de electricidad

Corredor eólico del Istmo

Ponente: Ingeniero Juan José Moreno Sada, Secretario de Desarrollo Industrial y Comercial del Gobierno del Estado de Oaxaca.

El ingeniero Moreno Sada presentó una actualización de la visión y estrategia a desarrollar a 10 años para el desarrollo eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo. En la tabla 7.1 se resumen las expectativas que en se momento existían para los programas de construcción y puesta en marcha de los proyectos eoloeléctricos.

Tabla 7.1 Expectativas del Gobierno del Estado de Oaxaca respecto a la construcción y puesta en marcha de los proyectos eoloeléctricos del Istmo.

Empresa	Estaciones Anemométricas	Inicio de Construcción	Inicia Operación	Capacidad de la Central MW
Fuerza Eólica del Istmo	6	Enero del 2003	Octubre del 2003	50
Cisa-Gamesa Sistemas Energéticos de Oaxaca	2	Febrero del 2003	Noviembre del 2003	20
Deproe – SIIF Eléctrica del Valle de México	3	Octubre - Diciembre del 2003	Agosto - Octubre del 2004	180
PSI Dewind Iberia Parques Ecológicos de México	2	Diciembre del 2003	Octubre del 2004	20
Fuerza Eólica del Istmo - Cruz Azul – GE	6	Enero del 2003	Noviembre del 2004	100
Endesa Itlaise S.A. De C.V.	6	Marzo del 2004	Enero del 2005	20
PSI Dewind Iberia Parques Ecológicos de México	2	Diciembre del 2003	Noviembre del 2004	82
Cisa-Gamesa Sistemas Energéticos de Oaxaca	2	Febrero del 2005	Diciembre del 2005	200
Cisa-Gamesa Sistemas Energéticos de Oaxaca Capacidad de la Central	2	Diciembre del 2006	Octubre del 2007	300
Endesa Itlaise S.A. de C.V.	6	Febrero del 2006	Diciembre del 2006	380

Apuntó que las empresas ABB, GUASCOR, Eólica Venture, Clipper Wind, Führlander y Geo Ingeniería, también se encontraban interesadas en el desarrollo eoloeléctrico del Istmo.

Cabe aclarar que en ese tiempo las expectativas del Gobierno del Estado de Oaxaca respecto a la construcción de centrales eoloeléctricas en el Istmo de Tehuantepec, estaban basadas en los planes que los empresarios privados manifestaron al Gobierno de Oaxaca.

Proyectos de USAID para apoyar el desarrollo de la energía eólica en México.

Ponente: Licenciado David Antonioli, entonces Delegado de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo.

Por inicio, el licenciado Antonioli describió el trabajo sobre arrendamiento de tierras y potencial de generación de los empleos relacionados con el desarrollo de proyectos eoloeléctricos en México³. Indicó que dicho estudio fue elaborado por Winrock International, Global Energy Concepts, y American Wind Energy Association con el apoyo de la Fundación Mexicana para el Desarrollo Rural A. C. y el Instituto de Investigaciones Eléctricas. Puntualizó que este trabajo fue patrocinado por USAID/México por solicitud del Gobierno del Estado de Oaxaca a través de la Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial. En el Anexo I se hace una descripción de dicho trabajo.

Enseguida, describió el proyecto del *Atlas Eólico del Estado de Oaxaca*. Señaló que se realizaría una primera versión de dicho Atlas con base en el modelo de mesoescala de la compañía estadounidense True Wind Solutions. Con el patrocinio de USAID, el Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los Estados Unidos (NREL) subcontrataría a True Wind Solutions para realizar el mapa inicial. Enseguida, con ayuda de varias instituciones Mexicanas y con la cooperación de algunos desarrolladores de proyectos eoloeléctricos, el personal de NREL realizará una versión mejorada del Atlas Eólico. Afirmó que dicho Atlas mostraría la estimación del recurso eólico en todo el estado de Oaxaca a de 50 metros de altura sobre el nivel del terreno, con resolución de 1 km².

Después habló de un estudio de factibilidad del proyecto eoloeléctrico La Ventosa II de la CFE. Dijo que la Comisión Federal de Electricidad solicitó apoyo a USAID para que una compañía estadounidense realice dicho estudio y que en principio esto sería realizado por la compañía Global Energy Concepts.

³ *Information About Key Issues Related to Wind Energy Project Development in Mexico: Land Leasing and the Potential of Job Creation.*

Programa de Obras a 10 años de la Zona Tehuantepec (CFE).

Ponente: Ingeniero Jesús Eliseo Ramos, Gerente de la División Sureste de la Comisión Federal de Electricidad.

El ingeniero Ramos desarrolló su ponencia presentando el diagrama eléctrico mostrado en la ilustración 7.1. Señaló que el programa de obras a 10 años se integraría de la siguiente manera:

- Año 2003 con una inversión de \$1,263,498 pesos.
 - Actualmente se cuenta con la línea de transmisión de 48 kilómetros Juchitán II - Salina Cruz con capacidad de 230 kV y se agregará a ésta un segundo circuito de 115 kV. Este segundo circuito entroncará con la línea de transmisión Salina Cruz – Huatulco para incrementar la confiabilidad del suministro de energía eléctrica en la zona.
 - Proveer a la subestación Ixtepec Banco 2 con un transformador trifásico de 9.375 MVA con voltajes de 115 kV / 13.8 kV. Atender los nuevos crecimientos de demanda de Ciudad Ixtepec.
 - Llevar a cabo la sustitución de un transformador trifásico de 9.375 MVA con voltajes de 115 kV / 13.8 kV en la subestación Zanatepec Banco 1, para atender los nuevos crecimientos de demanda en el área de Zanatepec.
 - Tender el primer circuito Juile - Cerro de Oro con una línea de transmisión de 154 km y voltaje de 400 kV, permitiendo la confiabilidad en el suministro de energía eléctrica.
 - Tender el primer circuito Manuel Moreno - Juile con una línea de transmisión de 241.9 km y voltaje de 400 kV, permitiendo la confiabilidad en el suministro de energía eléctrica.

- Año 2004 con una inversión de \$53,793,000 pesos.
 - Sustitución de transformador trifásico de 20 MVA con voltajes 115/13.8 kV en la subestación Sarabia Banco 1, para resolver la saturación del banco actual y atender los nuevos crecimientos de demanda.
 - Banco de capacitancia de 115 kV con potencia reactiva de 22.5 MVAR para respaldar fallas en línea de transmisión de 230 KV en la subestación Juchitan II.
 - Subestación Togolaba, transformador trifásico de 20 MVA con voltajes 115/13.8 kV para resolver la saturación de los bancos de Salina Cruz I y atender los nuevos crecimientos de demanda.
 - Operación inicial de la línea de transmisión de circuito secundario de 115 kV Togolaba-Juchitan II-Salina Cruz.

- Año 2005 con una inversión de \$89,743,000 pesos
 - Sustitución de transformador trifásico de 12.5 MVA con voltajes 115/13.8 kV en la subestación Santo Domingo Banco 1, para resolver la saturación del banco actual y atender el crecimientos de demanda.

Proyecto Eólico en el Istmo de Tehuantepec Oaxaca.

Ponente: Licenciado Gustavo López Padilla, Director General de ENDESA, Cogeneración y Renovables.

El licenciado López señaló que, en el corto plazo, el principal objetivo de su empresa para desarrollar proyectos eoloeléctricos en el Istmo de Tehuantepec es reservar terrenos en las diversas áreas de la región. Señaló que ello se hará mediante la firma de contratos hasta por veinte años y que su compañía se proponía establecer una relación seria y amigable con los propietarios de los terrenos contratados. Respecto a sus objetivos a largo plazo, dijo que su empresa se propone liderar el desarrollo de centrales eoloeléctricas en México y ser parte del tejido industrial que contribuya al desarrollo regional y a la creación de fuentes de empleo.

Enseguida señaló ocho puntos necesarios en la concreción de proyectos eólicos:

1. Análisis de Datos. Estudios del potencial eólico de la zona.
2. Estudio de Factibilidad. Con los datos del potencial eólico realizar estudios del precio mínimo de venta de la energía.
3. Prospección de Mercado. Búsqueda de clientes y firma de un precontrato de suministro.
4. Elaboración del Proyecto Básico. Realización del proyecto básico necesario para los trámites legales.
5. Tramitación de Permisos. Creación de una sociedad explotadora y tramitación de permisos para operación comercial.
6. Contratos de porteo de energía. Firma de contratos con CFE para porteo de energía.
7. Construcción de central eoloeléctricas.
8. Explotación comercial de la Central Eoloeléctrica.

Al final de su presentación, puntualizó que en México actualmente no existe una ley que apoye de manera específica a las energías renovables y que para el sano desarrollo de las mismas, se requiere de marcos legal, jurídico y fiscal adecuados.

Proyecto Eólico de 50 MW, Comisión Federal de Electricidad.

Ponente: Ingeniero Roberto Cadenas Tovar, entonces Jefe de la Unidad de Nuevas Fuentes de Energía, Comisión Federal de Electricidad.

El ingeniero Cadenas señaló que si bien la energía eólica tiene bajo costo de operación, no emite gases de combustión y no hay riesgo de suministro de combustible; su costo de inversión es relativamente alto y no es despachable. Agregó que las centrales eléctricas basadas en combustibles fósiles a pesar de emitir gases producto de la combustión, tienen costo de inversión bajo y son despachables. De ahí, estableció que estas dos formas de generación de electricidad no son adversarias sino más bien son complementarias. Después presentó la ilustración 7.2 en la que mostró que la capacidad de generación eoloeléctrica instalada por parte de CFE era prácticamente despreciable al compararla con la capacidad acumulada de las demás fuentes de generación.

Al final de su ponencia recordó a la audiencia que la Unidad de Nuevas Fuentes de Energía de la CFE estaba promoviendo la construcción de una central eolieléctrica de 54 MW en el Istmo de Tehuantepec. Sin embargo, no dio fechas para el inicio de construcción del proyecto y se concretó a decir que la CFE estaba evaluando el proyecto desde el punto de vista económico.

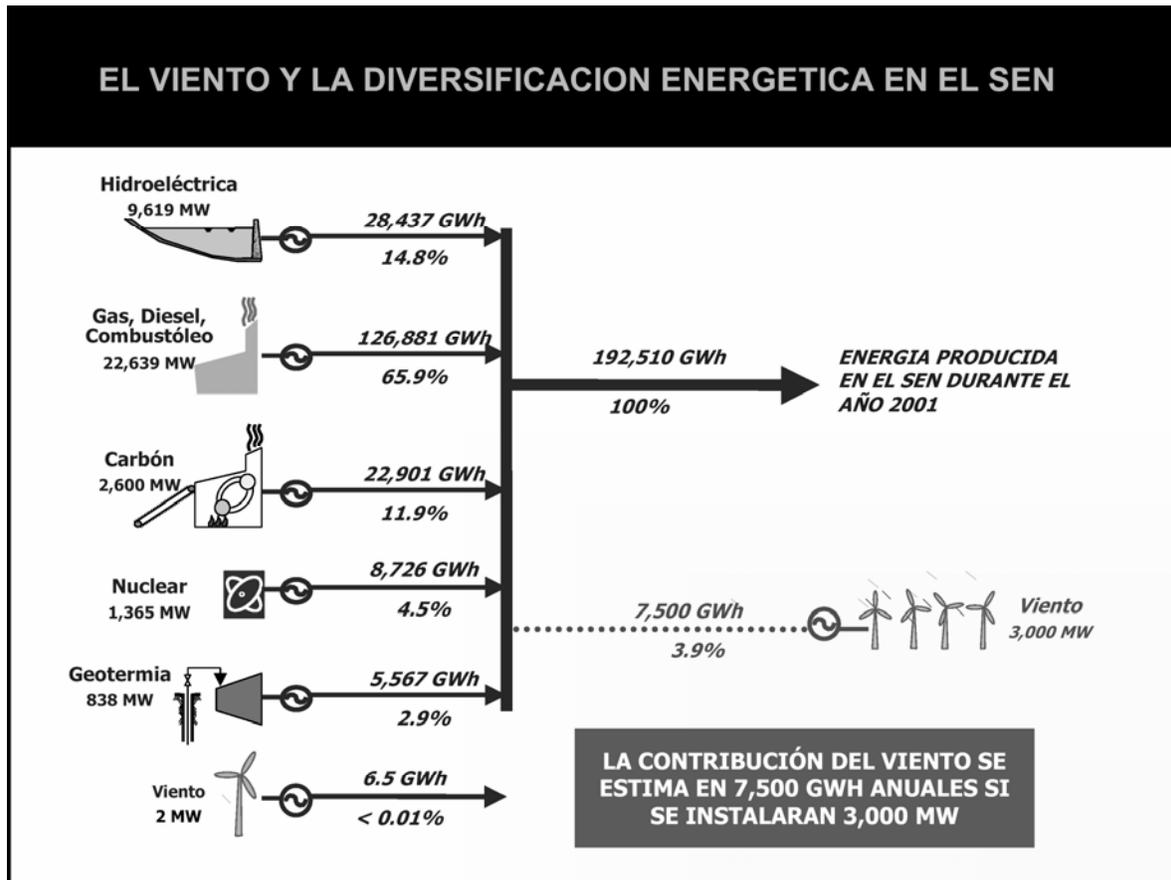


Ilustración 7.2. El viento y la diversificación energética en el Sistema Eléctrico Nacional.

[Centro Nacional de Control de Energía](#)

Ponente: Ingeniero Gustavo Salvador Torres. Coordinador del Centro Nacional de Control de Energía, Comisión Federal de Electricidad.

El ingeniero Torres señaló que objetivo de CENACE es realizar el despacho de energía eléctrica y la operación y control del Sistema Eléctrico Nacional con calidad y eficiencia económica. Indicó que las áreas de control son ocho: una se ubica en Mexicali, Baja California; para la parte de Sonora y Sinaloa, el área de control está en Hermosillo, Sonora; para la zona del norte que incluye Durango, Chihuahua y un fragmento de Coahuila, el centro de control está en Gómez Palacio, Durango; para Tamaulipas, Nuevo León y parte

de San Luis Potosí, en lo que es La Huasteca, el centro de control está en Monterrey, Nuevo León; para la parte de occidente: Jalisco, Aguascalientes y todo el Bajío, el área de control está en Guadalajara, Jalisco; para la zona metropolitana del D.F., Estado de México, Hidalgo, parte de Puebla y Morelos, es decir, el área central, el control se localiza en la ciudad de México; para la parte sureste y oriental, el centro de control está en Puebla, Puebla y, para la parte de la Península de Yucatán, el centro de control está en Mérida, Yucatán.

Después mencionó que los objetivos básicos de la operación del sistema eléctrico son:

- Seguridad.- Operar con márgenes operativos que eviten o minimicen la ocurrencia de disturbios.
- Continuidad.- Suministrar ininterrumpidamente el servicio de energía eléctrica.
- Calidad.- Mantener el suministro dentro de estándares internacionales de voltaje y frecuencia.
- Economía.- Satisfacer en todo momento la demanda de energía eléctrica al más bajo costo de producción global.

Para terminar, describió ampliamente el proceso de producción económica, el sistema de control en tiempo real y el despacho de la demanda máxima del sistema interconectado. No obstante, no habló de la integración de la generación eoloeléctrica al sistema eléctrico nacional.

[Energía Eólica en Oaxaca, Fuerza Eólica del Istmo: excelente oportunidad para comenzar.](#)

Ponente: Ingeniero Carlos Gottfried Joy, Presidente de Fuerza Eólica del Istmo.

El ingeniero Gottfried señaló que México mantiene 2.5 MW de capacidad eólica instalada, con una población de 102 millones de habitantes, relación *per cápita* muy baja comparada con países como España, Alemania y los Estados Unidos. Enfatizó que con el apoyo de las autoridades, la oportunidad para el desarrollo eoloeléctrico en México es excelente y que se podría superar la instalación de 5,000 MW en el corto plazo.

Señaló que el costo de la electricidad generada con energía eólica está libre de variaciones súbitas e inesperadas como ocurre en el caso de la electricidad que se genera con base en combustibles fósiles.

Enfatizó que el desarrollo eoloeléctrico de México podría ayudar a lograr ahorros sustanciales en combustibles fósiles, cumplir con los compromisos contraídos en Río de Janeiro, Kyoto y Johannesburgo, elevar la confiabilidad de la red eléctrica, contribuir a la creación de nuevas fuentes de trabajo, incrementar la inversión nacional y extranjera, y aprovechar una tecnología de vanguardia.

Enseguida, hizo referencia al nuevo mecanismo de interconexión de acuerdo con el Modelo de Contrato de Interconexión para Fuentes de Energía Renovable. Señaló que este innovador contrato puede convertirse en un modelo para otros países y que a través de su aprobación, el Gobierno había demostrado su compromiso con las energías renovables y con el desarrollo sustentable.

Apuntó que dentro de los requerimientos generales para el desarrollo eoloeléctrico se encuentran:

- Leyes adecuadas.
- Factibilidad del proyecto.
- Compromiso firme de compra de energía.
- Comprador confiable de energía a largo plazo.
- Despacho automático.
- Precios de compra bien definidos.
- Mecanismos para la resolución de diferencias.
- Derechos a financistas.

Después, enfatizó que la publicación del contrato de interconexión para energía renovable fue un gran avance para la energía eólica. Sin embargo, indicó que aun con lo anterior, la falta de una ley clara y definida para el fomento de las energías renovables es la barrera principal.

Propuso los siguientes puntos para realizar la promoción eficaz de la generación eoloeléctrica:

- Evaluación gubernamental de beneficios de la energía renovable a largo plazo y compartir beneficios con la industria para promover su desarrollo en las primeras etapas.
- Al ganar experiencia sobre inversión en México en proyectos eólicos, las instituciones reducirán sus costos y el impulso requerido del gobierno sería mínimo.
- Establecer metas gubernamentales firmes.
- Mandato a nueva generación para proveer parte de la energía de fuentes renovables o invertir en ellas.
- Instaurar incentivos fiscales como: créditos fiscales a la producción, eliminación del pago y manejo del IVA, incentivos tributarios.
- Reconocimiento de una parte de la capacidad de centrales eoloeléctricas (crédito por capacidad).
- Incentivos a la fabricación local.
- Reducción de costos de porteo.
- Definir a las centrales eoloeléctricas como proyectos ecológicos para asegurar que se pueda aplicar la depreciación acelerada establecida por la SHCP para *Proyectos Ecológicos*.

Después, se refirió al proyecto eoloeléctrico *de Fuerza Eólica del Istmo*, haciendo la reseña en los avances de dicho proyecto. En la tabla 7.2 se presenta la síntesis del proyecto.

Indicó que con base en indicadores de AWEA⁴, una central eoloeléctrica de 50 MW podría desplazar anualmente combustibles y contaminación que afectan negativamente la

⁴ American Wind Energy Association

atmósfera en aproximadamente: 400,000 barriles de petróleo, 180,000 toneladas de CO₂, 900 toneladas de SO₂ y 600 toneladas de NO_x. Agregó que lo anterior es equivalente a la capacidad de absorción de 4 millones de árboles maduros; o bien, 8,500 hectáreas de bosque. Al final de su presentación, el ingeniero Gottfried dijo que ya se estaba trabajando en la etapa final para poder iniciar su proyecto, incluyendo finalizar la estructura del proyecto, finalizar contratos de ingeniería, adquisición y construcción, y cerrar el financiamiento. Dijo que la construcción de este proyecto se iniciaría en febrero del año 2003.

Tabla 7.2 Síntesis del Proyecto. Eoloeléctrico de Fuerza Eólica del Istmo S.A. de C.V.

Turbina GE WIND	1.5 MW / 60 Hz
Capacidad de generación	1500 kW
Diámetro de rotor	65m
Altura y tipo de torre	60m torre tubular
Fases planeadas	2
Capacidad de fase I y II	51 MW
Producción esperada de 51 MW	200 millones kWh
Factor de planta	48 %
Inversión primera fase	US\$62 Millones
Entrada en operación fase I	Esperada para julio del 2003
SCADA para monitoreo y control	
Sistema dinámico de reactivos para apoyar a la red.	

Plan de Acción para eliminar barreras para la Implantación Comercial de la Generación Eoloeléctrica en México.

Ponente: Ingeniero Marco A. Borja Díaz. Jefe de Proyectos Eólicos, Instituto de Investigaciones Eléctricas.

El ingeniero Borja anunció que el Consejo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) ya había aprobado el proyecto *Plan de Acción para eliminar barreras para el desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en México*. Dijo confiar en que el proyecto se llevaría a cabo. Sin embargo, advirtió que aún faltaba una serie de trámites que podrían tomar varios meses ya que ahora se tenía que elaborar un documento detallado del proyecto, ponerlo nuevamente a consideración de varias instancias del PNUD y del GEF, obtener el endoso por parte del Presidente de GEF previa aclaración de cualquier duda o comentario de los miembros del Consejo y de las otras agencias de implementación de GEF

(incluyendo a Banco Mundial y PNUMA⁵), y finalmente, obtener la autorización de ejercicio de presupuesto.

7.3 Aspectos relevantes del Tercer Coloquio Eólico de Oaxaca.

- Por primera vez en México, un Subsecretario de Energía participó en una reunión enfocada exclusivamente a impulsar el desarrollo eoloeléctrico. El Subsecretario de Energía destacó la conveniencia de llevar a cabo medidas específicas para detonar la generación eólica a gran escala en la región del Istmo de Tehuantepec. Entre dichas medidas señaló la reducción de trámites e intermediarios para la elaboración de contratos de arrendamiento de tierras con alta certidumbre, reglas claras para evitar la competencia desleal entre desarrolladores, y reglas claras para la compra de la electricidad por parte de la CFE, de tal manera que todo ello dé certidumbre a quienes desean invertir en la construcción y operación de centrales eoloeléctricas y a quienes desean financiar dichos proyectos. Asimismo, el señaló que ya se estaba preparando una propuesta para otorgar incentivos fiscales favorables a las energías renovables. Dijo que dicha propuesta se apoya en los artículos 41 y 220 de la ley de impuesto sobre la renta para permitir la depreciación acelerada de equipo con un impacto ambiental favorable. Agregó que en la propuesta se busca eliminar indefiniciones en los tipos y características del equipo que se puede deducir.
- Por primera vez un Subsecretario de Energía habló de una meta estratégica cuantitativa en relación con la integración de la generación eoloeléctrica al Sistema Eléctrico Nacional. Dijo que con base en la creación de un fondo verde se instalarían cerca de 1,000 MW en un período de cuatro años. Agregó que, una vez que se logre la creación del fondo verde, se comenzará con 100 MW el primer año y que cada año se duplicará la capacidad eoloeléctrica instalada en el año anterior.
- La Comisión Reguladora de Energía anunció que ya estaban en trámite cuatro permisos más para construcción y operación de centrales eoloeléctricas; así, a los ya otorgados para de Fuerza Eólica del Istmo con 30 MW y Cozumel 2000 con 30 MW, se sumarían los de Eléctrica del Valle de México con 180 MW, Baja California 2000 con 60.5 MW, Parques Ecológicos con 102.5 MW, y Fuerza Eólica de Baja California con 300 MW.
- Se anunció que se realizaría una primera versión de un *Atlas Eólico del Estado de Oaxaca*, con el patrocinio de USAID. Asimismo, se anunció que la Comisión Federal de Electricidad había solicitado apoyo a USAID para que una compañía estadounidense realizara un estudio de factibilidad técnico-económico del proyecto eoloeléctrico La Venta II.
- El ingeniero Gottfried hizo referencia al nuevo mecanismo de interconexión de acuerdo con el Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable. Señaló que este innovador contrato podría convertirse en un modelo para otros países y que a través de su aprobación, el Gobierno había demostrado su compromiso con las energías renovables y con el desarrollo sustentable.

⁵ Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente

7.4 Consecuencias principales de las actividades del año 2002

- Varios desarrolladores de proyectos lograron instalar estaciones anemométricas en sitios específicos. Así, los trabajos de microlocalización de sitios para construir centrales eoloeléctricas avanzaron de manera importante. La información anemométrica adquirida por el IIE y puesta a disposición pública desde mediados del año 2002, sirvió como referencia para realizar las estimaciones del potencial de producción de electricidad de proyectos eoloeléctricos.
- Asimismo, la información anemométrica recabada por desarrolladores de proyectos y por el IIE, sirvió para que los fabricantes de aerogeneradores comenzaran a identificar las necesidades de adecuación de sus máquinas para su posible instalación en el área más ventosa del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.
- La intensa actividad y competencia de desarrolladores de proyectos en materia de negociación de contratos de usufructo, fue mejorando la magnitud de beneficios potenciales para los propietarios de terrenos, a la vez que se aclararon algunas de las dudas existentes.

Capítulo 8

Actividades principales durante el año 2003

La gota orada la roca, no por su fuerza sino por su constancia.
Ovidio

8.1 Introducción

Durante el año 2003, los desarrolladores más avanzados en la formulación de proyectos eoloeléctricos para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec se enfrentaron al tema más difícil respecto al desarrollo de proyectos eoloeléctricos en nuevos mercados: la gestión del financiamiento. Para algunos quedó claro que las instituciones financieras, a través de sus ingenieros bancarios, son rigurosos en cuanto a la información y evidencias que requieren para sustentar el financiamiento de un proyecto. Por supuesto, la gran mayoría de los desarrolladores de proyectos ya lo sabía; sin embargo, es posible que algunos lo hayan subestimado. Varios desarrolladores de proyectos habían anunciado el inicio de construcción de centrales eoloeléctricas durante el año 2003, la realidad es que no se inició la construcción de alguno de ellos.

Las expectativas optimistas en cuanto al inicio de construcción de proyectos eoloeléctricos comenzaron a generar cierto malestar entre los propietarios de las tierras que ya habían firmado contratos de usufructo. Contrario a lo que algunos pudieran pensar, la gran mayoría de los propietarios de las tierras en el Corredor Eólico del Istmo sí tiene amplia voluntad para que se lleve a cabo el desarrollo eoloeléctrico. Por consiguiente, los desarrolladores de proyectos eoloeléctricos, las instituciones del sector público y los medios de comunicación, tienen una gran responsabilidad en cuidar que a los propietarios de las tierras se les proporcione información veraz, y evitar a toda costa crear falsas expectativas. De ello, se hace evidente la necesidad de crear el Consejo Consultivo propuesto anteriormente, en la inteligencia de que una de las principales funciones de dicho Consejo tendría que ser fomentar la confianza de los propietarios de las tierras mediante la difusión de información adecuada y oportuna. Es evidente que para ello se requerirán profesionales en el ramo de la comunicación. El tema es complejo, principalmente porque algunos de los desarrolladores de proyectos eólicos han estado *reservando tierras* para construir centrales eoloeléctricas, aún cuando no saben con precisión todas las condiciones económicas y financieras en las que se podrían llevar a cabo sus proyectos eoloeléctricos. Esto, en virtud de que ellos también tienen incertidumbre en aspectos tales como posibles modificaciones a la Ley del

Servicio Público de Energía Eléctrica, adecuaciones a su Reglamento, emisión de nuevos modelos de contratos de interconexión o interpretación de los instrumentos vigentes, aplicación efectiva de mecanismos de apoyo internacional (v.g., mecanismo de desarrollo limpio), y otros más.

Aunque parece ser que *reservar terrenos* para construir centrales eoloeléctricas es una práctica común en algunos países (por ejemplo, en España), el autor principal de este documento opina que, al menos por el momento, esa no es una práctica que resulte conveniente para México, principalmente cuando se trata de ejidos. Para acotar un poco esta opinión, conviene reflexionar en el hecho de que existe una limitación muy importante para el desarrollo cabal de la generación eoloeléctrica en el Istmo de Tehuantepec: la capacidad de evacuación de la electricidad. Se sabe que para lograr incrementar la capacidad de evacuación de electricidad se requerirá una inversión de magnitud considerable ¿Quién la va a hacer?, ¿Cuándo se hará?, ¿Los usufructuarios de terrenos están plenamente conscientes de que podrían pasar varios años antes de que se construya una central eólica en los terrenos comprometidos? Sin lugar a duda, son los desarrolladores de proyectos quienes deben mantener vigente la buena disposición de los propietarios de las tierras. El único camino hacia eso es proporcionarles información verídica, ofrecerles tratos justos y cumplirlos en tiempo y forma.

Con relación al Coloquio Eólico de Oaxaca, se generaron comentarios relevantes respecto a su contenido. Se dijo que ya había llegado el momento en que el Coloquio Eólico tuviera más sustancia con respecto a su propósito. Es decir, pasar de ser un evento promocional a ser un evento en el que los principales asuntos relacionados con el desarrollo eoloeléctrico se pongan sobre la mesa, se discutan con madurez y de ahí se deriven iniciativas importantes o planes de acción. Si bien es cierto que hasta ahora los Coloquios Eólicos sí han dado algunos resultados importantes en ese sentido, también lo es que es necesario aprovechar al máximo el amplio potencial que tiene dicho evento.

8.2 Coloquio Eólico de Oaxaca.

Por causas de índole administrativa, el tercer Coloquio Eólico de Oaxaca se postergó. El Gobierno del Estado de Oaxaca propuso celebrarlo a principios del año 2004; sin embargo, el evento se aplazó nuevamente hasta septiembre de 2004.

8.3 Principales actividades en el año 2003.

8.3.1 Plan de Acción Eólico

El Instituto de Investigaciones Eléctricas y PNUD continuaron la gestión del proyecto *Plan de acción para eliminar barreras para el desarrollo de la generación eoloeléctrica en México*. A finales de 2003, se logró la aprobación definitiva por parte del Fondo para el Medio Ambiente Mundial. En diciembre del mismo año se logró la aprobación para ejercer el presupuesto por parte del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. El proyecto inició en enero del 2004. En el siguiente capítulo se proporciona más información.

8.3.2 Proyecto para el desarrollo en gran escala de las fuentes de energía renovable.

Desde el año 2002, la Secretaría de Energía inició la gestión de otro proyecto con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial. Originalmente, este proyecto se enfocó a crear un *fondo verde* para impulsar el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable.

En este caso, la gestión se realizó a través del Banco Mundial. La gestión del doctor Barnés de Castro, llegó al grado de que en el año 2003 se obtuvo la aprobación del Consejo del GEF para incluir la primera etapa del proyecto en uno de los planes de trabajo de GEF. El proyecto se titula *Large Scale Renewable Energy Development Project*. Uno de los principales objetivos de este proyecto es impulsar el desarrollo eoloeléctrico en la modalidad de producción independiente. Para ello, el proyecto contempla la creación de un *fondo verde* que aportaría los costos diferenciales entre la remuneración que podría pagar CFE a los productores independientes y el *precio de negocio* ofertado por los productores independientes. Por supuesto, todo ello se llevará a cabo mediante mecanismos competitivos para asegurar el máximo aprovechamiento del fondo verde. Los detalles de este proyecto rebasan el alcance de este documento, pero el lector interesado puede encontrar información pública en el sitio Web del Fondo para el Medio Ambiente Mundial.

En abril de 2004, el Presidente Vicente Fox Quezada nombró al doctor Barnés de Castro, como nuevo Comisionado de la Comisión Reguladora de Energía. Después, hubo varios movimientos en las subsecretarías y en las direcciones de la Secretaría de Energía. Actualmente, el actuario Eduardo Cordero es Subsecretario de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico y el doctor Juan Mata Sandoval es Director General de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Medio Ambiente. La nueva administración ha continuado la gestión del proyecto mencionado. A mediados del año 2004 la Secretaría de Energía, con apoyo económico de GEF inició la fase de preparación detallada del proyecto.

La situación actual de la gestión de este proyecto es que sólo falta que el Presidente del Fondo para el Medio Ambiente Mundial endose el Documento del Proyecto, después de que se aclare cualquier duda o comentario que surja por parte de algún miembro del Consejo o de las otras Agencias de Implementación del GEF. De acuerdo con la documentación oficial del proyecto, la primera fase del mismo entrará en operación en el año 2005.

Desde el punto de vista del autor de este documento, los principales retos del proyecto de Energía Renovable en Gran Escala respecto al desarrollo eoloeléctrico, serán:

- Lograr que se incluya en el documento de Prospectiva del Sector Eléctrico Nacional un programa de integración de la generación eoloeléctrica al Sistema Eléctrico Nacional, que mencione de manera específica las centrales eoloeléctricas a ser licitadas por la Comisión Federal de Electricidad. Esto, de tal manera que desde el punto de vista legal, estas centrales estén consideradas como parte del Plan de Expansión de CFE.

- Lograr que la Comisión Federal de Electricidad licite las centrales eoloeléctricas programadas, en la modalidad de Producción Independiente.
- Establecer las reglas y los esquemas mediante los cuales se otorgarán los apoyos económicos con recursos GEF.
- Lograr que los aspectos económicos y financieros de los proyectos sean congruentes con las expectativas del Banco Mundial y de GEF respecto al monto del apoyo económico otorgable a los proyectos y las características de elegibilidad.

8.3.3. Complementación de proyectos apoyados por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF)

Los proyectos apoyados por GEF, el primero a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el segundo a través del Banco Mundial (BM), son proyectos complementarios. El primer proyecto allanará el camino al segundo en algunos temas. Además, el primer proyecto buscará impulsar el desarrollo de proyectos de pequeña y mediana capacidad (menos de 30 MW, principalmente para autoabastecimiento y pequeña producción), mientras que el segundo proyecto está destinado a impulsar proyectos de producción independiente (más de 30 MW). Así, ambas iniciativas son complementarias en cuanto a impulsar todas las áreas de oportunidad de la generación eoloeléctrica en México y, por consiguiente, también son complementarias en cuanto a los sectores que recibirían los principales beneficios. Asimismo, el compromiso del Gobierno de México y de las dos agencias de implementación de GEF (PNUD y BM), es cuidar que ambos proyectos se lleven a cabo en completa coordinación y que no sólo sean complementarios, sino que generen sinergia.

8.3.4 Proyecto eoloeléctrico La Venta II, de CFE.

Durante el año 2003 se intensificaron las actividades de gestión del proyecto eoloeléctrico La Venta II de la CFE. A finales del 2003 se comenzó a oír que el proyecto ya había sido aprobado y que se licitaría a mediados de 2004 con una capacidad de 100 MW en la modalidad de obra pública financiada (OPF). La información disponible en la fecha en que se escriben estas líneas es que la convocatoria de licitación para la central eoloeléctrica La Venta II se publicará en agosto del 2004.

8.3.5 Iniciativa de “Ley Eólica” del Gobierno del Estado de Oaxaca.

El Gobierno del Estado de Oaxaca continuó preparando un anteproyecto de ley para regular las autorizaciones que podrán expedirse para la construcción o modificación en el Estado de Oaxaca de una central eólica interconectada al sistema eléctrico nacional.

8.3.6 Estudio sobre aspectos de arrendamiento de la tierra para centrales eoloeléctricas.

Los resultados finales del estudio realizado por el equipo estadounidense Winrock Internacional, American Wind Energy Association, y Global Energy Concepts, fueron liberados en mayo del 2003. No obstante, muchas de las preguntas planteadas por los propietarios de las tierras, especialmente por los ejidatarios, quedaron sin resolver (AWEA, a través de Winrock Internacional, indicó que de las 96 preguntas realizadas por los propietarios de las tierras sólo podría contestar cerca del 49% y que el resto tendrían que ser contestadas por el Gobierno del Estado de Oaxaca).

La primera versión del documento revisado se obtuvo a mediados de octubre del 2002. A finales de octubre, pocos días antes del tercer *Coloquio Eólico*, los estadounidenses organizaron una reunión en Juchitán, Oaxaca para presentar los resultados a los representantes ejidales y a los pequeños propietarios. Durante esta reunión, algunos de los representantes ejidales manifestaron que la información estaba llegando muy tarde porque algunos ya habían firmado convenios con desarrolladores de proyectos. También, en esa misma ocasión, los representantes ejidales se negaron a que los resultados se presentaran en asambleas generales por considerar que no contenía elementos nuevos que pudieran ayudar a aclarar algunas de las dudas existentes. En esa ocasión, el señor Porfirio Montero, Presidente de la Federación Estatal de Propietarios Rurales de Oaxaca, insistió en que se integrara una *Comisión Reguladora de Precios de Arrendamiento de Terrenos para Centrales Eólicas*.

El asunto de los resultados del estudio estadounidense se discutió ampliamente en una reunión informal celebrada en el marco del tercer *Coloquio Eólico*. En dicha reunión participó personal de USAID, Winrock Internacional, Gobierno del Estado de Oaxaca, Fundación Mexicana para el Desarrollo Rural, e IIE. Ahí se concluyó que era necesario mejorar el documento y la estrategia de presentación de resultados.

El 4 de marzo del mismo año, el licenciado David Antonioli del USAID hizo entrega oficial del documento al Gobierno del Estado de Oaxaca. En esa ocasión, el licenciado Antonioli manifestó que los índices que se presentaban en el estudio respecto a los contratos de arrendamiento de terrenos eran para centrales eoloeléctricas construidas en Estados Unidos y que, por lo tanto, no necesariamente eran aplicables en México ya que las circunstancias podrían variar significativamente.

Después, en una reunión celebrada en Juchitán, Oaxaca, se presentaron los nuevos resultados finales a los representantes ejidales y a los pequeños propietarios. A esa reunión asistieron entre 35 y 40 personas. A pesar de que en esta ocasión hubo mayor aceptación de los resultados del estudio, volvió a brotar el comentario de que la información estaba llegando tarde y que hubiera sido bueno tenerla por lo menos seis meses antes. No obstante, se dijo que algunas personas estuvieron satisfechas de contar con el documento final. También fue evidente que para esas fechas aún persistían dudas y situaciones sin resolver respecto al arrendamiento de tierras para centrales eoloeléctricas; esto, al grado de que el ingeniero Fernando Mimiaga Sosa aprovechó la ocasión para promover la formación de una *Comisión Consultiva sobre el Proyecto Eólico del Istmo*.

Cabe resaltar que en los últimos momentos de la reunión, algunos asistentes pidieron que se les recomendara un precio determinado para arrendar sus tierras para proyectos de centrales eólicas. Tanto el personal de USAID como el de Winrock Internacional manifestaron que no era posible hacerlo con base en la información disponible y que el estudio nunca había estado enfocado a esos fines.

8.3.7 Atlas eólico del Estado de Oaxaca.

A mediados de 2003, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional entregó al Gobierno del Estado de Oaxaca, la versión final de un Atlas Eólico del Estado de Oaxaca. El atlas eólico fue realizado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los Estados Unidos (NREL), quien subcontrató a la compañía True Wind Solutions. El atlas se realizó utilizando como base el modelo de mesoescala MESOMAP desarrollado por True Wind Solutions; luego, NREL depuró el resultado inicial con base en información anemométrica disponible en superficie.

En principio se decía que dicho Mapa contenía la evaluación del recurso eólico llevada a cabo con alta precisión utilizando las técnicas más modernas. Al respecto se generó cierta polémica ya que si bien es cierto que se usaron técnicas muy modernas, también lo es que en el ámbito internacional se sabe que dichas técnicas aún no logran generar resultados de alta precisión.

Finalmente, quedó claro que el mapa eólico de Oaxaca es útil como elemento de prospección ya que puede facilitar la localización de áreas o sitios con potencial eólico prometedor. Sin embargo, en el ámbito internacional se sabe que ni los inversionistas ni los financieros basan sus decisiones en atlas eólicos; lo único que ellos aceptan como información confiable en materia de estudios de factibilidad técnico-económica de proyectos eoloeléctricos, es la información de anemómetros instalados en el sitio de posible emplazamiento de la central eoloeléctrica; es decir información recabada en superficie. Así, se puede decir que el Atlas Eólico de Oaxaca es muy útil para identificar áreas prometedoras en las que habrá que instalar anemómetros calibrados para llevar a cabo la evaluación precisa del recurso eólico con fines de formular y evaluar proyectos eoloeléctricos financiables. No obstante, la última palabra al respecto la tienen los desarrolladores de proyectos eoloeléctricos en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec; sólo ellos podrán decirnos en qué medida el Atlas Eólico de Oaxaca ha sido una herramienta útil para convencer a las instituciones financieras.

8.3.8 Evaluación detallada del recurso eólico en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

Varios desarrolladores de proyectos eoloeléctricos tienen anemómetros instalados en los terrenos de interés. Actualmente se cuentan más de 20 anemómetros instalados en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. En la región se ha desarrollado capacidad para instalar torres anemométricas y para operar los equipos de medición.

Algunos desarrolladores de proyectos ya cuentan con algunos años de información, mientras que otros sólo tienen pocos meses de haber instalado sus equipos. En conjunto, se puede decir que se ha logrado recabar una cantidad importante de información anemométrica de la región. Por supuesto, es información propietaria que los desarrolladores de proyectos no comparten fácilmente. No obstante, algunos desarrolladores de proyectos han compartido información con el Instituto de Investigaciones Eléctricas; esto, en cierta medida, como muestra de agradecimiento por la información que el IIE ha puesto a disposición pública. La información compartida ha servido para corroborar que por lo menos, en la región de vientos más intensos del Corredor Eólico del Istmo, la correlación es elevada. La Ilustración 8.1 muestra la distribución de la velocidad del viento en varias estaciones.

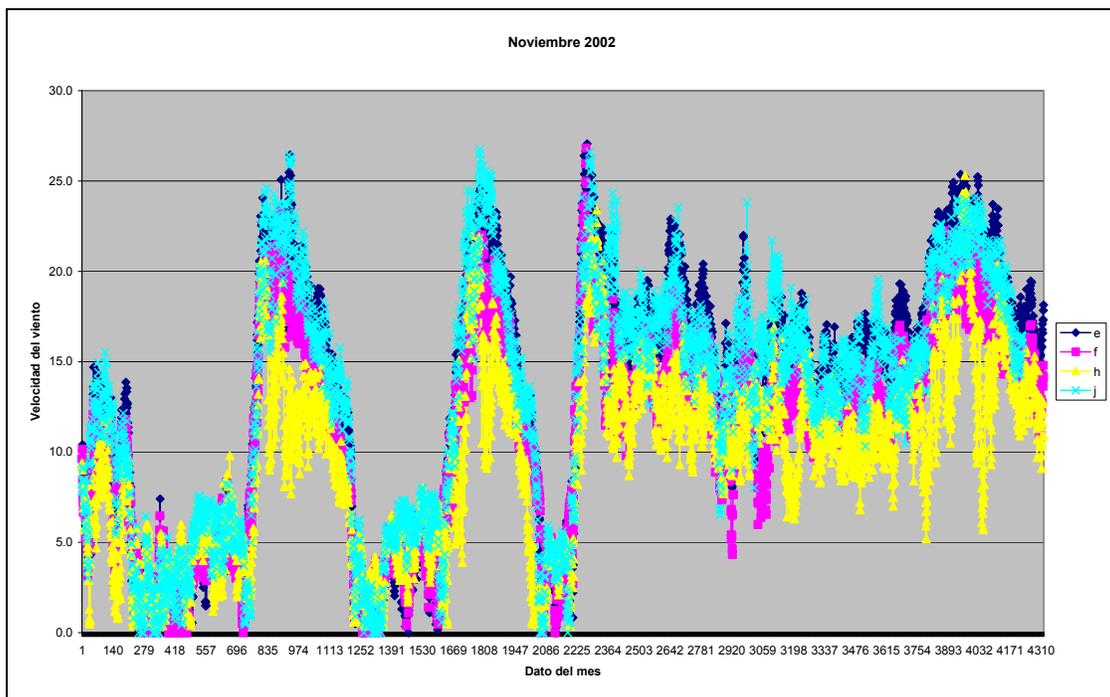


Ilustración 8.1 Correlación de la velocidad del viento en varias estaciones Anemométricas del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec

Asimismo, la información anemométrica recabada por el IIE en las inmediaciones de La Venta, se ha seguido publicando en el sitio Web de la Gerencia de Energías No Convencionales del IIE. Del procesamiento de esta información se han obtenido resultados interesantes con respecto a la distribución **especial** de la velocidad del viento en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. La ilustración 8.2 muestra dicha distribución especial que implica que los aerogeneradores para la región más ventosa del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec deben ser sujetos de consideraciones especiales de acuerdo con lo que especifica la norma internacional *IEC 61400-11 Wind Turbine Generator Systems Part 1: Safety requirements*. De manera resumida esto se desprende de lo siguiente:

- La velocidad promedio anual para la clasificación de aerogeneradores estándar más robustos (Clase I) es de 10 m/s a la altura del centro del rotor del aerogenerador. Las velocidades de viento promedio anuales en las inmediaciones de La Venta, exceden 10 m/s a 50 metros de altura sobre el terreno.
- Los parámetros de diseño para aerogeneradores estándar Clase I, están basados en la función de distribución de probabilidad de Rayleigh (caso especial para la de la función de distribución de probabilidad de Weibull cuando el factor de forma k es igual que 2). Asimismo, el modelo estocástico de turbulencia que se usa para el cálculo de cargas de diseño de aerogeneradores de clases estándar, está basado en la función de densidad de probabilidad de Rayleigh. La distribución de la velocidad del viento en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec es una distribución bimodal que implica mayor frecuencia de altas velocidades de viento, respecto a la distribución de Rayleigh.

La norma IEC 61400-11 dice: la distribución de la velocidad del viento en el sitio es significativa para el diseño de los aerogeneradores porque determina la frecuencia de ocurrencia de las condiciones individuales de carga.

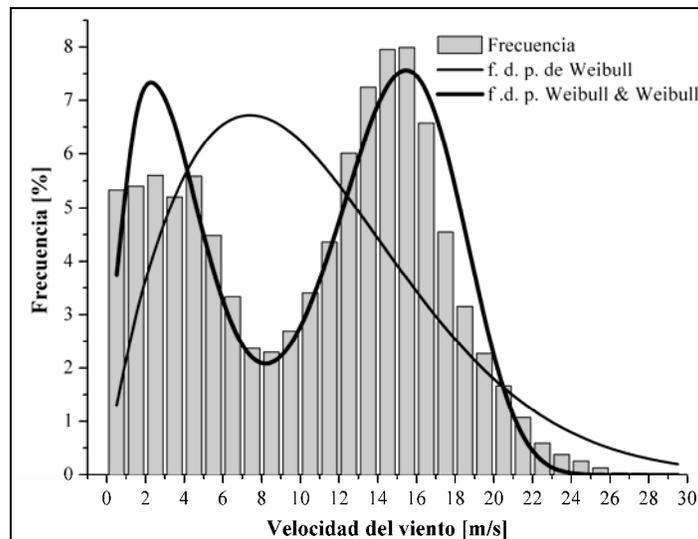


Ilustración 8.2. Distribución de la velocidad de viento en La Venta

En el Anexo II de este documento se proporciona mayor información sobre la evaluación del recurso eólico en La Venta.

Capítulo 9

Actividades principales y planes para el año 2004

*El futuro está oculto detrás de los hombres que lo hacen.
Anatole France*

9.1 Introducción

A principios de agosto de 2004 aún no se había comenzado a construir alguno de los proyectos eoloeléctricos planteados para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. La permanencia de barreras para la realización de dichos proyectos se hacía cada vez más evidente. Algunas situaciones adversas se dejaron ver con mayor claridad; por ejemplo, un desarrollador de proyectos manifestó que al Modelo de Convenio de Interconexión para Fuente de Energía Renovable no se le estaba dando la *interpretación adecuada* respecto al tema de capacidad de respaldo y que prácticamente esa situación estaba inhibiendo los proyectos. La Comisión Reguladora de Energía contrató al Instituto de Investigaciones Eléctricas para desarrollar un estudio de *Aportación Horaria de la Generación Eoloeléctrica en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec*, con objeto de generar indicadores que muestren que la generación eoloeléctrica en dicha región contribuye a la capacidad del Sistema Eléctrico tanto a nivel local como nacional. Los resultados de dicho estudio se entregaron a la CRE a finales de julio de 2004. De acuerdo con las conclusiones de los autores del estudio, los métodos y resultados proporcionan elementos suficientes para concluir que la generación eoloeléctrica en las inmediaciones de La Venta sí contribuye en cierta medida a la capacidad del sistema eléctrico interconectado. Los resultados se presentaron en forma de sensibilidad a parámetros clave y, por consiguiente, la magnitud de la contribución mencionada depende de los criterios que se apliquen. El estudio será puesto a disposición pública en el sitio Web de la CRE.

9.2 Plan de Acción Eólico

En enero de 2004 inició el proyecto *Plan de acción para eliminar barreras para el desarrollo de la generación eoloeléctrica en México*, auspiciado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El *Plan de Acción Eólico* estima que aprovechando el principal recurso eólico de México se puede llevar a cabo una primera etapa del desarrollo eoloeléctrico del país, mediante la instalación de cerca de 2,000 MW eoloeléctricos en

diferentes áreas del territorio nacional. De acuerdo con los hechos en el ámbito internacional, se estima que la instalación de 2,000 MW eoloeléctricos en México podría tomar de 6 a 10 años, condicionada a la eliminación de las principales barreras y en función de la efectividad de los elementos de estrategia que se instauren para dicho fin. El *Plan de Acción Eólico* abordará objetivos específicos para eliminar las barreras principales e impulsará varios efectos multiplicadores que ya están en gestación. Para ello, el proyecto se realizará en dos etapas de acuerdo con lo siguiente:

La primera etapa, durante 2004 y 2005, se orientará al logro de las siguientes metas:

- Construcción y puesta en operación de la infraestructura básica de un Centro Regional de Tecnología Eólica.
- Análisis detallado y formulación de propuestas de adecuación a los marcos legal, regulador e institucional que influyen en el desarrollo de la generación eoloeléctrica en México. Discusión colegiada de propuestas y encauzamiento de aquellas con mayor viabilidad de implementación.
- Formación de recursos humanos especializados en los diferentes tópicos de la generación eoloeléctrica.
- Formulación y promoción de estudios estratégicos orientados a facilitar el desarrollo de proyectos eoloeléctricos.
- Evaluación del recurso eólico en las áreas más prometedoras del país, mediante la instalación de estaciones anemométricas de referencia.
- Formulación y realización de estudios completos de factibilidad de tres proyectos eoloeléctricos con capacidad de 15 a 20 MW, para demostración y evaluación de negocios.

Con base en los resultados de la primera etapa del proyecto, la segunda etapa, a realizarse durante 2006, 2007 y 2008, se orientará al logro de las siguientes metas:

- Construcción y seguimiento detallado, de tres proyectos eoloeléctricos, con capacidad de 15 a 20 MW, para demostración y evaluación de negocios.
- Seguimiento de la implementación y efectividad de propuestas de adecuación de los marcos legal, regulador, e institucional que influyen en el desarrollo de la generación eoloeléctrica en México.
- Consolidación y operación del Centro Regional de Tecnología Eólica.
- Identificación, promoción y evaluación de esquemas de financiamiento que faciliten el desarrollo de proyectos eoloeléctricos.
- Realización de nuevos estudios estratégicos orientados a facilitar la formulación, gestión y desarrollo de proyectos eoloeléctricos comerciales.
- Facilitación del proceso de mejora continua de la tecnología eoloeléctrica y facilitación del proceso de desarrollo de aerogeneradores de *siguiente generación*, con énfasis en su adecuación a algunas características especiales del ámbito nacional.
- Promoción de la reproducción de proyectos eoloeléctricos modelo, incluyendo la generación y difusión de mejores prácticas para formulación, diseño, evaluación, gestión, construcción y operación.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas fue designado por la Secretaría de Energía como Agencia Ejecutora del proyecto. El apoyo económico de GEF para la primer etapa del proyecto es de 4.7 millones de dólares de los cuales más del 50% se canalizará para construir la infraestructura básica del Centro Regional de Tecnología Eólica (obra eléctrica, obra civil e instalación de un primer aerogenerador). Durante la segunda etapa del proyecto, GEF aportará 7.2 millones de dólares, de los cuales, 6 millones estarán destinados a apoyar la operación de tres proyectos eoloeléctricos comerciales de 15 a 20 MW. La principal contribución nacional para realizar el proyecto está a cargo del IIE y consiste en: la dirección y supervisión técnica del proyecto; la realización de diseños, especificaciones y estudios de diversa índole que incluyen los de evaluación del recurso eólico en áreas prometedoras y los de estudios de factibilidad de tres proyectos para demostración de negocios; la organización de eventos de capacitación y formación de recurso humanos especializados, entre muchas otras actividades.

PNUD apoya al proyecto mediante monitoreo y evaluación, acceso a asesoría técnica y estratégica, vinculando a los actores y las instituciones involucradas en México y en otros países con el fin de compartir mejores prácticas y buscar sinergias. Los recursos económicos aprobados por el GEF están siendo administrados por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, de acuerdo con procedimientos establecidos para la ejecución de proyectos nacionales.

El *Plan de Acción Eólico*, se llevará a cabo en un ambiente de colaboración y vinculación con varias instituciones del sector público y con empresas privadas. Es decir, se promoverá la realización de efectos multiplicadores que amplíen el alcance y efectividad del proyecto. Para ello, en el sector público se contemplan acciones de colaboración o vinculación con la Secretaría de Energía, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Federal de Electricidad, Comisión Reguladora de Energía, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Gobierno del Estado de Oaxaca y otros gobiernos estatales o municipales. Asimismo, para llevar a cabo el desarrollo de capacidades y la formación de recursos humanos especializados se anticipa la vinculación con instituciones de educación superior y con otros centros de investigación y desarrollo tecnológico. De manera similar, el *Plan de Acción Eólico* creará sinergia con actividades de varias empresas privadas interesadas en invertir en proyectos de generación eoloeléctrica.

Cabe mencionar que el proyecto del *Plan de Acción Eólico* contará con asesoría internacional tanto en materia de desarrollo técnico como en materia de monitoreo y evaluación del proyecto. El tema de análisis y propuestas de mejora a los marcos legal, regulador, e institucional que influyen en el desarrollo de la generación eoloeléctrica en México será realizado exclusivamente por asesores nacionales, coordinados por un grupo multi-institucional, que tomarán en cuenta la experiencia en otros países. Para ello se contratará asesoría de personas morales que cuenten con amplia experiencia y prestigio.

Se ha instaurado un Comité de Coordinación del Proyecto para asegurar la coordinación institucional, dicho comité está integrado por funcionarios de Sener, Semarnat, CFE, CRE, Conae, Gobierno del Estado de Oaxaca, e IIE. Asimismo, se integró un Comité Operativo y se están integrando Subcomités para abocarse a temas específicos. Para conformar la

interfase administrativa entre PNUD y el IIE se instauró una Unidad de Coordinación del Proyecto.

De acuerdo con los hechos relatados en este documento y con la situación actual, se puede decir que el proyecto *Plan de Acción para eliminar barreras para el desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en México*, será un elemento que contribuya a un Plan Eoloeléctrico de mayor envergadura que está emprendiendo el Gobierno de México con el fin de establecer las bases para que en el mediano plazo, la generación eoloeléctrica pueda jugar un papel significativo en materia de diversificación energética para el desarrollo sustentable.

9.3 Anteproyecto de Ley del Gobierno del Estado de Oaxaca.

El Gobierno del Estado de Oaxaca, a través de la Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial (SEDIC), desarrolló un *Anteproyecto de la Ley que Regula las Autorizaciones que podrán expedirse para la Construcción o Modificación en el Estado de Oaxaca de una Central Eólica Interconectada al Sistema Eléctrico Nacional*.

Fundamentalmente, este anteproyecto de Ley tiene por objeto *establecer el procedimiento de autorización para la expedición de construcción o modificación de una central eólica, así como fijar las condiciones técnicas, socioeconómicas y medios ambientales que como mínimo deban registrarse en la jurisdicción del municipio cuyo ayuntamiento desee expedir tal licencia*.

Principalmente el anteproyecto de Ley se enfoca a:

- Evitar especulación respecto a reservas arrendatarias para la posible construcción de centrales eoloeléctricas. Para ello limita los contratos a 3 años con opción a prórroga de tres años adicionales.
- Evitar conflictos en materia de los perjuicios que la construcción de una central eoloeléctrica pudiera ocasionar a posibles afectados.
- Establecer los procedimientos e instrumentos para expedir una licencia que permita la construcción o modificación de una central eoloeléctrica.
- Facultar a la SEDIC en calidad de Órgano Técnico Consultor de los Ayuntamientos en materia de licencias para centrales eoloeléctricas.
- Facultar a los Ayuntamientos para expedir licencias para construcción de centrales eoloeléctricas.
- Crear un Consejo de Planeación del Corredor Eólico del Istmo.

- Establecer los pagos por derechos e impuestos que se deriven de la licencia de construcción y de la operación de centrales eoloeléctricas.
- Establecer los procedimientos para resolver controversias.

A solicitud expresa del Gobierno del Estado de Oaxaca, en el Anexo III de este documento se presenta el borrador de dicho anteproyecto de Ley.

9.4 Consideraciones iniciales para la línea eléctrica de evacuación por parte del Gobierno del Estado de Oaxaca.

El Gobierno del Estado de Oaxaca emprendió un estudio preliminar para el proyecto de una línea de transmisión de energía eléctrica, con el propósito de que el sistema eléctrico cuente con capacidad para evacuar la electricidad que podrían generar 2,000 MW eoloeléctricos en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

El estudio fue realizado por los ingenieros Arturo Mendoza Ceballos, Margot Toledo López y Fernando Mimiaga Morales. Por solicitud expresa del Gobierno del Estado de Oaxaca, en el Anexo IV de este documento se incluye, sin revisión y modificaciones, la memoria de cálculo de dicha línea.

Cabe mencionar que en las conclusiones de la memoria de cálculo se mencionan signatarios de una *Comunidad de Bienes*. Ésto corresponde a un concepto que ha venido proponiendo el ingeniero Jorge Mexías, Director General de Preneal¹ (empresa española) para construir la línea de evacuación de la generación eoloeléctrica en el Corredor Eólico del Istmo.

De acuerdo con un documento proporcionado por el Gobierno del Estado de Oaxaca, el concepto básico de la Comunidad de Bienes es el siguiente (transcrito textualmente):

- *La Comunidad de Bienes es una asociación en participación constituida por Sociedades de Autoabastecimiento, cuyos planes de capacidad a instalar suman 2,000 MW, para construir ponderadamente la infraestructura de transmisión y transformación durante el primer año legal de existencia; donándola a la CFE al inicio del segundo año legal afín: el primer año de operaciones financieras, mas no físicas; la interconexión física puede darse desde el segundo hasta el séptimo año legal de existencia: el 2010, plazo para cumplir con los compromisos del Gobierno Federal contraídos en Johannesburgo.*
- *La Comunidad de Bienes se finiquita al consumarse la interconexión de los 2000 MW, además sufraga la amortización financiera de la interconexión de sus signatarios, obligándolos ponderadamente para ello; la amortización financiera de cada una de las centrales eólicas es responsabilidad del signatario correspondiente.*

¹ Empresa española desarrolladora de proyectos eoloeléctricos

- *La Comunidad de Bienes legitima la interconexión exclusiva de todos sus signatarios donantes a la ampliación en las líneas y las subestaciones, mediante previo convenio legal con la CRE y técnico con la CFE, a través del CENACE.*
- *El horizonte de deuda para la interconexión no debe rebasar el año 2010, con el fin de garantizar el cumplimiento de las obligaciones financieras contraídas por la Comunidad de Bienes antes de su disolución corporativa; esto además previene la distracción de la infraestructura nueva hacia cualquier permisionario ajeno a los convenios en cuestión.*
- *La contraprestación por servicios de transmisión de energía eléctrica a establecerse por la CFE para el tramo Juchitán II – El Juile, sólo debe incluir los conceptos de operación y mantenimiento, mas no los de amortización de capital.*

Ésta podría ser una idea interesante en el caso de que cumpliera con los requisitos de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en Materia de Aportaciones.

9.5 Principales expectativas para el 2004

- Se espera que la Comisión Federal de Electricidad licite la Central Eoloeléctrica de La Venta II en agosto de 2004 y que dicha central entre en operación a mediados del 2006.
- A finales de 2004 se espera contar con el análisis del marco legal, regulador e institucional que influye en el desarrollo de la generación eoloeléctrica en México.
- A finales de 2004 se espera iniciar las primeras obras para la construcción del Centro Regional de Tecnología Eólica.
- Se espera que en el tercer cuarto de 2004 el Presidente del Fondo para el Medio Ambiente Mundial endose el proyecto de *Energía Renovable en Gran Escala*.

9.6 Colofón

Se ha hecho evidente que las barreras que limitan el desarrollo eoloeléctrico en México están arraigadas y que para eliminarlas es necesario llegar al fondo de las mismas. Durante los últimos cuatro años ha quedado claro que para eliminar dichas barreras es necesario realizar un esfuerzo coordinado, objetivo y sostenido.

Ha quedado claro que los esfuerzos individuales y aislados no han sido efectivos y que en realidad, los pocos logros son el resultado de la sinergia creada entre todos los promotores del desarrollo eoloeléctrico (o en general de los promotores del desarrollo sustentable).

El entusiasmo es importante; sin embargo, no es suficiente. Lo que en realidad se requiere es la formulación, concertación y gestión de planes, programas y acciones diseñados de

acuerdo con las necesidades y oportunidades del país. Por supuesto, atendiendo a situaciones y perspectivas realistas.

Han pasado cerca de 10 años desde que la CFE instaló la primera central eoloeléctrica en La Venta. A pesar de que los resultados de desempeño de la primera central eoloeléctrica en México han sido notables, pasó mucho tiempo para que se autorizara licitar la ampliación sustantiva de la central de La Venta. Asimismo, han pasado cerca de 12 años desde que se modificó la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica permitiendo la participación de los particulares en el autoabastecimiento, pequeña producción y producción independiente. Además, han pasado cerca de tres años desde que se emitió el Modelo del Convenio de Interconexión para Fuente de Energía Renovable. Algunos desarrolladores de proyectos eoloeléctricos tienen cerca de 10 años tratando de encontrar las condiciones adecuadas que les permitan materializar sus proyectos. A la fecha, ningún proyecto se ha logrado. Mientras tanto, otros países en vías de desarrollo han avanzado con mayor rapidez (v.g., India, Costa Rica, Brasil y Colombia, entre otros).

Encontrar la manera de impulsar el desarrollo eoloeléctrico en México en escala significativa no sólo es aprovechar la oportunidad de contribuir al abasto de energía en el contexto de la diversificación energética para el desarrollo sustentable, sino también es aprovechar un nicho de oportunidad para crear nuevos empleos, reactivar ciertas áreas del sector productivo e impulsar el desarrollo regional sustentable.

Hoy en día, no debemos preocuparnos en discutir si el país tiene un potencial eoloeléctrico de 2,000, 5,000, 30,000 o más MW; más bien debemos ocuparnos en lograr que se instalen los primeros cientos de MW eoloeléctricos en los diferentes nichos de oportunidad. El logro de ello traerá como consecuencia el desarrollo eoloeléctrico progresivo.

Los apoyos externos son difíciles de conseguir, su proceso de gestión es lento y su monto es muy limitado. Por ello, es indispensable formular e instaurar los elementos de apoyo interno, en la inteligencia de que serán inversiones productivas para el bien de la Nación.

Sin lugar a duda, la construcción de la central eoloeléctrica La Venta II de CFE será un factor que influya positivamente en la aceptación de la tecnología eoloeléctrica. Si bien es cierto que la La Venta II promete ser la central eoloeléctrica más grande y más productiva en Latinoamérica, también lo es que lo importante será lograr que después de su construcción no pasen varios años para que se vuelva a construir otra central eoloeléctrica en México.

Las Leyes y sus Reglamentos son instrumentos que tienen por objeto lograr el desarrollo cabal e íntegro de una Nación; por consiguiente, es conveniente que éstas se vayan adecuando para aprovechar (de manera oportuna) las nuevas oportunidades que pueden satisfacer necesidades presentes y previstas, sin menoscabo de las condiciones favorables ya existentes.

Por otra parte, es evidente la necesidad de profundizar sobre el tema de construcción de la línea eléctrica para la posible evacuación de la generación eólica que se podría producir en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

Así, hoy tenemos la oportunidad y la responsabilidad de emprender acciones y tomar decisiones que abran nuevas oportunidades a las próximas generaciones. La diversificación y la innovación son elementos fundamentales para el progreso. Contamos con un recurso energético eterno que ya está siendo aprovechado en otros países; tarde o temprano los recursos energéticos convencionales escasearán y subirán de precio de manera gradual, o tal vez abrupta. Comenzar a abrir la mente a los posibles escenarios energéticos del futuro, facilitará la aceptación de nuevas ideas y el cambio de viejos paradigmas.

Finalmente, cabe enfatizar lo mencionado por el ingeniero Roberto Cadenas de la CFE con respecto a que las tecnologías convencionales y las no convencionales para generación de electricidad no son adversarias sino que son complementarias. Ésta es una verdad indiscutible que reafirma la necesidad de abrir las puertas al complemento que ahora está faltando.

9.7 Eventos más recientes

- **CFE licita la central eoloeléctrica La Venta II.**

En agosto de 2004, CFE emitió la esperada licitación para la construcción de una **Central Eoloeléctrica de 100 MW** en La Venta, Oaxaca. De acuerdo con información de CFE:

El Objetivo de la Licitación es la adjudicación de un Contrato de Obra Pública Financiada (OPF) a Precio Alzado para desarrollar el diseño, la ingeniería, la procura, la construcción, el suministro de equipos y materiales, todas las pruebas, fletes, seguros, aranceles, impuestos, manejo aduanal y capacitación para el proyecto.

El proyecto de la Central Eoloeléctrica LA VENTA II consistirá en la instalación de un número de aerogeneradores cuya capacidad individual debe ser tal que integre 101.4 MW \pm 2% de capacidad nominal.

El proyecto se ubica al norte del Ejido La Venta, en el Municipio de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca. El punto eléctrico de interconexión con el Sistema Eléctrico Nacional estará localizado en la Subestación existente de 230 kV denominada "Juchitán II", localizada aproximadamente a 16 km de la Central.

El licitante deberá garantizar que por lo menos 12% del costo total del proyecto, será de origen mexicano. El plazo de ejecución de la obra será de 500 días.

De acuerdo con la información más reciente, las propuestas se recibirán el 25 de enero de 2005 (inicialmente se solicitaron para el 4 de enero, pero se dio una prórroga por solicitud de un número de compañías interesadas). El fallo del concurso se dará el 21 de febrero para iniciar obras el 19 de marzo. La fecha de terminación será el 31 de julio del 2006.

La central eoloeléctrica La Venta II se perfila para ser la central más grande en Latinoamérica en el momento de su puesta en operación. Se espera que la central opere con factores de planta de los mejores en el mundo, debido al excelente recurso eólico en el área de emplazamiento.

Es indudable que la construcción de la Central Eoloeléctrica La Venta II constituirá una muestra fehaciente de la voluntad del Gobierno de México para incursionar en el desarrollo sustentable del sector eléctrico en el contexto de la diversificación energética y aprovechamiento de energías renovables.

La Central Eoloeléctrica La Venta II generará electricidad, pero más allá de eso, generará empleos, conocimientos y capacidades, que podrían ser el punto de partida de un amplio impulso al desarrollo regional basado en el desarrollo eoloeléctrico.

- **Depreciación acelerada para inversiones en generación eoloeléctrica**

El 1° de diciembre de 2004, se publicó en el Diario Oficial un decreto que adiciona la Sección XII del Artículo 40 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta, en el que se establece que se puede deducir:

100% para maquinaria y equipo para la generación proveniente de fuentes renovables.

Y que para ese efecto, son fuentes renovables aquéllas que por su naturaleza o mediante un aprovechamiento adecuado se consideran inagotables, tales como la energía solar en todas sus formas; la energía eólica; la energía hidráulica tanto cinética como potencial, de cualquier cuerpo de agua natural o artificial; la energía de los océanos en sus distintas formas, la energía geotérmica, y la energía proveniente de la biomasa o de los residuos. Asimismo, se considera generación la conversión sucesiva de la energía de las fuentes renovables en otras formas de energía.

Lo dispuesto en esta fracción será aplicable siempre que la maquinaria y equipo se encuentren en operación o funcionamiento durante un período mínimo de 5 años inmediatos siguientes al ejercicio en que se efectúe la deducción, salvo en los casos a que se refiere el artículo 43 de esta Ley. Los contribuyentes que incumplan con el plazo mínimo establecido en este párrafo, deberán cubrir, en su caso, el impuesto correspondiente por la diferencia que resulte entre el monto deducido conforme a esta fracción y el monto que se debió deducir en cada ejercicio en los términos de este artículo o del artículo 41 de esta Ley, de no haberse aplicado la deducción del 100%. Para estos efectos el contribuyente deberá presentar declaraciones complementarias para cada uno de los ejercicios correspondientes, a más tardar dentro del mes siguiente a aquél en el que se incumpla con el plazo establecido en esta fracción, debiendo cubrir los recargos y la actualización correspondiente, desde la fecha en la que se efectuó la deducción y hasta el último día en que operó o funcionó la maquinaria y equipo.

- **Instauración de la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE)**

El 11 de enero de 2005 se firmó el Acta Constitutiva de la Asociación Mexicana de Energía Eólica A.C. (AMDEE) que, por inicio, integra a varios de los desarrolladores de proyectos eoloeléctricos. El Lic. Fernando Elizondo Barragán, Secretario de Energía firmó el Acta Constitutiva como Testigo de Honor.

En su mensaje, el Secretario de Energía resaltó la conjunción de esfuerzos y decisiones de los sectores público y privado, encaminados al desarrollo de las energías limpias, como se establece en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa Sectorial de Energía.

El Presidente de la AMDEE, Ing. Carlos Gottfried Joy, manifestó que la AMDEE se dedicará a conocer y mejorar los mecanismos que permitan el desarrollo integral de la industria de la energía eólica, así como al estudio de los sitios ventosos del territorio mexicano, permitiendo agilizar el aprovechamiento de tecnologías de vanguardia a nivel mundial. Agregó que la Asociación fomentará el desarrollo socio-económico de las regiones donde se lleven a cabo los proyectos eoloeléctricos e impulsará la industria nacional de fabricación de bienes de capital, comerciales, de construcción y de servicios. Señaló que la AMDEE coadyuvará con el cumplimiento de los compromisos contraídos por México al firmar el Protocolo de Kyoto en cuanto a la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera, así como para el cuidado y ahorro de nuestras reservas de hidrocarburos.

El acto, que se llevó a cabo en el edificio sede de la Secretaría de Energía, contó con la presencia de los Subsecretarios de Electricidad, José Acevedo Monroy, y de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico, Carlos Garza Ibarra, así como del Presidente de la Comisión Reguladora de Energía, Dionisio Pérez-Jácome Friscione; el Director General de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Carlos Domínguez Ahedo; el Director General de la Comisión Federal de Electricidad, Alfredo Elías Ayub, y el Presidente de la Comisión de Energía de la H. Cámara de Diputados, Francisco Xavier Salazar Diez, entre muchos otros funcionarios, empresarios, académicos y conocidos promotores del desarrollo eoloeléctrico en México que también firmaron el Acta Constitutiva de la AMDEE en calidad de Testigos de Honor.

Los socios fundadores de la AMDEE son: Paul Hendric Chávez (AEOLUS), Jesús David Horta Méndez (CABLEADOS INDUSTRIALES), Eduardo Zenteno Garza Galindo (EDF ENERGIES NOUVELLES), José Enrique Morales Sahún (ENDESA), Oscar Alberto Galindo Ríos (EOLIATEC), Carlos Federico Gottfried Joy (FUERZA EÓLICA-CLIPPER WINDPOWER), Eduardo García Molina (GAMESA ENERGÍA), Marco Antonio Vera (GENERAL ELECTRIC), Agustín Romedal (IBERDROLA), Fernando Castelblanco (PRENEAL MÉXICO), Alejandro Hernández-Sampelado López (PSI-IBERDROLA), Ricardo Díaz Oropeza (SER), Oscar Reynaldo Balestro (VESTAS).

Sin lugar a duda, la integración de una Asociación Mexicana de Energía Eólica es un indicador de madurez en el ámbito empresarial, en la inteligencia de que la conjunción de esfuerzos creará sinergia para impulsar el desarrollo eoloeléctrico en México y contribuirá a superar muchas de las barreras que lo han venido postergando.

- **Desarrollo Eoloeléctrico para Oaxaca: Proyecto Estratégico**

El 24 de diciembre de 2004, Ulises Ruiz Ortiz, Gobernador Constitucional del Estado de Oaxaca, manifestó que el Proyecto Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec está considerado como uno de los principales del Plan Estatal de Desarrollo.

Al evento asistieron autoridades municipales, agrarias, desarrolladores de proyectos eoloeléctricos, ejidatarios y pequeños propietarios, entre otros. El Gobernador de Oaxaca, subrayó que su administración brindará todas las facilidades para dicho fin. Manifestó que las inversiones son bienvenidas y que se buscará que la derrama económica beneficie a los istmeños. El funcionario expresó su simpatía y voluntad política para impulsar el proyecto eoloeléctrico que generará inversiones, empleos y desarrollo social.

- **Información anemométrica pública en áreas eólicas del País.**

Como parte de las actividades del proyecto “Plan de Acción para Eliminar Barreras para el Desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en México”, se instalaron 7 estaciones anemométricas de referencia a 40 metros de altura, para evaluar el recurso eólico en áreas prometedoras del País. Las nuevas estaciones están instaladas en Veracruz (2), Puebla (1), Mérida (1), Zacatecas (1) y Chihuahua (2). Dichas estaciones se suman a otras dos previamente instaladas en Oaxaca e Hidalgo que miden el viento a 30 metros de altura. En enero de 2005 se instalarán dos estaciones más en Tamaulipas y durante los primeros cuatro meses de 2005 se instalarán 4 estaciones más en sitios que se darán a conocer posteriormente. Así, el “Plan de Acción Eólico” aportará 15 estaciones anemométricas cuya información está siendo puesta a disposición del público en general a través del portal Web del proyecto (<http://web2.iie.org.mx/pnud/iiepnud.htm>). El “Plan de Acción Eólico” es apoyado económicamente por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). La Agencia Ejecutora del proyecto es el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

Referencias

ADIE, (2002). Asociación Danesa de la Industria Eólica.
<<http://www.windpower.org/>>

AWEA, (2000). American Wind Energy Association, Global Wind Energy Market Report (Wind Energy Growth Was Steady in 2000, Outlook For 2001), <<http://www.awea.org/>>

AWEA, (2001). American Wind Energy Association, Global Wind Energy Market Report (Wind Energy Turns in Strong Performance in 2001), < <http://www.awea.org/>>

Ávalos Carranza, R; Presentación en el 1er Coloquio Internacional sobre Oportunidades para el Desarrollo Eoloeléctrico de La Ventosa, Oaxaca, México”. Oaxaca de Juárez, Oax. México. Octubre de 2000.

Borja M. A., González R., Mejía F., Huacuz J. M., Medrano M. C. y Saldaña R. (1999). Seguimiento de la Tecnología de Centrales Eoloeléctricas. Documento Interno de la Gerencia de Energías No Convencionales del Instituto de Investigaciones Eléctricas, Informe IIE/01/14/10819/I003/F/. Diciembre de 1999, México.

Borja M.A., Huacuz, Jaramillo O. A. y Morales M. F., (2003). Plataforma Nacional para la Evaluación y Asimilación de la Tecnología Eoloeléctrica. Documento Interno de la Gerencia de Energías No Convencionales del Instituto de Investigaciones Eléctricas, Informe IIE/01/14/11777/I015/P. Mayo de 2003, México.

Borja Díaz, R.E., *et al* (1987). *Anteproyecto de una Central Eoloeléctrica en el Sur del Istmo de Tehuantepec (30 MW)*, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Informe IIE/10/14/2066/13/P/I. México.

Borja Díaz, M.A. y R.E. Borja Díaz. (1988). *A comparison of the wind energy availability between La Ventosa Mexico and Altamont Pass USA*, American Windpower Association, Windpower '88 Proceedings. Honolulu, Hawaii, USA.

Borja Díaz, M.A. (1983). *Diseño de un Anemómetro de Bajo Costo*. La Revista Solar. Asociación Nacional de Energía Solar. Número 4., Página 123-127. México.

Borja Díaz, M.A. (1984). *Integración e Instalación de cinco Unidades Anemométricas Básicas y una Estación Meteorológica para el Proyecto La Ventosa*. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Informe IIE/FE/14/1874/I01/P/1. México

Borja Díaz, M.A. y Parkman Cuéllar, P.A (1986). *El ANEMODATA-1-IIE, Sistema Automático para la Adquisición de Datos de Viento*. X Reunión Nacional de Energía Solar. Asociación Nacional de Energía Solar. Guanajuato, Gto. México.

Borja Díaz, M.A. *et al*. (1997). Estudio de Prefactibilidad para un proyecto de Energía Eólica de 150 MW en La Ventosa, Oaxaca, México. Instituto de Investigaciones Eléctricas. IIE/01/14/10741/I002/F. México.

Borja Díaz, M.A., *et al.* (1998). *Energía Eólica: centrales eoloeléctricas*. Instituto de Investigaciones Eléctricas. ISBN 968-6114-14-9. México.

Borja Díaz, M.A. *et al.* (1998). Estado del Arte y Tendencias de la Tecnología Eoloeléctrica. Editado por la Universidad Nacional Autónoma de México / Programa Universitario de Energía en colaboración con el Instituto de Investigaciones Eléctricas. ISBN 968-36-7433-X. México.

Borja Díaz, M.A. *et al.* (1999). Sistema para estudios de prefactibilidad técnico-económica de proyectos de centrales eoloeléctricas (EOLO). Instituto de Investigaciones Eléctricas. Informe IIE/01/14/10819/I003/A2/F/V1. México.

BTM Consult ApS (2001). International Wind Energy Development.
<http://www.btm.dk/>

Caldera E., Puga J. N., Huerta I., Saldaña R. y Borja M. A. (1980). Boletín IIE Instituto de Investigaciones Eléctricas, Agosto/Septiembre de 1980, Vol. 4, Num. 8/9. México

Caldera Muñoz, E. *et al.* (1980). *Estudio preliminar y potencial de La Ventosa, Oax., para el aprovechamiento de la energía eólica*, Boletín IIE, Vol. 4, Núm. 8/9, pp. 46-57. México.

Caldera Muñoz, E. y R. Saldaña Flores. (1986). *Evaluación Preliminar del Potencial de Generación Eléctrica en la Zona de La Ventosa, Oaxaca*, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Informe Técnico FE/01/14/2063/I-01/P.

Caldera Muñoz, E. *et al.* (1992). *Análisis preliminar del Viento en La Mata, Santo Domingo y Rancho Salinas en el estado de Oaxaca*, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Informe IIE/10/14/3006/I05/F.

CESPEDES (2000). Economía, Instituciones y Cambio Climático. Contexto y Bases para una Estrategia Mexicana. Centro del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable. México.

CRE (1998). Página Web de la Comisión Reguladora de Energía.

CONAE, (2003), Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.
<<<http://www.conae.gob.mx/>>>

DPSE, (1996). Documento de Prospectiva del Sector Eléctrico (1996-2005), Secretaría de Energía, México.

D.A.L.V. (2003), Datos Anemométricos La Venta, <<<http://genc.iie.org.mx/genc/>>>

EWEA (2002), European Wind Energy Association, Wind Force 12, a Blue Print to Achieve 12% of the World's Electricity From Wind Power by 2020
<http://www.ewea.org/>

Hiriart Le Bert, G. (1996). *Viento y otras Fuentes Alternas*, Comisión Federal de Electricidad. Revista Conexión, año 2, núm. 10.

Hiriart Le Bert, G. (2000). Presentación en el Primer Coloquio Internacional sobre Oportunidades para el Desarrollo Eoloeléctrico de La Ventosa, Oaxaca; Gobierno del Estado de Oaxaca, México.

IEA (1997). Wind Energy Annual Report 1997, Implementing Agreement for Co-operation in the Research and Development of Wind Turbine Systems, International Energy Agency, <<http://www.iea.org>>

IEA (2001). Wind Energy Annual Report 2001, Implementing Agreement for Co-operation in the Research and Development of Wind Turbine Systems, International Energy Agency, <<http://www.iea.org>>

IEC (2002). International Electrotechnical Commission <<http://www.iec.ch/>>

IIE, (1980). Instituto de Investigaciones Eléctricas, "El aprovechamiento de la energía eólica y el IIE", Boletín del IIE, agosto-septiembre de 1980, vol. 4, núm. 8/9, México, 1980.

INE (2000). Estrategia Nacional de Acción Climática. Comité Intersecretarial para el Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología. México.

Mota Palomino, *et al* (2001). *Wind and Hydro Power Plants as a Hybrid System*. Windpower 2001. USA.

Saldaña Flores, R., M. Borja Díaz y E. Caldera Muñoz (1981). *Metodología para la evaluación de Parámetros de Comportamiento del Viento y Cuantificación del Potencial Eólico Disponible en sitios de interés*. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Informe Anual IIE/FE/A4/3236/5B Anexo 4.

Saldaña Flores, R. (1984). *Estudio de Localización de Sitios para la Ubicación de Estaciones Anemométricas Básicas en La Ventosa, Oaxaca*, Instituto de Investigaciones Eléctricas.

Van Wijk, Ad, (1990) *Wind energy and electricity production*, ISBN 90-9003863-9

WPM, (1998), Wind Power Montly, January 1998, 29.

WSH, (2002), Wind Service Holland <<http://home.wxs.nl/~windsh/stats.html>>

WTM, (2001). Wind Turbine Market: Types Technical Characteristics Prices, Erneuerbare Energien, H 45852, ISBN 3-9806177-6-9.

ANEXO I

Resumen y comentarios del trabajo: *Información sobre arrendamiento de tierras y potencial de generación de los empleos relacionados con el desarrollo de proyectos eoloeléctricos en México.*

Introducción

En noviembre de 2001, se llevó a cabo el *Segundo Coloquio Internacional sobre Oportunidades para el Desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en el Istmo de Tehuantepec*. Durante este evento, el ingeniero Juan José Moreno Sada, Secretario de Desarrollo Industrial y Comercial del Gobierno del Estado de Oaxaca, pidió apoyo al licenciado David Antonioli, entonces Asesor de Cambio Climático del USAID¹, para que se realizara un trabajo que respondiera a las preguntas de los propietarios de tierras respecto al desarrollo de proyectos eoloeléctricos en el Istmo de Tehuantepec.

Para dichos fines, USAID seleccionó a Winrock Internacional como contratista principal, quien a su vez subcontrató a la American Wind Energy Association (AWEA). En principio, AWEA y Winrock (el equipo principal del proyecto) analizarían las preguntas realizadas por los propietarios de las tierras y las responderían con base en información derivada de investigaciones en los Estados Unidos y en otros países. Asimismo, el equipo principal sería el responsable de redactar y editar el documento final. Winrock se apoyó en la Fundación Mexicana para el Desarrollo Rural (FMDR), el Gobierno del Estado de Oaxaca y el Instituto de Investigaciones Eléctricas para que en conjunto realizaran el trabajo de campo; es decir, hablar con los propietarios de las tierras, recopilar sus preguntas, organizarlas y enviarlas al equipo principal. Asimismo, un grupo formado por representantes de Winrock Internacional, FMDR, Gobierno del Estado de Oaxaca e IIE, serían los encargados de presentar los resultados del estudio a los propietarios de las tierras.

En abril de 2002, el *equipo de campo* procedió a realizar la recopilación de preguntas. Para ello se llevó a cabo una reunión inicial en la ciudad de Tehuantepec. A dicha reunión asistieron representantes de los ejidos, algunos pequeños propietarios y personal de la Procuraduría Agraria. Fue el ingeniero Fernando Mimiaga Sosa quien abrió la reunión en representación del Gobierno de Oaxaca. Enseguida, la ingeniera Lilia Ojinaga, de Winrock International, presentó el propósito de la misión y la forma en que se llevaría a cabo. Después, el licenciado Mauricio García de la Cadena, de la FMDR, habló del enfoque social de la misión. Por último, el ingeniero Marco Borja, del IIE, presentó la descripción técnica de las centrales eoloeléctricas. Durante esa primera reunión se recopilaron varias preguntas y se identificaron las principales inquietudes; sin embargo, de acuerdo con el plan trazado por USAID, ninguna pregunta se debería contestar durante las pláticas con los propietarios de las tierras. El representante de Winrock Internacional manifestó al auditorio

¹ United States Agency for International Development

que las preguntas serían analizadas por los expertos estadounidenses (AWEA) quienes darían respuesta en un plazo de tres meses.

En el cierre de la primera reunión, la licenciada Lilia Ojinaga invitó a los representantes ejidales a organizar reuniones similares en sus ejidos, con la participación de todos sus miembros (i.e., convocar a asambleas generales). Con base en ello, durante los siguientes días, el equipo de campo visitó siete ejidos: Asunción Ixtaltepec, Mazahua, La Mata, Santo Domingo Ingenio, La Ventosa, El Porvenir y La Venta. Durante estas reuniones se recopilaron muchas preguntas de los ejidatarios, incluyendo temas sociales, legales, ambientales, técnicos y económicos. Al igual que en la reunión principal, los expositores no dieron respuestas y en lugar de ello prometieron regresar en tres meses con las respuestas que generarían los expertos estadounidenses.

Posteriormente la Fundación Mexicana para el Desarrollo Rural, se encargó de organizar los resultados de las reuniones, generando la siguiente información básica:

- A las asambleas generales asistieron 325 ejidatarios.
- La mayor asistencia fue en los ejidos La Ventosa (90), Santo Domingo Ingenio (60), La Mata (50) y El Porvenir (45).
- Hubo menor asistencia en los ejidos La Venta (35), Mazahua (33) y Asunción Ixtaltepec (12).
- Se recopilaron 96 preguntas.
- AWEA, a través de Winrock International, indicó que de las 96 preguntas sólo podría contestar cerca del 49% y que el resto tendría que ser contestado por el Gobierno del Estado de Oaxaca.

Como ejemplo, a continuación se listan tres de las preguntas que fueron clasificadas de competencia del Gobierno del Estado de Oaxaca:

- ¿Podrían expropiarnos los terrenos después de rentarlos por 30 años o por no acceder a rentarlos?
- ¿A quién se le va a vender la energía eléctrica que se va a generar?
- ¿Cómo se hace un contrato para la instalación de una central eólica en un ejido?
- ¿Cuáles serían los beneficios que tendrían las comunidades si se instalara una central eólica en terrenos del ejido?

La lista de preguntas fue enviada a los Estados Unidos. En el calendario de actividades quedó establecido que la investigación (por parte de los estadounidenses) se haría de marzo a abril de 2002; se dijo que en mayo se presentarían resultados preliminares y en agosto se presentaría el documento final al Gobierno del Estado de Oaxaca y después a los ejidatarios y a los pequeños propietarios.

Sin embargo, el asunto se empezó a complicar para AWEA, al parecer no fue tan sencillo responder a algunas preguntas o; tal vez, no fue fácil adquirir la información de centrales eoloelectricas comerciales en los Estados Unidos. Ante dichas dificultades, Winrock International se vio en la necesidad de subcontratar a la compañía Global Energy Concepts (GEC) que se integró al equipo principal del proyecto. Así, AWEA, GEC y Winrock

Internacional, trabajaron en conjunto para preparar un primer borrador del documento de resultados del estudio. Es importante hacer notar que los estadounidenses decidieron enfocar el estudio únicamente a contestar las preguntas relacionadas con el arrendamiento de terrenos para construir y operar centrales eoloeléctricas, así como aquellas relacionadas con la generación de empleos.

La primera versión del documento revisado se obtuvo hasta mediados de octubre del 2002. A finales de octubre, pocos días antes del tercer *Coloquio Eólico* en Huatulco, se organizó una reunión en Juchitán, Oaxaca para presentar los resultados a los representantes ejidales y a los pequeños propietarios. Durante esta reunión, algunos de los representantes ejidales mencionaron que la información estaba llegando tarde porque algunos ya habían firmado convenios con desarrolladores de proyectos. Además, los representantes ejidales se negaron a que los resultados se presentaran en asambleas generales por considerar que no contenía elementos nuevos que pudieran ayudar a aclarar las dudas pendientes. Como consecuencia, el señor Porfirio Montero, Presidente de la Federación de Propietarios Rurales del Estado de Oaxaca, insistió en la instauración de una *Comisión Reguladora de Precios de Arrendamiento de Terrenos para Centrales Eólicas*.

El asunto de los resultados del estudio se discutió ampliamente en una reunión informal celebrada en el marco del tercer *Coloquio Eólico*. En dicha reunión participó personal de USAID, Winrock International, Gobierno del Estado de Oaxaca, FMDR, e IIE. Ahí se concluyó que era necesario mejorar el documento y la estrategia de presentación de resultados.

La versión final de documento se logró hasta febrero de 2003. El 4 de marzo del mismo año, el licenciado David Antonioli del USAID hizo entrega oficial del documento al Gobierno del Estado de Oaxaca. En esa ocasión, el licenciado Antonioli manifestó repetidamente que los índices presentados en el estudio respecto a los contratos de arrendamiento de terrenos eran para centrales eoloeléctricas construidas en Estados Unidos y que por lo tanto, no necesariamente eran aplicables en México ya que las circunstancias podrían variar significativamente.

Después, en una reunión celebrada en Juchitán, Oaxaca, se presentaron los resultados finales del estudio a los representantes ejidales y a los pequeños propietarios. A esa reunión asistieron entre 35 y 40 personas. A pesar de que en esta ocasión hubo mayor aceptación de los resultados, volvió a brotar el comentario de que la información estaba llegando tarde. No obstante, se dijo que algunas personas estuvieron satisfechas de contar con el documento final. También fue evidente que para esas fechas aún persistían dudas y situaciones sin resolver, al grado que el ingeniero Fernando Mimiaga Sosa aprovechó la ocasión para proponer la instauración de una *Comisión Consultiva sobre el Proyecto Eólico del Istmo*.

Cabe resaltar que en los últimos momentos de la reunión, algunos asistentes pidieron que se les recomendara un precio determinado para arrendar sus tierras para proyectos de centrales eólicas. Tanto el personal de USAID como el de Winrock Internacional manifestaron que no era posible hacerlo con base en la información disponible y que el estudio nunca estuvo enfocado a tales fines. Asimismo, cabe mencionar que al final de esta reunión el ingeniero Fernando Mimiaga Sosa pidió a USAID que se elaborara un resumen más sencillo del

documento para distribuirlo en forma de folletos o historietas a todos los ejidatarios, pequeños propietarios y otros interesados.

A continuación se presenta el resumen de la información y los indicadores principales que se proporcionaron en el documento elaborado por los estadounidenses.

Información e indicadores principales

Para abreviar, en lo sucesivo nos referiremos al documento elaborado por el equipo de trabajo estadounidense como el documento de WAG haciendo alusión a Winrock Internacional, AWEA y Global Energy Concepts.

El documento WAG comienza mencionando que el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca es un sitio con amplio potencial para desarrollar centrales eoloeléctricas. Sin embargo, señala que entre sus problemas más importantes está que los desarrolladores de proyectos eoloeléctricos tienen que negociar el uso de tierras con comunidades enteras o grupos numerosos de propietarios. Además, advierte que los líderes y los miembros de las comunidades locales no cuentan con información suficiente para negociar de manera eficaz el arrendamiento de sus tierras.

Después, presenta los beneficios que podrían tener los propietarios de las tierras por arrendar sus terrenos para la construcción y operación de centrales eoloeléctricas; entre ellos:

- Menciona la *Diversificación de Ingresos* con base en que las centrales eoloeléctricas generan electricidad sin importar el estado de uso de las tierras (es decir, independientemente de que se encuentren ociosas, barbechadas o en producción).
- Se refiere a *Mayores Ingresos* con base en que el arrendamiento de tierras puede proporcionar un ingreso adicional a los que se reciben por el uso que se les da, enfatizando que la cantidad de terreno que se afecta es muy poca.
- Señala el potencial de *Desarrollo Económico Local* con base en que la actividad de construcción, operación y mantenimiento de centrales eoloeléctricas generará empleos especializados.

El documento continúa describiendo tanto los antecedentes que dieron lugar al estudio como la metodología aplicada. Después, dice que los tipos de arrendamiento estudiados incluyeron proyectos en 12 estados de los Estados Unidos y que el muestreo incluyó arrendamientos que fueron celebrados por 15 diferentes entidades de desarrollo. Esto consistió en 20 contratos que representan 50 proyectos en los Estados Unidos y dos en países de Latinoamérica. Continúa diciendo que la mayoría de los proyectos corresponden a desarrolladores eólicos privados y también que en la mayoría se utilizan aerogeneradores mayores que 660 kW y en algunos casos mayores que 1 MW.

Enseguida, se presentan las necesidades de terreno para centrales eoloeléctricas. En este tema los autores estadounidenses intentaron hacer un análisis completo que además de terrenos planos y vientos unidireccionales incluía combinaciones de terrenos complejos y

vientos no unidireccionales. La información de esta sección resultó excesiva para los fines que se perseguían y, en cierta medida, podría confundir a lectores no familiarizados con proyectos eolieléctricos. De hecho, lo que resulta útil de dicha sección lo que menciona para terrenos planos con vientos unidireccionales (como lo es el caso del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec); dice que en ese caso, las centrales eolieléctricas se pueden construir con base en distribuciones reticulares de los aerogeneradores de 3 X 10 diámetros. Es decir, separados por una distancia igual a tres veces su diámetro en la dirección perpendicular a la dirección del viento dominante y diez veces su diámetro en la dirección paralela a la dirección del viento dominante. Con base en ese indicador, el documento WEC presenta una tabla en la que se observa que las necesidades de tierra por unidad de potencia (Ha/MW) también pueden variar en función de las características de las máquinas que se instalen. Dicha tabla se reproduce a continuación.

Tabla I-1. Requerimientos de tierra estimados para centrales eolieléctricas en terreno planos con viento unidireccional.

Potencia de turbina (kW)	1500	1300	1000	900	850	800	660
Diámetro del rotor (m)	72	60	54	48	52	50	47
Hectáreas por turbina (ha)	15.6	10.8	8.7	6.9	8.1	7.5	6.6
Hectáreas por MW (ha/MW)	10.4	8.3	8.7	7.7	9.5	9.4	10.0

Respecto a la tabla anterior, el documento de WAG indica que se utilizaron aerogeneradores Clase I y que se consideró un espaciamiento de 3 X 10 diámetros.

En el documento WAG se justifica la separación de 3 X 10 diámetros, mencionando que existe un compromiso de diseño (i.e., distribución de aerogeneradores) para poder lograr la producción máxima de energía con el menor costo de inversión. Señala que la interferencia de un aerogenerador sobre otro ubicado viento abajo se conoce como efecto de estela y que entre más cerca se encuentran los aerogeneradores experimentarán mayores efectos de estela y producirán menos energía. Por otro lado, advierte que entre mayores sean las separaciones entre aerogeneradores se incrementarán los requerimientos de tierra y las necesidades y costos de cableado de interconexión y construcción de caminos, entre otros. Concluye este tema estimando que para la mayor parte del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec el requerimiento mínimo de tierra será aproximadamente 7.7 ha/MW.

En realidad, tal como se muestra en la tabla I-1, el rango de requerimiento de tierra podría ser de 7.7 a 10.4 ha/MW, dependiendo del aerogenerador que se seleccione. También es necesario considerar que algunos desarrolladores de proyectos podrían decidir utilizar arreglos diferentes al de 3X10. En tal caso, las cifras de requerimiento de la tierra podrían variar. El diseño óptimo de la distribución de aerogeneradores para una central eolieléctrica se realiza con base en modelos matemáticos que consideran los efectos de estela con base en la geometría de los rotores, la rugosidad del terreno, el índice de turbulencia y otros factores. Por lo tanto, es necesario enfatizar que la distribución 3X10 no debe tomarse como una recomendación, sino más bien, como una figura que los estadounidenses usaron para realizar el estudio.

Enseguida, el documento de WAG dice que los desarrolladores pueden arrendar o comprar la tierra. Afirma que el arrendamiento es lo más común y describe las opciones típicas de pago, como sigue:

- **Cuota fija.** Pago mensual o anual por aerogenerador instalado o por unidad de tierra utilizada. Señala que este tipo de acuerdos aseguran transparencia y ofrecen certidumbre, tanto al propietario de la tierra como al desarrollador del proyecto, respecto a ingresos futuros o flujos de pago.
- **Regalías.** Pago porcentual con base en los ingresos por facturación de la electricidad generada. Señala que las regalías fluctúan en función del recurso eólico y del precio de venta de la electricidad. Agrega que para tener transparencia en los pagos, el operador de la central eoloeléctrica debe proporcionar un resumen de ingresos brutos asociado con cada pago y permitir el acceso a los datos que soliciten los propietarios de las tierras.
- **Regalías y pago mínimo garantizado.** Con frecuencia, los pagos de arrendamiento basados en un porcentaje de los ingresos brutos se complementan con un pago mínimo garantizado. Señala que los pagos mínimos garantizan que los propietarios recibirán algún ingreso, aún cuando los aerogeneradores produzcan menos energía que la esperada.
- **Cláusula de incremento.** En algunos casos, el pago fijo o el porcentaje de regalías se incrementa con el tiempo. Señala que las cláusulas de incremento varían dependiendo de cuán deseable sea la tierra, los ingresos proyectados, otros usos planeados para tierras circundantes, y otros factores.
- **Pago único en una sola exhibición.** Señala que en este tipo de contrato el desarrollador realiza un pago único al propietario de la tierra al inicio de la puesta en marcha de la central eoloeléctrica.

En el documento de WAG se presenta una tabla que menciona las ventajas y desventajas de las diferentes estructuras de pago o acuerdos. Dicha tabla se resume en la siguiente página:

Tabla I-2. Ventajas y desventajas de las diferentes estructuras de pago por arrendamiento de terrenos para centrales eoloelectricas.

Acuerdo	Ventajas	Desventajas
Pago en una sola exhibición	Propietario del terreno: <ul style="list-style-type: none"> • Fuente de efectivo inmediato. 	Propietario del terreno: <ul style="list-style-type: none"> • No le proporciona un flujo regular de ingreso.
	Desarrollador: <ul style="list-style-type: none"> • No tiene que hacer pagos posteriores. 	Desarrollador: <ul style="list-style-type: none"> • Debe pagar toda la suma al principio.
Cuota fija	Propietario de la tierra: <ul style="list-style-type: none"> • Flujo regular de ingresos. • Protección en años con baja producción. • Claridad y transparencia. 	Propietario de la tierra: <ul style="list-style-type: none"> • Renuncia a un ingreso potencial más alto.
	Desarrollador: <ul style="list-style-type: none"> • Podría tener mayores ingresos en años de buena producción. 	Desarrollador: <ul style="list-style-type: none"> • Costos más difíciles de absorber en años de ingresos bajos. • Elimina el incentivo económico para que el propietario del terreno colabore con el desarrollador para obtener la máxima producción de electricidad.
Regalías	Propietario de la tierra: <ul style="list-style-type: none"> • Podría tener más ingresos en años de buena producción. 	Propietario de la tierra: <ul style="list-style-type: none"> • Hay cierta incertidumbre sobre los ingresos que se recibirán. • Se podría dificultar la verificación de que el pago sea correcto. • Recibirá poco en años de poca producción.
	Desarrollador: <ul style="list-style-type: none"> • Paga en función de la producción. • Cuenta con un elemento para lograr que el propietario de la tierra coopere en facilitar actividades que conduzcan a lograr la producción máxima. 	Desarrollador: <ul style="list-style-type: none"> • Debe sujetarse a reglas de verificación de pagos y proporcionar información de la producción.
Regalías y pago mínimo	Propietario de la tierra: Igual que el caso anterior más... <ul style="list-style-type: none"> • Cuenta con garantía mínima de pago, independientemente de la producción. 	Desarrollador: Igual que el caso anterior más... <ul style="list-style-type: none"> • Tiene que otorgar un pago mínimo aunque la producción no haya sido suficiente para cubrirlo.

Cabe hacer notar que en el caso de pago en una sola exhibición, los estadounidenses mencionan como desventaja que el propietario no recibirá un flujo regular de ingreso. En realidad, están suponiendo que los propietarios de las tierras no tienen capacidad para administrar un pago en una sola exhibición. Se sabe que el dinero que hoy se dedica a

buenas inversiones generará mayores ingresos que los que podrían generar pagos diferidos. En otras palabras, los autores del documento WAG no toman en cuenta la conocida frase usada en ingeniería económica que dice que un *dólar hoy vale más que un dólar dentro de un año*. Por ejemplo, los propietarios de las tierras podrían invertir su dinero en negocios familiares o simplemente en construir algún bien inmueble. En realidad, esta modalidad no es una desventaja para el propietario de la tierra; más bien es una desventaja para el desarrollador del proyecto que tendría que pagar el total del monto del arrendamiento desde el principio del proyecto. Por consiguiente, es difícil que algún desarrollador ofrezca este tipo de pago, considerando que en muchas ocasiones ellos sólo desean reservar las tierras sin contar con negociaciones sólidas para compra-venta de electricidad.

El documento de WAG dice que de los 23 contratos revisados, 13 se llevaron a cabo bajo el esquema de regalías y 7 bajo el esquema de cuota fija. Detalla que la mayoría de los proyectos mayores que 25 MW emplearon el acuerdo por regalías basado en un porcentaje de ingresos brutos y no en ingresos netos ni en utilidades. Los ingresos brutos se definen como el precio de compra de la energía (\$/kWh) multiplicado por la cantidad de energía (kWh) entregada al comprador de la energía. De esta manera es relativamente sencillo verificar y documentar los pagos entre la compañía eléctrica y el desarrollador del proyecto.

Enseguida el documento WAG presenta indicadores de los pagos por arrendamiento de terrenos de acuerdo con la tabla I-3 .

Tabla I-3. Resumen de indicadores de pagos por arrendamiento de terrenos para centrales eoloelectricas en los Estados Unidos.

Tipo de Acuerdo	Rango del precio de arrendamiento	Promedio del precio de arrendamiento
Cuota fija	1,200 a 3,800 US\$/MW/año	2,232 US\$/MW/año
Regalías	1 a 4 % de los ingresos brutos	2.10 % de los ingresos brutos 2,774 US\$/MW/año

A pesar de que se indica un valor promedio de 2,774 US\$/MW al año para el esquema de regalías, es obvio que en esta modalidad el ingreso dependerá de la cantidad de electricidad que se genere y del precio de venta de la misma. Para ilustrar esto, el documento WAG presenta una figura donde la proyección mostrada supone un proyecto de 50 MW que requiere 384 hectáreas para colocar 56 aerogeneradores con diámetro de rotor de 48 metros y con capacidad de 900 kW, considerando un factor de planta de 40 por ciento. Es necesario hacer notar que para realizar esta gráfica los estadounidenses utilizaron como ejemplo el valor mínimo de requerimiento de tierra (i.e., 7.7 Ha/MW), lo que hace que los montos de pago por hectárea se vean mejores. En la ilustración I-1 se proporciona una versión mejorada de dicha gráfica.

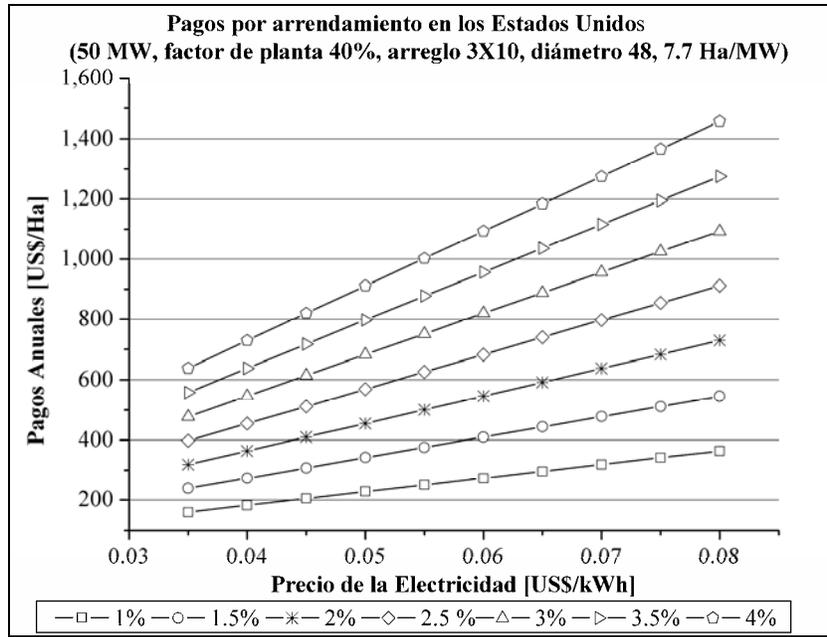


Ilustración I-1. Rango de pagos por arrendamiento en función al precio de venta de la electricidad, para condiciones específicas.

La ilustración I-2 muestra cómo cambian las cifras al considerar un indicador de 9 Ha/MW (más conservador) para una central hipotética de 50 MW operando con un factor de planta de 40%.

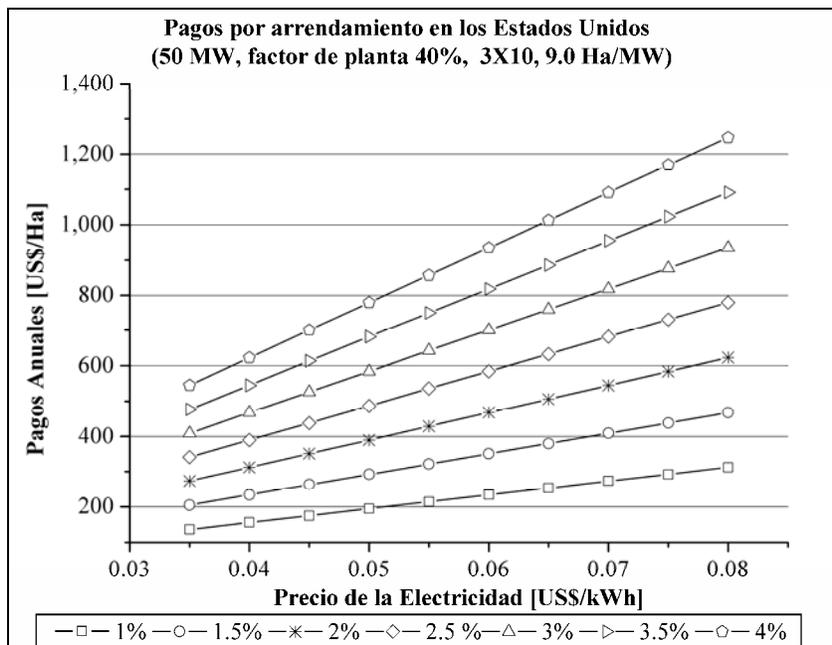


Ilustración I-2. Rango de pagos por arrendamiento en función al precio de venta de la electricidad, para condiciones específicas.

De lo anterior se observa que por sí mismo, el término del porcentaje de ingresos brutos (por ejemplo, 1%, 2% o 3%) no le dirá gran cosa al propietario de las tierras respecto a cuánto podría recibir por concepto de arrendamiento. Es lógico que se haya generado confusión en las negociaciones de arrendamiento de tierras en el Istmo, ya que los desarrolladores de proyectos inicialmente negociaron con los propietarios de las tierras con base en ofertas de porcentajes. La pregunta cuya respuesta aún queda en el aire para los propietarios de las tierras es ¿Me pagarán el X% de cuánto? En realidad, para poder negociar adecuadamente el propietario del terreno necesita saber más acerca del proyecto; por lo menos, cuál es el factor de planta proyectado y cuál será el precio de venta de la electricidad. El factor de planta puede ser proyectado por terceras personas que conozcan del tema de energía eólica. Así, el dato que quedaría por conocer es el precio de venta de la electricidad en el proyecto. Por supuesto, éste es un dato que pactan los desarrolladores de proyectos con sus clientes y que podrían o no decir al propietario de la tierra en el momento de la negociación. Lo que es evidente es que desde el punto de vista del propietario de la tierra, para un proyecto dado, aceptar un porcentaje de 3% siempre será mejor que aceptar uno de 1%. No obstante, para diferentes proyectos podría ser que el 2% del proyecto [A] sea mayor que el 3% del proyecto [B], en el caso de que el precio de venta de la electricidad del proyecto [A] sea lo suficientemente mayor que el del proyecto [B].

En el documento WAG se dice haber encontrado algunos contratos en los que el pago por arrendamiento se incrementa con el tiempo. Se indica que en esos casos el porcentaje se tiende a fijar en una tasa menor en los años iniciales de operación, subiendo a una tasa fija mayor en los años posteriores, a medida que se paga la deuda de la inversión. También señala que en el caso de los dos proyectos de Latinoamérica revisados, los pagos por arrendamiento para el primero fueron de 2% durante los primeros 20 años y de 4% de ahí en adelante; y para el segundo, de 3% durante los primeros 10 años y de 6% de ahí en adelante. Agrega que en uno de los casos de proyectos de tamaño mediano en Estados Unidos, la tasa de regalías fue de 2% para los primeros 15 años y de 4% posteriormente.

El documento WAG continúa analizando la rentabilidad de los proyectos en función de los pagos por arrendamiento de la tierra. Para comenzar, menciona las condiciones adicionales al recurso eólico que deben existir para que un proyecto eoloeléctrico sea viable y rentable, de acuerdo con lo siguiente:

- **Acceso a líneas de transmisión.** El emplazamiento eoloeléctrico debe estar en la cercanía de una subestación eléctrica o de líneas de transmisión con capacidad disponible para evacuar la energía generada.
- **Mercado adecuado.** La política gubernamental, vertida en leyes, reglamentos y disposiciones emitidas, debe ser adecuada para que los aspectos económicos (tarifas, precios de compra de la energía, incentivos, impuestos y condiciones de financiamiento) conduzcan a la rentabilidad de los proyectos.
- **Vías de acceso.** Aunque el documento WAG no lo menciona, es importante señalar la importancia de que existan vías de acceso adecuadas para la construcción y operación de centrales eoloeléctricas.

El documento WAG continúa señalando que si la localidad cuenta con recurso eólico aprovechable, se encuentra aledaña a líneas de transmisión con capacidad disponible y si existe un mercado creciente; es probable que la tierra sea muy atractiva para los desarrolladores. Advierte que algunos desarrolladores pueden estar interesados en asegurar el arrendamiento de tierra aún cuando no estén resueltos aspectos reguladores, económicos, acceso al mercado, y transmisión de electricidad, entre otros. Enfatiza que en países donde está ocurriendo el desarrollo importante de la generación eoloeléctrica, tales como Alemania, España, Estados Unidos, Dinamarca, Países Bajos, Reino Unido y otros; existen varios incentivos para la generación eoloeléctrica. Agrega que en general, estos incentivos generan mayores ingresos brutos por kWh, ya que hacen más rentable la inversión y por consiguiente, los desarrolladores de proyectos eoloeléctricos pueden ofrecer pagos más altos por arrendamiento de tierra.

El documento WAG señala que en México aún no existen incentivos para la venta de electricidad a CFE. Agrega que por Ley, CFE debe adquirir electricidad al menor costo posible y que en muchas situaciones eso excluye la compra de energía generada con fuentes renovables. Afirma que al combinarse estos dos factores, el pago que recibirían los desarrolladores eólicos por la venta de la electricidad sería menor en México que en Estados Unidos, España, Alemania, y otros países que cuentan con incentivos especiales. Por tanto, deduce que el pago por arrendamiento que los desarrolladores pueden otorgar a los propietarios probablemente será menor que en otros países.

Se considera que lo anterior es debatible de acuerdo con lo siguiente. Es cierto que en México las condiciones actuales no son del todo adecuadas para que los proyectos eoloeléctricos por inversión privada sean rentables. Indudablemente, ésa la principal causa por la que aún no se ha construido alguno. De hecho, esto se reconoce ampliamente por parte de los diversos promotores de la generación eoloeléctrica. La idea es mejorar las condiciones para que los proyectos eoloeléctricos puedan ser rentables y generen beneficios integrales. Es decir, que beneficien a los propietarios de las tierras, a los inversionistas, y en general a la nación. No es correcto es suponer que las condiciones de negocio son y seguirán siendo marginales y que deben ser precisamente los propietarios de las tierras quienes deban resignarse a recibir lo mínimo durante 30 años. Si bien es cierto que actualmente no podríamos aspirar a instaurar incentivos tan altos como en Alemania, también lo es que para que en México haya proyectos eoloeléctricos por inversión privada se tendrán que establecer condiciones favorables; de lo contrario, simplemente no habrá desarrollo eoloeléctrico. Entonces, lo razonable es encontrar el *justo medio* que conduzca al buscado potencial de desarrollo económico y social en la región del Istmo de Tehuantepec.

De hecho, en el año 2001 se instauró un instrumento regulador (Modelo de Convenio de Interconexión para Fuente de Energía Renovable) que abrió una ventana de oportunidad para el desarrollo de proyectos eoloeléctricos en la modalidad de autoabastecimiento de electricidad. Este convenio permite el intercambio de energía entre períodos de diferente tarifa de acuerdo con las relaciones de costos marginales para los períodos y para la región (por ejemplo, de base a pico). También incluye un tratamiento favorable para el *porteo* de electricidad. Esto significa que después de realizar el balance contable mensual o anual, el costo de la electricidad producida en algunos de estos proyectos eólicos podría ser menor que la facturación que se paga a la CFE por la energía convencional. Uno de los nichos de oportunidad que se mejoraron con dicho instrumento es el de autoabastecimiento de

electricidad para alumbrado público. En algunos de estos casos, el pago por la electricidad producida con centrales eoloeléctricas podría estar en el rango de 0.05 a 0.08 US\$/kWh (no se pueden generar indicadores puntuales o rangos más cerrados, estos valores se tienen que calcular caso por caso para cada proyecto). Entonces, de ser así, este tipo de proyectos podría pagar cantidades atractivas a los propietarios de las tierras, tal vez cercanas a las que se pagan en Estados Unidos o en España.

De hecho, el documento WAG dice que la toma de decisión para desarrollar una central eoloeléctrica se basa en la capacidad de que los ingresos del proyecto generen un retorno adecuado sobre su inversión. La Tasa Interna de Retorno (TIR) se basa en la inversión de capital y los ingresos netos esperados por el proyecto durante su vida útil (comúnmente 25 años). Debido a que los riesgos tecnológicos de los proyectos eoloeléctricos son mayores que los de la generación convencional con combustibles fósiles, los desarrolladores requieren de una TIR más alta sobre su inversión. En Estados Unidos, donde la industria eólica está firmemente establecida, un desarrollador requiere de una TIR de aproximadamente 12-14%. Sin embargo, advierte el documento WAG, que el riesgo adicional inherente en un nuevo mercado extranjero probablemente requeriría de una TIR entre 16% y 18%.

Es evidente que ningún inversionista invertirá en proyectos que proporcionen ganancias marginales. Es decir, es muy conocido que los inversionistas ponen su dinero en negocios que les puedan generar rendimientos mayores que su tasa mínima atractiva. Por consiguiente, lo más importante en los proyectos eoloeléctricos es que las condiciones principales de mercado (i.e., el costo de inversión, los costos de operación y mantenimiento, el precio de compra de la electricidad o el precio de compra más los incentivos; y por supuesto, las condiciones de financiamiento) conduzcan a dicha rentabilidad. Se puede decir que el pago por arrendamiento de terreno en la modalidad de regalías, formará parte de los costos de operación de la central. Si el pago por arrendamiento de terreno se mantiene dentro de un límite razonable (por ejemplo, menor que 4 % de los ingresos brutos), de ninguna manera será un factor determinante en la factibilidad económica de los proyectos eoloeléctricos.

El documento WAG, hace un análisis financiero simplificado para estimar el impacto de los factores que intervienen en la obtención de ingresos de una central eoloeléctrica bajo diferentes escenarios. Señala que mientras que la TIR para un proyecto no se puede determinar sin un estudio de factibilidad detallado, los cálculos realizados se basan en una cantidad significativa de conocimientos y familiaridad de la industria con el recurso eólico en el Istmo. El contenido de dicho análisis se resume en las ilustraciones I-3, I-4 y I-5 que corresponden a reproducciones de las originales.

Desgraciadamente, los estadounidenses no tomaron en cuenta los impuestos y obligaciones. Por lo tanto los resultados numéricos de la TIR no pueden tomarse como válidos. Además, en el documento original no se presentó información sobre las consideraciones hechas para realizar dichos cálculos (costos de inversión, costos de operación y mantenimiento, depreciación, tasa de interés del crédito, porcentaje de participación del capital propio, plazo de pago de deuda, entre otros). Por lo tanto, de dichas gráficas sólo se pueden comentar las formas, pero no los datos numéricos, de acuerdo con lo siguiente:

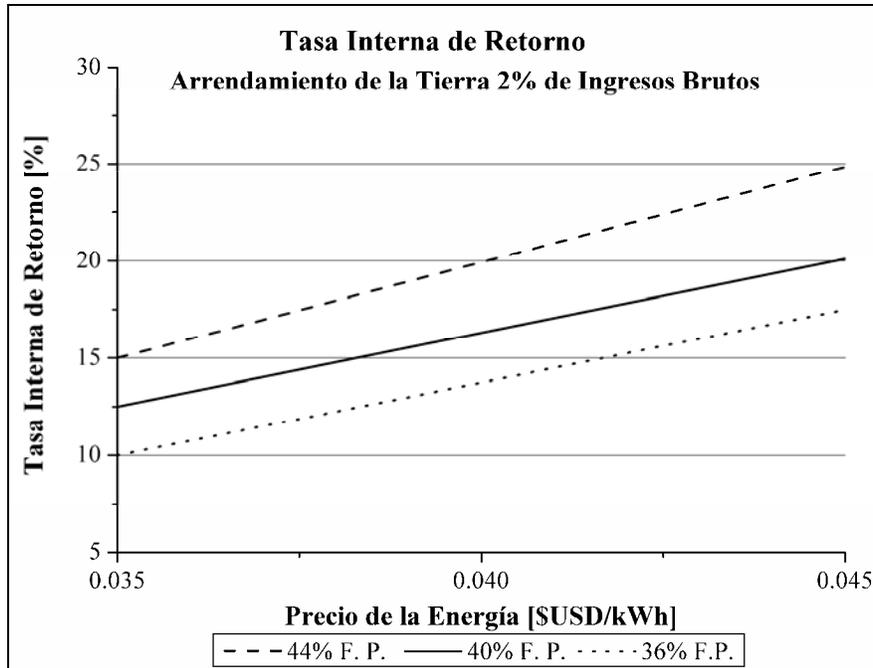


Figura I-3. Tasa interna de retorno en distintos escenarios de precio de la energía.

En la ilustración I-3 se observa que para un porcentaje establecido de 2% por pago de arrendamiento del terreno, la TIR se incrementa rápidamente en la medida en que se incrementa el precio de venta de la electricidad. El lector puede imaginar fácilmente la tendencia lineal que se tendría para precios o factores de planta mayores que se podrían lograr en las inmediaciones de La Venta y otros sitios.

La ilustración I-4 muestra que para un factor de planta determinado (en este caso 40%), el cambio de 1 a 3 % en el pago por arrendamiento de la tierra no impacta considerablemente la TIR si se compara con el impacto del precio de venta de la electricidad. En esta figura, también es posible imaginar la tendencia para precios de venta mayores.

La ilustración I-5 muestra que para un precio de venta establecido (en este caso 0.040 US\$/kWh), el cambio de 1 a 3 % por concepto de arrendamiento del terreno no impacta considerablemente la TIR si se compara con el impacto del incremento en el factor de planta. En estos términos, resulta obvio que los propietarios de tierras que tengan mejor recurso eólico podrían aspirar a pagos ubicados en los niveles altos del rango razonable.

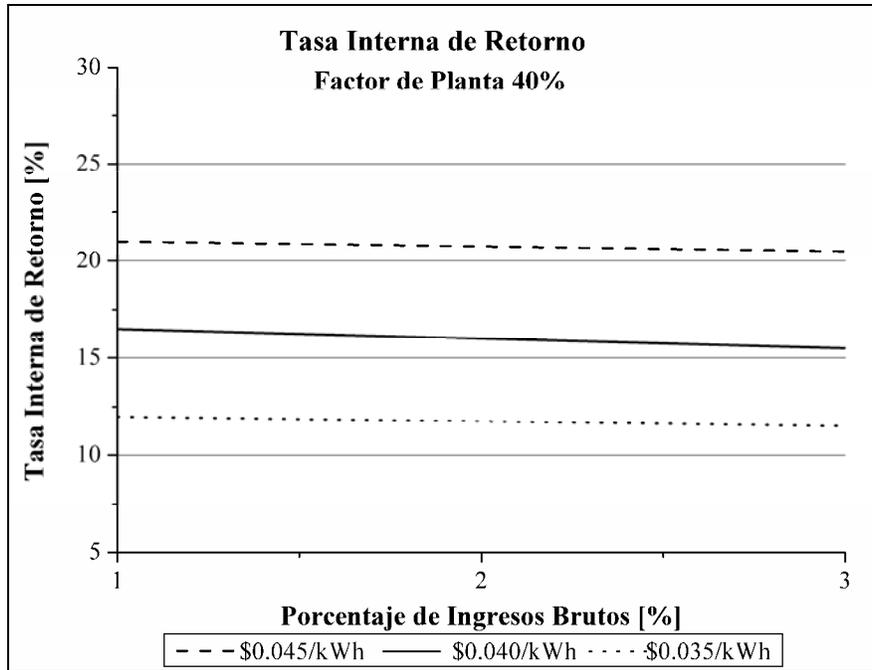


Ilustración I-4. Tasa interna de retorno en distintos escenarios de factor de planta.

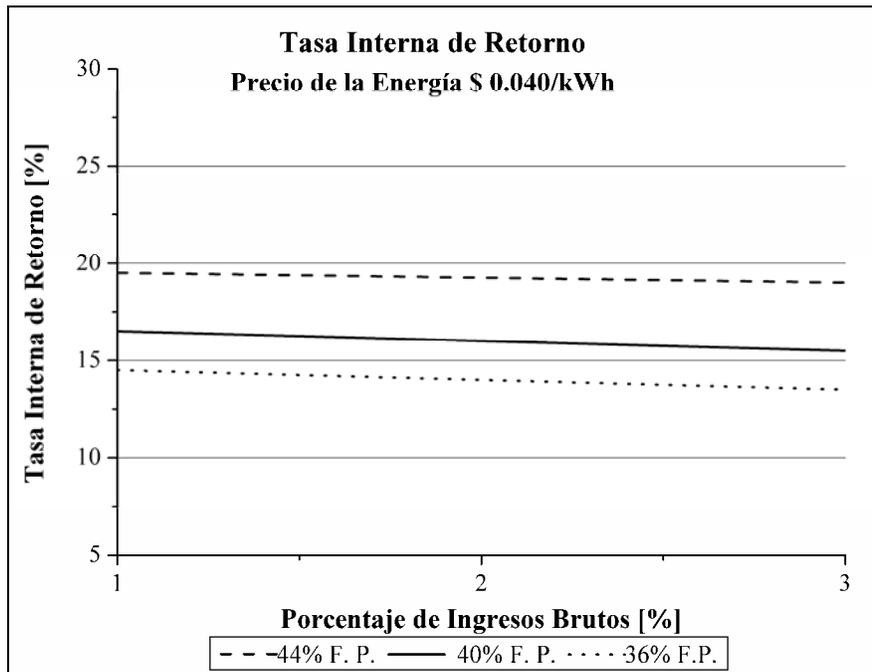


Ilustración I-5. Tasa interna de retorno bajo distintos escenarios de factor de planta.

Mediante un ejemplo en los Estados Unidos, el documento WAG sugiere que en el momento de la negociación, los montos por arrendamiento que se pongan sobre la mesa serán función de la oferta y la demanda. Es decir, si hay mucho interés por parte de varios desarrolladores de proyectos por una determinada área de terreno, es obvio que el propietario de la tierra tiene ciertas ventajas en la negociación. Sin embargo, si los

desarrolladores tienen varias opciones para rentar tierras que ofrezcan características similares (i.e., recurso eólico, distancia a la red, topografía, accesos, etcétera), entonces la competencia puede facilitar que los desarrolladores ofrezcan menos.

El documento WAG también sugiere que los propietarios de terreno deben tener cautela en las negociaciones, en virtud de que algunos desarrolladores de proyectos acostumbran reservar la tierra antes de contar con negociaciones sólidas respecto a la venta de electricidad. Es posible que en algunos casos el desarrollador trate de ofrecer muy poco ya que aún no sabe en cuánto podrá vender la electricidad ni qué condiciones de financiamiento obtendrá. Asimismo, en otros casos es posible que el desarrollador no logre concretar el proyecto o se tarde varios años. Por ello, en otras palabras, el documento WAG sugiere que en los contratos de arrendamiento de tierras para centrales eoloelectricas se incluya una cláusula de terminación anticipada en caso de que la construcción del proyecto no se inicie dentro de un plazo razonable.

Enseguida, el documento WAG incluye una sección que habla de los términos y condiciones más comunes en materia de arrendamiento de tierras para centrales eoloelectricas. Dicha sección se puede resumir en lo siguiente:

- Que los convenios entre los propietarios (o la comunidad local) y el desarrollador de la central eoloelectrica deben reflejar las necesidades específicas de ambas partes y se debe tener en mente que son decisiones a largo plazo.
- Que los convenios de arrendamiento incluyan provisiones para acceso (cercas y seguridad), mantenimiento de caminos, restitución de la tierra, distancia de los aerogeneradores a las viviendas, límites de la propiedad, términos y condiciones de pago.
- Que típicamente la duración de los convenios de arrendamiento es de 20 a 50 años y que en la mayoría de los casos se incluye la opción para prolongar el arrendamiento.
- Que algunos contratos incluyen cláusulas de recesión y que también es común especificar una cláusula de terminación anticipada cuando la construcción del proyecto no se inicie dentro de un plazo razonable.
- Respecto a otras servidumbres dice lo siguiente: *Éstas generalmente se celebran para subestaciones, edificios de mantenimiento y acceso. Se presentan pagos fijos más pequeños y la cantidad típicamente se basa en los valores locales comparables de la tierra. Se deben considerar previsiones referentes al mantenimiento de los caminos de acceso, derechos de paso existentes, limpieza después de las reparaciones, disposición de equipo dañado y otros aspectos que afecten el uso de la tierra. Generalmente el desarrollador es responsable de dicho mantenimiento y limpieza.*
- En relación con el pago de impuestos menciona: *La responsabilidad de estos pagos debe especificarse claramente en los términos del arrendamiento. Los propietarios generalmente no son responsables de los impuestos prediales asociados con las*

mejoras de la tierra. Estos costos deben ser tomados en cuenta en los costos del proyecto y deben ser cubiertos por el desarrollador.

- *Se refiere a la servidumbre por derechos de viento de la siguiente manera: Este tipo de servidumbres puede evitar la instalación de desarrollos viento arriba que pudieran tener algún impacto sobre el recurso eólico del sitio y disminuir la producción de energía de la central eoloeléctrica.*
- *Finalmente agrega que: En Estados Unidos, la mayoría de las centrales eoloeléctricas se localizan en tierras de propiedad privada que son utilizadas para cultivo o ganadería. Las centrales eólicas son totalmente compatibles con dichos usos y se aplican pocas restricciones. El cableado de la central comúnmente es subterráneo y los animales de granja pueden pastar libremente sin que sean afectados por los aerogeneradores. En el contrato de arrendamiento se debe establecer cuáles son los usos que los propietarios reservan para la tierra circundante a los aerogeneradores. Típicamente se reserva el derecho de continuar cultivando o criando ganado. La mayoría de los usos rurales de la tierra son compatibles con las centrales eólicas. Sin embargo, pueden existir ciertas restricciones como la quema de caña de azúcar que genera altos niveles de calor y humo que pueden dañar el equipo y afectar el desempeño del mismo.*

El documento WAG también proporciona información sobre el potencial de generación de empleos por efecto del desarrollo eoloeléctrico, de acuerdo con lo siguiente:

- Manufactura. *Los proyectos de energía eólica emplean torres, aspas, generadores, caja de engranes, controles, equipo de control eléctrico, cables y otros. En México actualmente se fabrican generadores y cable eléctrico. Se podrían fabricar torres, aspas, engranes, entre otros. Ciertamente existe la posibilidad de que se inicie la manufactura de torres y de otros componentes para aerogeneradores en el estado de Oaxaca si el desarrollo de proyectos eólicos crece lo suficiente en el Istmo. Se estima que una planta de manufactura de torres generaría aproximadamente un empleo por torre por año.*
- Construcción. *La construcción de un proyecto eólico usualmente involucra tareas de corto plazo. El tiempo de construcción para un proyecto eólico grande generalmente es de un año o menos. Durante el periodo de construcción de un proyecto eólico de 50 MW, se puede generar el equivalente a 40 empleos de tiempo completo (administración de obra, electricistas, operadores de equipo pesado, personal de seguridad y obreros generales para ensamble).*
- Operación y Mantenimiento. *El número de empleados depende comúnmente del número de turbinas y de la estructura administrativa del proyecto. Sin importar el tamaño del aerogenerador, muchas actividades de mantenimiento requieren del mismo esfuerzo. Algunos estudios sugieren la creación de un empleo por cada 11 aerogeneradores en operación. Para proyectos eólicos en países en desarrollo, los empleos generalmente son mucho mayores debido a variaciones en las prácticas laborales y al costo menor de la mano de obra teniéndose un empleo por cada 4.5 aerogeneradores.*

- *La construcción y operación de un proyecto eólico ocasiona la compra de bienes y servicios locales tales como materiales y equipo de construcción, herramientas e insumos de mantenimiento, así como artículos esenciales para los empleados tales como alimentación, ropa, equipo de seguridad, y otros artículos. También se requieren servicios de apoyo, tales como contabilidad, banca y asistencia legal.*
- Capacitación y Desarrollo de Habilidades. *Es deseable tener personal capacitado en las áreas de mecánica, eléctrica y electrónica. La mayoría de los fabricantes de aerogeneradores tiene programas de capacitación en la planta. El trabajo de aula, trabajo práctico en las líneas de ensamble con el equipo mecánico y los paneles de control, así como la experiencia en el campo con turbinas instaladas, generalmente se combina con procesos de calidad y capacitación sobre seguridad durante este periodo. Para la mayoría de las actividades de mantenimiento, el trabajo se lleva a cabo escalando la torre y trabajando dentro de la carcasa del aerogenerador. Este tipo de actividad física requiere agilidad y fuerza, de manera similar a las habilidades de un empleado de una compañía eléctrica que se ocupa de las líneas de transmisión, sistemas mecánicos y maquinaria giratoria.*

De las conclusiones del documento de WAG, vale la pena resaltar lo siguiente:

- Señala que en el desarrollo de centrales eolieléctricas es indispensable tomar en cuenta el papel tan importante que juegan los propietarios de las tierras. Advierte que es necesario que los propietarios de las tierras estén informados y asesorados para poder celebrar contratos de beneficio mutuo con los desarrolladores de proyectos.
- Resalta que los contratos de arrendamiento de tierras deben asegurar pagos y mecanismos justos que promuevan el beneficio económico de la región.
- Respecto al tipo de contrato indica que el **Pago de Regalías** complementado con una garantía de pago mínimo es el más común. No obstante, advierte que para este tipo de contratos no genere problemas, es necesario que se cuente con una base de información transparente de la que se pueda verificar que los pagos sean los correctos. Dice que dicha información debe estar disponible al público.
- Respecto a los contratos de pago por regalías señala que, en los Estados Unidos, el rango de pago de regalías acordado entre los desarrolladores de proyectos y los propietarios de las tierras se encuentra entre **uno** y **cuatro** por ciento del ingreso bruto. Asimismo, dice que la mayor parte de los acuerdos consideran entre **dos** y **tres** por ciento. También indica que para los dos contratos de Latinoamérica revisados, los pagos se situaron entre **dos** y **tres** por ciento
- Respecto a los contratos de cuota fija dice que el rango de pagos que se encontró en el estudio fue de **US\$ 1,200** hasta **US\$ 3,800** por cada MW instalado, presentándose un promedio ponderado de **US\$ 2,232** por MW. Agrega que basándose en las características del recurso eólico y en las condiciones del terreno existentes en la región

del Istmo, se estima que los proyectos eólicos requerirán de **7.7 a 10.4** hectáreas por cada MW instalado.

- También concluye que de acuerdo con el análisis financiero simplificado realizado en el estudio, el precio de la energía y el factor de planta tienen impacto importante sobre la rentabilidad de los proyectos eoloelectricos. Con base en dicho análisis se determinó que en la rentabilidad del proyecto, el precio de la energía o el del factor de planta impactan más notoriamente que los pagos por arrendamiento de la tierra.
- Reconoce que los pagos de regalías dependerán fuertemente del precio de venta de la energía. Repasa que se examinaron varios escenarios mostrando que puede existir un rango desde **US\$ 180** por hectárea por año, hasta más de **US\$ 1,000** por hectárea por año.
- También indica que suponiendo precios de venta de la electricidad entre **0.035** y **0.08** US\$/kWh, un factor de planta de 40% y un acuerdo de arrendamiento por regalías de 2% de los ingresos brutos; los pagos proyectados por cada MW eoloelectrico instalado quedarían en un rango entre **US\$ 2,453** y **US\$ 5,606**.

Finalmente hace una observación relevante:

- Dice que se debe tener en mente que la información contenida en el estudio realizado se basó en el análisis del desarrollo de proyectos que cuentan con los estímulos para la generación de energía eléctrica, mientras que en México estos estímulos aún no existen.

Anexo II

Aspectos de la Evaluación del Recurso Eólico en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec

Introducción.

En México, el recurso eólico en tierra firme que es potencialmente aprovechable para generar electricidad a costos razonables, típicamente se encuentra concentrado en zonas de algunos cientos o miles de km²; es decir, áreas relativamente pequeñas respecto a la extensión del territorio nacional. Por supuesto, el primer paso para lograr su utilización es localizar los *veneros* de energía eólica mediante su prospección. Para ello, existen diferentes técnicas que van desde la referencia popular hasta el uso de imágenes de satélite y modelos teóricos de mesoescala, entre otras. Sin embargo, actualmente no importa que tan sofisticados sean los métodos de prospección; la evaluación de la factibilidad técnico-económica de un proyecto eoloelectrónico exige el conocimiento detallado del comportamiento del viento a lo largo del tiempo y, para ello, es imprescindible llevar a cabo mediciones anemométricas en el sitio del posible emplazamiento de una central eoloelectrónica.

Actualmente existen equipos electrónicos que permiten medir con buena precisión y exactitud la velocidad y la dirección del viento; es decir, los parámetros básicos requeridos para evaluar el recurso eólico. Asimismo, existen métodos, procedimientos y programas de computadora para generar la reducción estadística de datos y obtener resultados de interés, entre los que están:

- **El patrón diario de velocidad.** Este patrón muestra el comportamiento típico del viento durante las 24 horas del día. Dependiendo de la naturaleza del viento en una región determinada, el patrón diario de velocidad puede existir o no. Cuando existe, también puede ser diferente entre las estaciones del año.
- **La distribución de la velocidad del viento.** Permite conocer el tiempo durante el cual se presentaron velocidades de viento clasificadas en rangos de magnitud, durante un período de tiempo determinado. Sirve de base para estimar la energía aprovechable del viento en un sitio o área específica, por métodos determinísticos.
- **Función de densidad de probabilidad.** Típicamente se utiliza la función de densidad de probabilidad de Weibull para realizar estudios probabilísticos del potencial de generación de electricidad en un sitio de interés. En algunos casos (como el del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec) se deben hacer consideraciones especiales para el uso adecuado de esta función (v.g., distribución bimodal).

Es importante mencionar que en la literatura se recomienda que la altura para llevar a cabo las mediciones anemométricas sea de 20 metros como mínimo. Sin embargo, cuando ya se tiene un proyecto eoloelectrónico en mente, lo mejor es medir a la altura a la que se instalarían los aerogeneradores, o por lo menos a 40 metros de altura sobre el terreno. Se debe

considerar que el contenido energético del viento es mayor cuanto mayor sea la altura; por consiguiente es recomendable medir a diferentes alturas sobre el terreno, en dos o más puntos para conocer el perfil de la velocidad del viento sobre el terreno.

Las mediciones anemométricas para evaluar el recurso eólico y evaluar la factibilidad de proyectos eolieléctricos se deben llevar a cabo por lo menos durante un año. No obstante, una vez que se tiene identificado un sitio o un área en donde se desea realizar un proyecto eolieléctrico, es muy recomendable mantener las mediciones anemométricas en forma continua ya que al contar con más años de información, los resultados de los estudios serán más confiables y aceptables por parte de las instituciones de crédito.

Con base en las mediciones anemométricas se realiza la cuantificación del potencial energético en términos de energía disponible. Para expresar la energía eólica disponible en un sitio determinado, comúnmente se utiliza el concepto de *densidad de potencia eólica* que a su vez se expresa en unidades de kW/m².

Evaluación del recurso eólico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

El primer estudio del viento en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, orientado a estimar la viabilidad de aprovechamiento de la energía eólica, comenzó a mediados de la década de 1970. Con el patrocinio de CFE se instalaron dos estaciones anemográficas en la zona. En una de ellas se registraron vientos superiores a los 30 km/h por más de 3,500 horas en un año y más de 2,000 horas con vientos superiores a 40km/h. Desde esas fechas, el ingeniero Enrique Caldera Muñoz, entonces investigador del IIE, señaló que dicha zona era muy adecuada para la instalación de aerogeneradores en gran escala. Con base en ello se delimitó una zona eólica a la que le llamó *La Ventosa*, tomando el nombre del poblado La Ventosa, ubicado a 17 km al noroeste de la ciudad de Juchitán. Se decía entonces que la superficie del área con recurso eólico podría ser cercana a 1,584 km² (Caldera *et al.*, 1980). Para delimitar esta región, el ingeniero Caldera trazó un conjunto de líneas que partiendo de la ciudad de Juchitán, se extendían hasta:

1. En dirección al noroeste; 18 km, en línea recta, hasta la ciudad de Ixtepec y 16 km, hasta Comitancillo.
2. En dirección al suroeste; 30 km hasta la ciudad de Tehuantepec y 34 km, en línea recta, hasta el puerto de Salina Cruz.
3. En dirección al sur; 11 km hasta la costa de la Laguna Superior.
4. En dirección al este; 21 km hasta el poblado de Unión Hidalgo, aumentados en 15 km, hacia adelante.
5. En dirección al noroeste; 32 km en línea recta hasta Santo Domingo y 18 km, hasta las faldas del *Cerro Lagartero* pasando por el poblado *La Ventosa*.
6. En dirección al norte; 12 km hasta La Villa del ferrocarril transístmico.



Ilustración II-1. Ubicación de La Ventosa.

Con base en estudios llevados a cabo posteriormente por personal del IIE, se consideró que el área del recurso eólico aprovechable podría abarcar toda la superficie que ocupa la llanura costera con una extensión cercana a cerca de 3,000 km². Por ello, el área eólica se delimitó tomando como referencia la primera curva de nivel de 100 metros de altura sobre el nivel medio del mar. Esta curva de nivel parte desde las cercanías de la ciudad de Salina Cruz hasta los límites entre Oaxaca y Chiapas (ver ilustración II-2).



Ilustración II-2. Delimitación de la zona *La Ventosa*

Se requería entonces de la localización de sitios específicos para la instalación de estaciones anemométricas. En noviembre de 1983, el IIE inició el proyecto *Evaluación*

Preliminar del Potencial de Generación Eléctrica en la Zona de La Ventosa, Oaxaca. Este proyecto contó con apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y con la participación de un profesor del Instituto Tecnológico del Istmo de Juchitán, Oaxaca.

El trabajo llevado a cabo por el IIE entre los años 1983 y 1986 tuvo como objetivo la evaluación preliminar del recurso eólico en la zona de La Ventosa, Oaxaca. Se buscó cuantificar espacial y temporalmente el viento para ubicar sitios de aprovechamiento con base en la viabilidad técnico-económica de posibles desarrollos. Para ello se obtuvo:

1. Velocidad media del viento, desviación estándar y distribución de la velocidad del viento.
2. Potencia media por unidad de área o densidad de potencia media, expresada en W/m^2 , a 10 metros de altura sobre en nivel del terreno en periodos mensuales, estacionales y anuales.
3. Energía por unidad de área o densidad de energía (kWh/m^2), a 10 metros de altura sobre en nivel del terreno en periodos mensuales, estacionales y anuales.
4. Patrones de distribución de velocidades de manera diaria, frecuencia por rumbos y ocurrencia de calmas, estos últimos de manera mensual.

Se instalaron cinco estaciones anemométricas y una estación climatológica de acuerdo con lo siguiente:

Estación No. 1, La Ventosa. Localizada en el Centro experimental del INIA localizado sobre la Carretera Federal No. 190 (en el tramo Juchitán-La Ventosa).

Estación No. 2, Tehuantepec. Estación climatológica piloto No.1 localizada en Tehuantepec (en el tramo Juchitán-Tehuantepec).

Estación No. 3, Salina Cruz. Observatorio del Servicio Meteorológico Nacional localizado en Salinas del Marqués (en las cercanías del puerto Salina Cruz).

Estación No. 4, Unión Hidalgo. Localizada en la Escuela Secundaria Técnica No. 33 (en el poblado de Unión Hidalgo).

Estación No. 5, La Venta. Localizada en la Escuela Secundaria Técnica No. 93 (en el poblado La Venta).

Estación Climatológica de Juchitán. Localizada en el Instituto Tecnológico del Istmo, Juchitán.

En la ilustración II-3 se presentan los datos de la velocidad media mensual que se obtuvieron en aquel tiempo para las cinco estaciones anemométricas. Ahí se puede observar que desde entonces los resultados obtenidos por el IIE, que por cierto se dieron a conocer públicamente, señalaban a La Venta como el sitio con mayores velocidades de viento en la región.

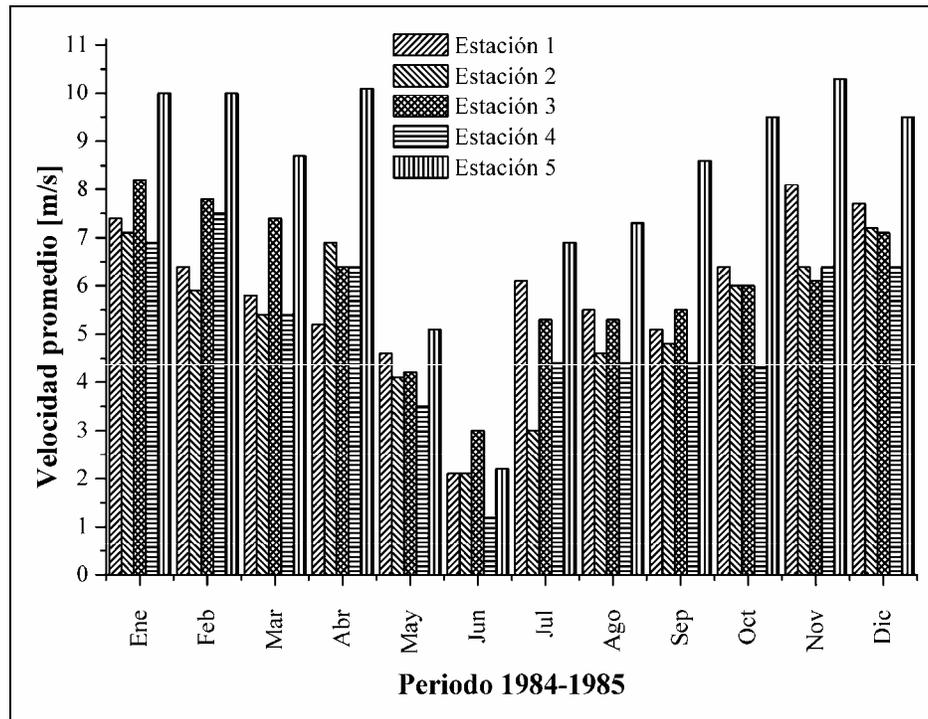


Ilustración II-3. Velocidad media del viento a 10 metros de altura, en cinco sitios de la Zona de La Ventosa, según estudios realizados por el IIE en 1984-1985.

En las conclusiones de la evaluación preliminar del recurso eólico en La Ventosa, realizado por el IIE, ya se indicaba que las centrales eoloelectricas que se instalaran en el sitio podrían llegar a operar con factores de planta entre 30 y 50% (Caldera y Saldaña, 1986).

“La región Sur del Istmo de Tehuantepec significa para el Sector Eléctrico, no sólo la oportunidad de aprovechar un rico recurso energético, sino también, la de un gran potencial de desarrollo industrial y tecnológico, que puede enfrentarse basándose en la infraestructura industrial, de investigación y educación superior existentes en el país”
Enrique Caldera Muñoz, 1986.

En 1991, el IIE inició un análisis preliminar del viento en los poblados: La Mata, Santo Domingo y Rancho Salinas (Caldera *et al.* 1992). En este trabajo se llevó a cabo la estimación eoloenergética en forma mensual y anual para los poblados mencionados a partir del patrón estacional de velocidades observadas en la región. Dicho análisis formaba parte del proyecto *Generación de Electricidad con Sistemas Eólicos para Bombeo de Agua en la región de La Ventosa, en el Istmo de Tehuantepec, Estado de Oaxaca*, que llevaba acabo el Centro de Investigación en Energéticos y Desarrollo (CIEDAC). Así, el IIE fue contratado para analizar la posibilidad de implementar sistemas accionados por viento. Para tal efecto, se llevó a cabo la instalación de tres equipos anemométricos con la finalidad de realizar un estudio preliminar del comportamiento del viento en La Mata, Santo Domingo y

Rancho Salinas. En estos sitios se llevaron a cabo mediciones anemométricas desde mediados de noviembre de 1991 hasta mediados de julio de 1992. Con base en el reconocimiento de los lugares propuestos para el aprovechamiento eoloenergético, se localizaron tres puntos para llevar a cabo la medición de la dirección y velocidad del viento a 10 metros de altura sobre el terreno a intervalos regulares de 15 minutos. En la Tabla II-1 se anotan las coordenadas geográficas de los sitios de medición seleccionados.

Tabla II-1. Coordenadas Geográficas de los sitios de mediciones.

Sitios de medición	Coordenadas Geográficas	
	Latitud Norte	Longitud Oeste
La Mata	16° 37' 0''	94° 58' 38''
Santo Domingo	16° 35' 00''	94° 46' 00''
Rancho Salinas	16° 12' 23''	94° 15' 29''

En las ilustraciones II-4, II-5 y II-6 se muestran los principales resultados obtenidos. Para el caso de La Mata, se observó que este sitio presenta velocidades de viento intensas con dirección predominante Norte y Noreste. Los resultados presentados en la ilustración II-4 corresponden al periodo de medición del 14 de noviembre de 1991 al 6 de junio de 1992. Para el caso de Rancho Salinas se observó influencia de sistemas locales de comportamiento del viento. Los resultados de ésta localidad se muestran en la ilustración II-5 y corresponden con el periodo del 13 de noviembre de 1991 al 10 de julio de 1992. Por último en la ilustración II-6 se reportan los resultados para la localidad de Santo Domingo, mediciones llevadas a cabo durante el periodo del 15 de noviembre de 1991 al 3 de mayo de 1992.

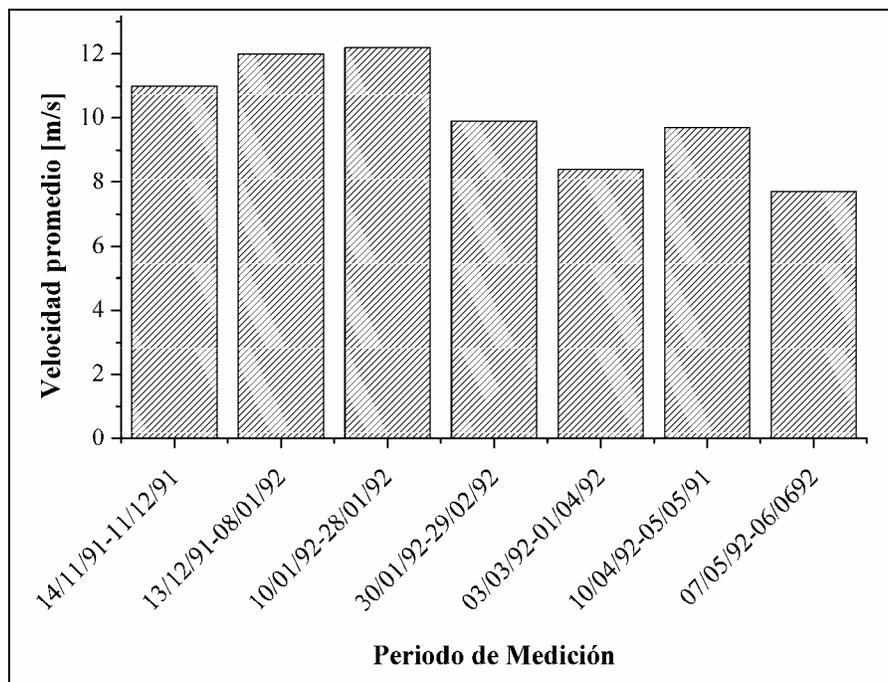


Ilustración II-4. Resultados obtenidos en La Mata, Oaxaca, del 14 de noviembre de 1991 al 6 de junio de 1992.

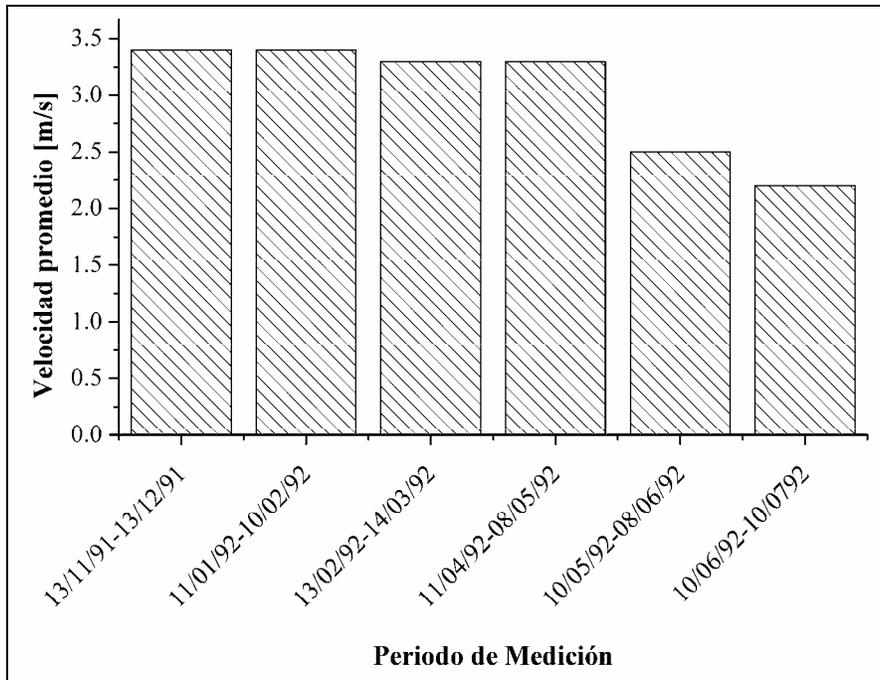


Ilustración II-5. Resultados obtenidos en Rancho Salinas Oaxaca, del 13 de noviembre de 1991 al 10 de julio de 1992.

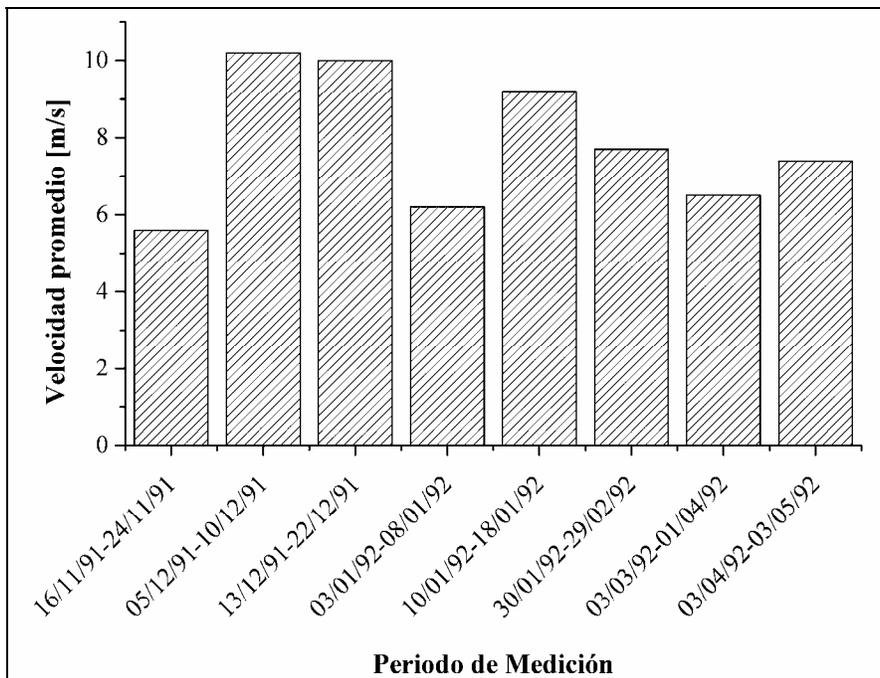


Ilustración II-6. Resultados obtenidos en Santo Domingo, Oaxaca, del 15 de noviembre de 1991 al 3 de mayo de 1992

En las conclusiones del informe correspondiente se mencionó que el aprovechamiento del recurso eólico en La Mata y en Santo Domingo es viable para la generación eléctrica.

A inicios de 1996, la Comisión para la Cooperación Ambiental Canadá – Estados Unidos – México contrató al IIE para llevar a cabo un *Estudio de Prefactibilidad para un Proyecto de Energía Eólica de 150 MW en La Ventosa, Oaxaca, México*. El objetivo de dicho estudio fue identificar el marco técnico, económico y regulador en el que se podría formular el proyecto con fines de implementación conjunta. En esta ocasión, el ingeniero Marco Borja, investigador del IIE dirigió dicho proyecto y realizó las investigaciones principales, incluyendo la estimación del potencial de generación de electricidad, el costo nivelado de generación de electricidad con energía eólica y el potencial de mitigación de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos (Borja *et al.*, 1997). Cabe mencionar que los parámetros base que se utilizaron para definir el recurso eólico en la zona de La Ventosa, fueron la velocidad media del viento y su respectiva desviación estándar en periodos mensuales, asociados con la distribución de su dirección y rumbo. Estos datos fueron adquiridos por mediciones realizadas por el IIE entre 1984 y 1985 con cinco estaciones anemométricas referidas en párrafos anteriores. Los datos de la estación anemométrica del poblado La Venta fueron los que se utilizaron para la estimación del potencial de generación eoloeléctrica debido a la posible ubicación de la central de 150 MW en esta área.

En el trabajo desarrollado se analizó el potencial de generación de electricidad. Para ello se utilizó la metodología recomendada por la Agencia Internacional de Energía publicada en 1995. Al realizar la estimación del potencial de generación de electricidad para una capacidad instalable de 149.6 MW se consideraron tecnologías disponibles en los Estados Unidos y se seleccionaron dos máquinas con potencias nominales de 550 kW y 275 kW con altura de instalación cercana a 40 metros sobre el nivel de terreno. Para los cálculos se consideraron los siguientes puntos:

- Para cada mes del año, se consideró la distribución de la velocidad del viento extrapolada a la altura de instalación de los aerogeneradores.
- Los datos de la curva de potencia de los aerogeneradores considerados.
- Un factor de disponibilidad técnica atribuible a fallas y mantenimiento de las unidades generadoras con un valor de 0.98 en congruencia con la información proporcionada por los fabricantes y lo reportado en la literatura.
- Un factor de arreglo atribuible a diferencias en la magnitud del flujo eólico incidente sobre los aerogeneradores con un valor de 0.95 por las condiciones favorables de la zona.
- Un factor de comportamiento atribuible a la naturaleza (*i.e.* lluvia, polvo, etc.) con un valor de 0.99 por ausencia de granizadas, heladas y nevadas en la región.
- Se consideró una vida útil de 25 años para la central eoloeléctrica.

Los resultados de la simulación indicaron factores de planta entre 42 y 47.7%. Con una capacidad de 149.6 MW para la central simulada, el potencial de generación de electricidad correspondía con el 77% de la generación eléctrica total (*i.e.* 625.2 GWh) de 1994 en las centrales eléctricas operadas por el instituciones del sector público en el Estado de Oaxaca y aproximadamente el 50% del total de la energía eléctrica vendida durante el mismo año en todo el Estado, incluyendo uso residencial, industrial, comercial, agrícola y alumbrado público. Se mencionó además que en al ámbito regional el potencial de generación de la

central de 149.6 MW, superaría el consumo anual de 1994 (*i.e.* 435 GWh) de la zona de distribución Tehuantepec, misma que abarca toda la región del Istmo.

En relación con los beneficios ambientales por mitigación de gases de efecto invernadero y de contaminantes atmosféricos, el análisis del proyecto realizado mostró que el potencial de ahorro de combustóleo sería cercano a 967,326 barriles por año y de 24'183,150 barriles durante la vida útil de 25 años de llevarse a cabo el desarrollo de la central eoloeléctrica de 149.6 MW. En cuanto al costo nivelado de la producción de energía, las cifras estimadas para la central eoloeléctrica sugirieron ser las más bajas, presentando ventaja económica sobre algunas de las tecnologías térmica convencionales. Además se encontró que dichas cifras podrían ubicarse en un nivel competitivo con los costos de generación hidroeléctrica y geotérmica.

En el año 2000, no existía información anemométrica del recurso eólico de La Venta que estuviera disponible al público en general. En abril del 2000 el IIE instaló un anemómetro en las inmediaciones del poblado de La Venta. Desde entonces, este anemómetro se ha venido operando de manera continua. A petición del Gobierno del Estado de Oaxaca, la información adquirida en dicha estación anemométrica se colocó en el sitio Web de la Gerencia de Energías No Convencionales del IIE (*D.A.L.V.*, 2003), donde puede ser consultada por un amplio número de usuarios nacionales e internacionales que incluye empresas públicas y privadas, investigadores y estudiantes.

Desde el segundo semestre del año 2000 a la fecha, se han obtenido datos anemométricos medidos por la estación de monitoreo de La Venta. Esta estación se localiza en la central eoloeléctrica de La Venta (al norte del poblado del mismo nombre). Su ubicación es 16°20'51.4" Norte, 94°29'23.5" W (con referencia NAD 27).

La medición de la velocidad del viento es realizada con anemómetros de copas aplicando el método de *distancia recorrida*. Los datos *instantáneos* se obtienen con una frecuencia de 0.5 Hz y se registra su valor promedio para intervalos de 10 minutos. Las mediciones se realizan a dos alturas diferentes, una es 32 m y la otra es 15 m, sobre el nivel del terreno (La altura de 32 metros obedeció a que el anemómetro se instaló en una torre de 42 metros cuyo nivel de 40 metros ya estaba ocupado).

En la ilustración II-7 se muestra la velocidad media del viento para el periodo mayo de 2000 a junio de 2003, medida a 32 metros de altura sobre el nivel del suelo. Los datos se pueden consultar en la página de Internet de la Gerencia de Energías No Convencionales del IIE <<<http://genc.iie.org.mx/genc/index2.html>>>.

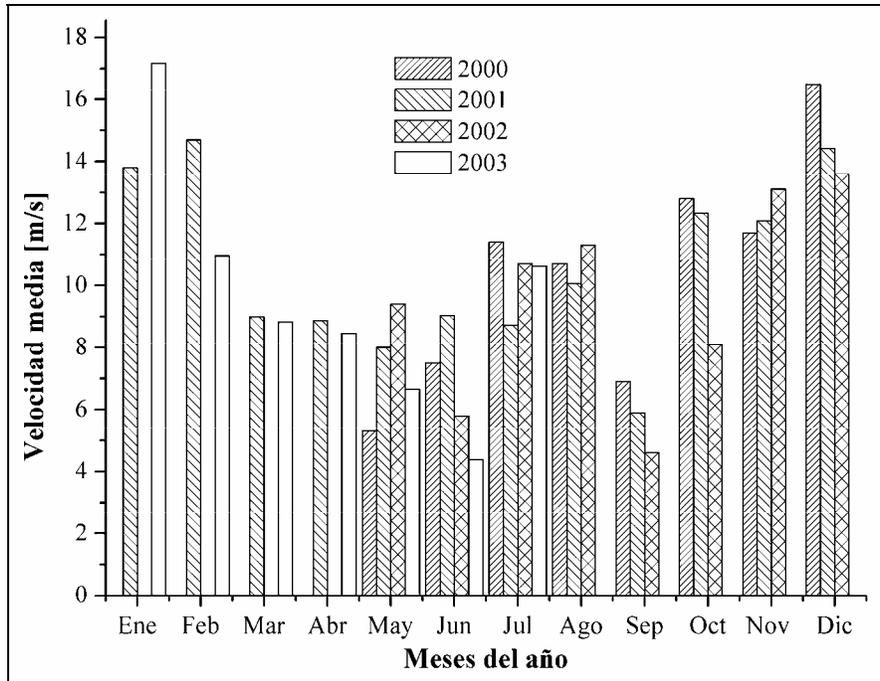


Ilustración II-7. Velocidad media del viento a 32 metros de altura sobre el nivel del terreno. Datos anemométricos tomados en la Central de La Venta.

La ilustración II-8 corresponde con las velocidades máximas registradas a 32 m de altura. Como se puede observar, en la región se han alcanzado velocidades cercanas a 30 m/s que equivalen a velocidades del orden de 108 km/h.

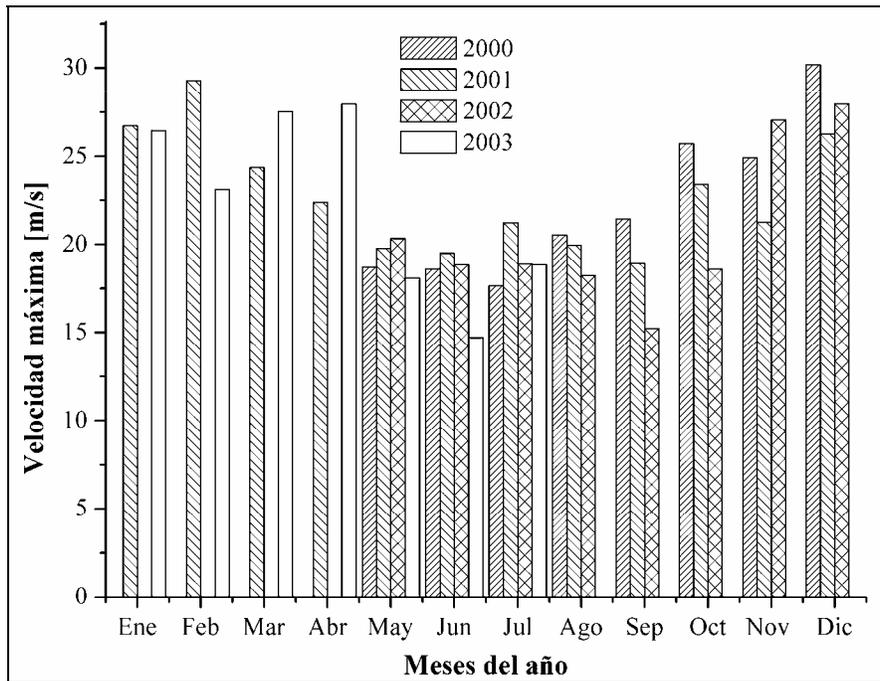


Ilustración II-9. Velocidad máxima del viento a 32 metros de altura sobre el nivel del terreno. Datos de la estación anemométrica de La Venta.

Se realizó un primer análisis de las características del viento en la localidad, utilizando los datos anemométricos del año 2001. En la ilustración II-10 se observa que la dirección dominante de del viento es la dirección Nornoroeste (NNE) con alrededor del 65 % durante todo el año. Para la dirección NNE se estimó la velocidad media en 14 m/s. De igual forma se observa que las velocidades menores que 8 m/s típicamente corresponden a otras direcciones o rumbos. Se debe mencionar que se consideró que las velocidades menores que 2 m/s corresponden con calmas debido a la sensibilidad y resolución de los anemómetros utilizados. De esta manera se calculó que el 10 % durante todo el año corresponde con periodos de calma.

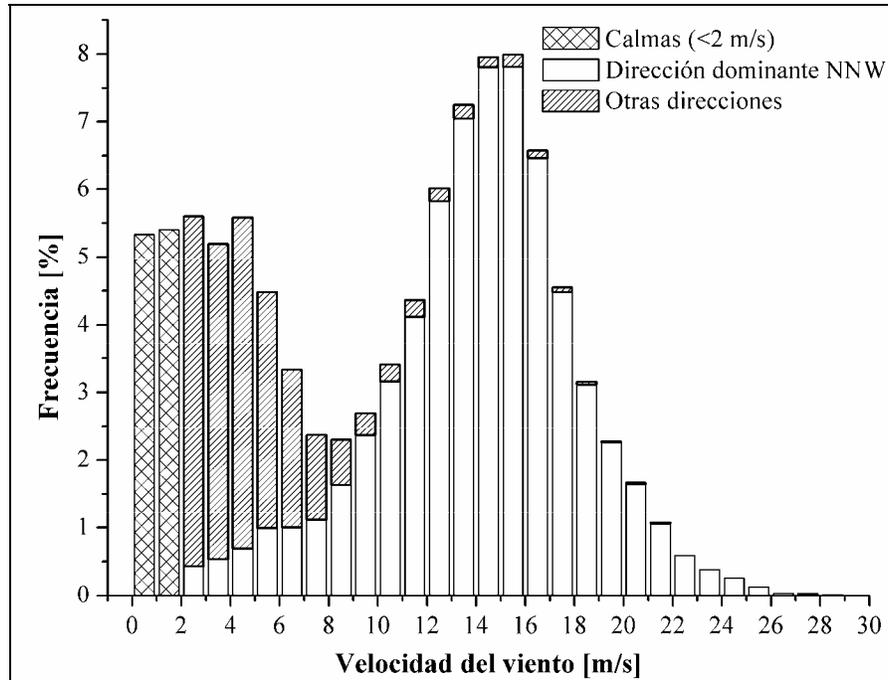


Ilustración II-10. Distribución de velocidades por rumbos para el año 2001.
Datos de la estación anemométrica de La Venta a 32 metros de altura.

Por otro lado, se observó que la distribución de la velocidad del viento es bimodal y, por consiguiente no es correcto aproximarla mediante la función **unimodal** de densidad de probabilidad de Weibull (f. d. p.). En la ilustración II-11 se grafica la frecuencia de las velocidades medias correspondientes al año 2001. Como se observa la f. d. p. de Weibull no reproduce el comportamiento de los datos anemométricos. Por tal razón se sugirió utilizar una f. d. p. bimodal compuesta por la suma de **dos funciones de Weibull**. Se observa en la ilustración II-11 que la función bimodal propuesta reproduce con mayor exactitud los datos anemométricos en lugar de utilizar la función de Weibull unimodal.

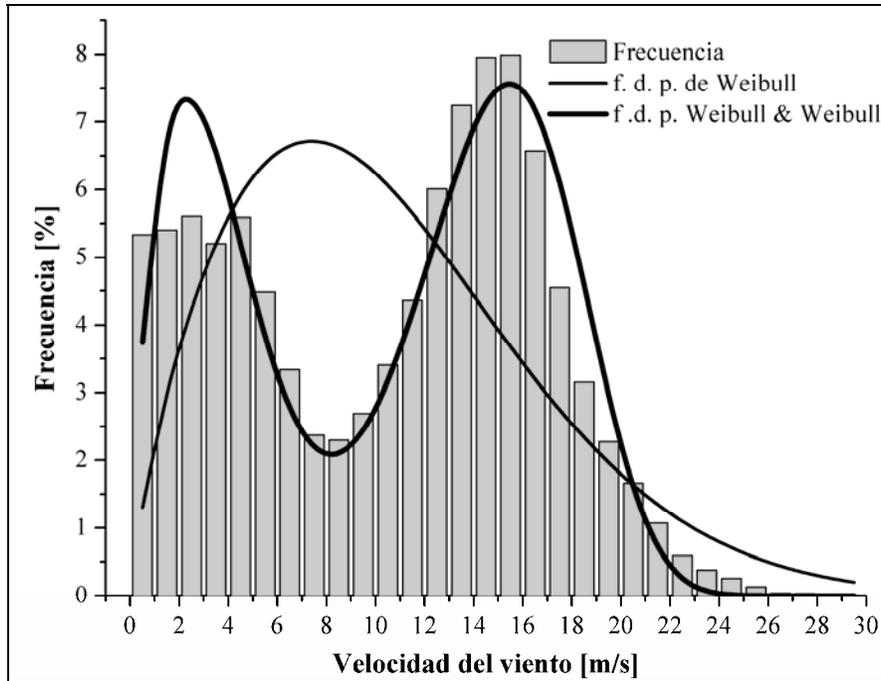


Ilustración II-11. Función de densidad de probabilidad para el año 2001. Datos de la estación anemométrica de La Venta a 32 metros de altura.

El cálculo de la densidad de potencia de los datos para el 2001 se presenta en la ilustración II-12. Se puede observar que la mayor densidad de potencia ocurre en el trimestre diciembre a febrero. Se debe tener en mente que la densidad de potencia es directamente proporcional con la velocidad del viento como función cúbica.

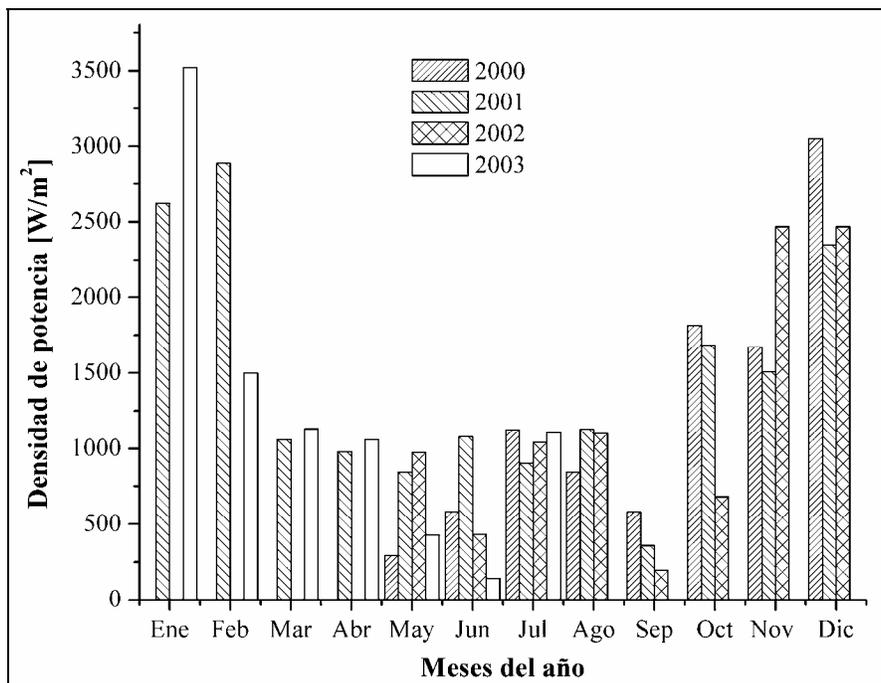


Ilustración II-12. Densidad de potencia a 32 metros de altura sobre el nivel del terreno.

De lo anterior, se puede corroborar que la información que generan las *mediciones en superficie* son más precisas y útiles que las que se obtienen por modelos de mesoescala. Es decir, las mediciones anemométricas en superficie son insustituibles para evaluar adecuadamente el recurso eólico con propósitos de aprovechamiento energético en proyectos de inversión. A pesar de ser el método más adecuado, las mediciones anemométricas no están libres de errores y desviaciones y deben realizarse atendiendo a las buenas prácticas reconocidas en el ámbito internacional.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas ha puesto a disposición pública información anemométrica (datos crudos y resultados de procesamiento) de mayo del 2000 a agosto de 2004. Sin lugar a duda, éste es un acervo de información importante que sirve para apoyar la formulación y evaluación de proyectos eoloeléctricos en el área de vientos más intensos del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. Esta información está siendo utilizada por diversos actores que incluyen desde estudiantes que realizan tesis en el tema de proyectos eoloeléctricos hasta compañías fabricantes de aerogeneradores que usan estos datos para adecuar sus diseños al intenso régimen de velocidades con su distribución especial.

Anexo III

Borrador del Anteproyecto de “Ley Eólica” del Gobierno del Estado de Oaxaca

Exposición de motivos

En la actualidad la producción de energía que puede obtenerse de la fuerza del viento tiene singular importancia, a ella la conocemos como energía eólica, y día a día se incrementa el interés de producir con ello energía eléctrica, sin que exista la precaución de que se agote la materia prima, dando que ésta es, además de gratuita, abundante e inagotable.

En el estado de Oaxaca existe una zona conocida como el *Corredor Eólico del Istmo* situado precisamente al sur del Istmo de Tehuantepec, en el que el paso del viento es constante y suficiente para ser considerada ésta como una de las mejores zonas en el planeta con capacidad de responder a la inacción y al estancamiento del crecimiento económico y comprobar que el uso de la energía eólica puede resultar una alternativa viable y poderosa para el desarrollo sustentable en la entidad, amen de representar una opción a futuro para combatir la afectación detectada en la forma de labranza del campo, derivada del cambio climático que ha sufrido nuestro planeta desde hace varios años.

Por ello resulta imperativo que dentro de los objetivos de la política de desarrollo económico del Estado Libre y Soberano de Oaxaca se reafirme el de regular la construcción o modificación de centrales eólicas independientemente si la producción de éstas será destinada o no al servicio público de energía eléctrica.

Para la implantación de estas centrales dentro de la jurisdicción de los municipios del estado, se requiere de una organización eficaz que permita aprovechar al máximo todas aquellas extensiones de terreno que cuenten con recursos eólicos para la producción e interconexión de electricidad.

El beneficio directo obtenido es la disminución del conjunto de energía primaria por fuentes fósiles, representando inclusive un impacto positivo en el desarrollo sustentable del país.

En este sentido el Gobierno del Estado busca coadyuvar con la Secretaria de Energía, en la consecución de sus objetivos para garantizar una oferta de energéticos de alta calidad y eficiencia en el corto, mediano y largo plazos, además de muy bajo costo en el equilibrio aceptable entre el crecimiento económico la protección ambiental y el desarrollo social.

Sin embargo, para ello se requiere de un instrumento jurídico, ágil y suficiente para además de organizar las grandes extensiones de terreno como se ha dicho, homologar la actuación de los propietarios de las tierras y de las autoridades cuya competencia recaiga por la ubicación territorial de los predios beneficiados.

En esta tesitura resulta propicio destacar que es a través de la autorización que los municipios del estado efectúen por conducto de sus ayuntamientos, como se pretende regular la

construcción o modificación de centrales eólicas destinadas o no al servicio público de energía eléctrica, cuyos recursos eólicos sean identificados ya sea en la actualidad o en el futuro como viables, considerándose para ello las particulares condiciones orográficas y por ende las climáticas.

Se considera también el grado de desarrollo alcanzado por la tecnología en el aprovechamiento cabal de vientos moderados, la importante y creciente capacidad instalada en el mundo para generar electricidad por estos medios, el posible peso relativo de estos tipos de fuentes en la planificación de la oferta energética para el propio estado de Oaxaca, sin olvidar la exigencia de implicar mínima afección medioambiental.

En tal virtud, se presenta este instrumento jurídico, que contempla un conjunto de medidas que permitirán regular todas aquellas solicitudes y autorizaciones para construcción de centrales eólicas en la entidad. Mismo que en su origen busca reglamentar lo previsto por el artículo 113 fracción III inciso I de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Oaxaca.

Esta ley se conforma de cuatro títulos, con sus correspondientes capítulos, que regula la relación contractual que se suscite entre la persona física o moral inversionista (que para efectos de identificación se denomina permisionario) y la persona o personas que resulten tener la propiedad de la extensión de terreno en la que se pretenda construir la central eólica, así mismo regula la forma en la que el permisionario deberá presentar la solicitud y los requisitos que ésta debe cumplir, y la forma en que el municipio a través de su ayuntamiento efectuará la autorización respectiva después del análisis del proyecto integral que le sea presentado.

En su título primero prevé el objeto de la ley, las autoridades y el ámbito de competencia de la misma.

En su título segundo se regula el procedimiento a seguir para la obtención de la autorización para construcción o modificación de las centrales eólicas, fijando los requisitos que deberán presentar los solicitantes y la documentación que como soporte legal tendrán que exhibir a efecto de que sea considerada para estudio.

Así mismo se prevé la participación de la Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial como órgano consultor, quien efectuará un análisis de la solicitud presentada y emitirá su opinión respecto a la procedencia de la misma.

En el capítulo tercero se considera la existencia, instalación e integración del Consejo de Planeación del Corredor Eólico del Istmo, quien fungirá como órgano consultivo y de apoyo a la Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial del Poder Ejecutivo del estado. En este mismo se incluyen los objetivos y las atribuciones de tal órgano colegiado, así como la forma en la que llevará a cabo su funcionamiento.

Dentro de las atribuciones con las que se prevé dotar al consejo, se encuentra la de fungir como conciliador entre los permisionarios y los ayuntamientos de los municipios, en las controversias que derivadas de la solicitud y otorgamiento de autorizaciones se presenten.

En tal sentido en este capítulo se incluye un procedimiento conciliatorio, previsto para intentar dar solución a las reclamaciones que se expongan.

Finalmente en el capítulo cuarto se prevé el recurso ordinario de defensa que podrá ser agotado por el permisionario que no se vea favorecido con el otorgamiento de una autorización exponiéndose el procedimiento a seguir, así como los términos y plazos en los que deberá ser agotada esta etapa.

Anteproyecto de la Ley que Regula las Autorizaciones que podrán expedirse para la Construcción o Modificación en el Estado de Oaxaca de una Central Eólica Interconectada al Sistema Eléctrico Nacional.

Título Primero Disposiciones Generales Capítulo Único

Artículo 1.- Esta ley tiene por objeto establecer el procedimiento de autorización para la construcción o modificación de una central eólica, así como fijar las condiciones técnicas socioeconómicas y medios ambientales que como mínimo deban registrarse en la jurisdicción del municipio cuyo ayuntamiento desee expedir tal autorización.

Artículo 2.- Quedan sujetos a esta ley, todos aquellos permisionarios que deseen construir o modificar una central eólica, dentro de la extensión territorial del estado de Oaxaca.

La presente Ley es de observancia obligatoria para la administración pública estatal y para aquellos municipios que se encuentren dentro de los supuestos previstos por el objeto de la misma.

Artículo 3.- Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

- I **SEDIC:** Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial
- II **Municipio:** Nivel de gobierno, con personalidad jurídica y territorio y patrimonio propio, autónomo y con libre administración de su hacienda, gobernado por un Ayuntamiento.
- III **Ayuntamiento:** Corporaciones públicas integradas por presidentes municipales y varios concejales constituidos para la administración de los intereses de los municipios del estado de Oaxaca, en términos de lo dispuesto por el artículo 115 fracción I de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y 113 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Oaxaca.
- IV **Central Eólica:** Conjunto de turbinas productoras de electricidad cuyo energético primario es el viento, pudiendo considerarse o no su actividad como servicio público de acuerdo a la normatividad federal vigente en la materia. La central eólica incluye las instalaciones auxiliares para la transformación, control y conducción del fluido eléctrico hasta el punto de interconexión.

- V **Punto de interconexión:** Sitio donde el permisionario entrega al sistema eléctrico nacional la energía producida por su central eólica.
- VI **Permisionario:** Persona física o moral titular tanto de un permiso de generación, exportación o importación de energía eléctrica, expedido por la Comisión Reguladora de Energía, como de una manifestación de impacto ambiental aprobada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- El permiso de generación deberá incluir las modalidades de abastecimiento, producción independiente de energía y pequeña producción, en el entendido de que estas dos últimas destinarán la totalidad de la producción al servicio público y por lo tanto deberán contar con poder notarial de la Comisión Federal de Electricidad o de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro.
- VII **Contrato de Arrendamiento e Indemnización:** Instrumento por el cual el permisionario se obliga a entregar contraprestaciones en efectivo sujetas a negociación, con los propietarios de la reserva territorial arrendataria, por concepto de mediciones energéticas del viento, reserva territorial arrendataria y explotación de la central eólica, en caso de resultar viable la construcción o modificación de la central eólica.
- VIII **Licencia:** permiso expedido por el ayuntamiento a favor del permisionario para la construcción y uso de suelo o modificación de una central eólica.
- IX **Dependencias:** Organismos que integran la Gubernatura, Secretarías, Procuraduría General de Justicia del Estado, Contraloría General del Poder Ejecutivo, Organismos Desconcentrados y Entidades Paraestatales u Organismos Descentralizados.
- X **Reserva Territorial Arrendataria:** Conjunto de tenencia o régimen de la tierra privado, comunal o ejidal cuyos propietarios hayan suscrito con el permisionario contratos de arrendamiento y de indemnización.
- XI **Consejo:** Consejo de Planeación del Corredor Eólico del Istmo.

Artículo 4.- Los actos, convenios o contratos que las dependencias o municipios a través de sus ayuntamientos realicen en contravención a lo dispuesto por esta ley, serán nulos y de la exclusiva responsabilidad de quien los formule.

Artículo 5.- Serán competentes para aplicar la presente ley, las autoridades siguientes:

- I la Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial
- II Los ayuntamientos de los municipios del estado que se encuentran dentro de los supuestos previstos en el objeto de esta Ley.
- III Las demás que determinen las leyes, reglamentos, decretos y demás disposiciones legales aplicables.

Artículo 6.- A fin de cumplir con lo dispuesto en esta Ley, la SEDIC además de las facultades que le confiere la ley orgánica del poder ejecutivo del estado, fungirá como órgano técnico consultor de cualquier ayuntamiento.

Título Segundo De la Autorización Administrativa

Capítulo I (Disposiciones Generales) Tipos de Licencias y Requisitos

Artículo 7.- La solicitud para la obtención de una licencia deberá presentarla el permisionario por sí o a través de su representante o apoderado legal debidamente acreditado en original y 3 copias ante el ayuntamiento del municipio que corresponda, debiendo acreditar con las documentales respectivas lo siguiente:

- a) El carácter de permisionario de acuerdo a las disposiciones de esta ley,
- b) Haber presentado un escrito de intención para formar parte del desarrollo eólico del Istmo, dirigida al Ciudadano Gobernador Constitucional del Estado de Oaxaca a través de la SEDIC.
- c) Haber recibido respuesta de la SEDIC al escrito de intención presentado.
- d) Haber suscrito con anterioridad contratos de arrendamiento e indemnización con los propietarios de la reserva territorial arrendataria.

Los contratos de arrendamiento presentados por el permisionario deberán prever lo siguiente:

En lo relativo al arrendamiento de los inmuebles destinados para las mediciones energéticas del viento y para procurarse la reserva territorial arrendataria como tal, además de las contraprestaciones en efectivo pactadas con los propietarios de la reserva territorial arrendataria, deberán encontrarse suscritos con la duración de al menos un año y cuando mucho tres, prorrogándose una sola vez por causas no imputables al permisionario como las establece el reglamento de esta Ley. Se tiene entendido que ésta etapa servirá para certificar la viabilidad de construir, operar y mantener una central eólica al interior de las colindancias de la reserva territorial arrendataria.

En lo relativo al arrendamiento de los inmuebles destinados para la instalación de la central eólica, deberá preverse si se destinará o no la generación eléctrica al servicio público de acuerdo a la ley federal vigente en la materia, considerándose una duración del inquilinato de al menos 20 años y cuando mucho 30.

En todos los casos las contraprestaciones en efectivo se pactarán por los términos de negociación entre los propietarios de la reserva territorial arrendataria y el permisionario por sí o a través de su representante o apoderado legal debidamente acreditado.

En estos contratos necesariamente deberá establecerse de conformidad a la legislación civil vigente en el Estado de Oaxaca la persona o personas que a falta del dueño de la tierra deberá continuar percibiendo las contraprestaciones pactadas, hasta en tanto en este supuesto queda definida legalmente la sucesión del mismo.

Asimismo, deberán contener en sus cláusulas la especificación de la indemnización en especie al término de la construcción o modificación, o durante la operación y el mantenimiento de la central eólica, si y solo si, la afectación resultante de estas actividades la comprobare la autoridad competente en la materia con o sin la solicitud de alguna de las partes.

Aunado a lo anterior y para efectos de demostrar la posible afectación que resultare de las actividades realizadas, el propietario de la reserva territorial podrá aportar todos aquellos elementos necesarios a la autoridad competente, para que esta última se encuentre en posibilidades de valorar los mismos y en su momento emitir su resolución o acuerdo correspondiente.

- e) Contar con domicilio para recibir notificaciones y acuerdos dentro del Estado Libre y Soberano de Oaxaca.

Artículo 8.- Además de la documentación prevista en el Artículo que directamente antecede, al escrito de solicitud deberá acompañarse lo siguiente:

- a) Tratándose de personas morales acta constitutiva y modificatorias del permisionario, por lo que hace a personas físicas formato R1 presentado ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y Cédula de Identificación que contenga el registro federal de contribuyentes.
- b) Para personas morales poder notarial del representante legal del permisionario.
- c) Comprobante del domicilio fiscal actual del permisionario, así como la declaración por escrito en el que éste se compromete a cambiar su domicilio fiscal al Estado de Oaxaca al inicio formal de operaciones de la central eólica, según la fecha establecida por la Comisión Reguladora de Energía.
- d) Permiso para la generación de electricidad en una modalidad no considerada como servicio público, otorgado por la Comisión Reguladora de Energía, si el fluido eléctrico se requiere destinar al servicio público, deberá presentar el poder notarial respectivo otorgado por la Comisión Federal de Electricidad o por la Compañía de Luz y Fuerza del Centro.
- e) Dictamen favorable hacia la Manifestación de Impacto Ambiental, rendida y autorizada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- f) Declaración por escrito que contenga:
- I El diámetro del rotor de las turbinas a emplear en los extremos de la central eólica.
 - II La altura de la torre de las turbinas a emplear en los extremos de la central eólica.
 - III El resultado de la medición de las diez direcciones del viento con mayor contribución energética anual, por extrapolación a través de la reserva territorial arrendataria.
 - IV La ubicación estimada de los accesos viales para la construcción y mantenimiento dentro de la reserva arrendataria.
 - V El plazo de ejecución del proyecto.
 - VI La estimación de la inversión a realizarse.

En caso de detectarse que la información proporcionada por el permisionario en su escrito de solicitud no coincida con la que efectivamente utilice en los extremos de la central eólica, se considerará que existe una modificación a ésta última y en este supuesto la licencia originalmente otorgada quedará sin efecto, debiendo el permisionario renovar la misma. No se considerará modificación de la central eólica si los cambios en la altura de la torre o en el diámetro del rotor se realizan al interior del arreglo escalonado de la central eólica, definiéndose tal arreglo en el Reglamento de la presente Ley.

Artículo 9.- Todo permisionario deberá observar estrictamente las estipulaciones emitidas por la Comisión Reguladora de Energía y en caso necesario, las de la Comisión Nacional del Agua.

Artículo 10.- Para los efectos del artículo anterior, el permisionario acompañará en su escrito de solicitud, además de la documentación relacionada en el Artículo 9 de este ordenamiento, las observaciones técnicas provenientes de todo aquel organismo público afectado por la futura central eólica, esto en el supuesto de que éstas sean distintas a las contenidas en los permisos o concesiones ya otorgadas.

Artículo 11.- La solicitud que cumpla con los requisitos previstos por esta ley deberá ser publicada por el ayuntamiento, en el periódico oficial del estado, en un diario con circulación estatal y en el tablón de anuncios del propio ayuntamiento.

Esta publicación deberá realizarse a más tardar dentro de los veinte días hábiles contados a partir de la recepción de la solicitud.

Lo anterior tendrá el objeto de otorgar la posibilidad de defensa a toda aquella persona física o moral que legalmente le asista el derecho.

A partir de la fecha de la publicación, el ayuntamiento computará el término de diez días hábiles, dentro del cual al no presentarse tercero perjudicado alguno, se realizará la certificación correspondiente y quedará firme la solicitud presentada por el permisionario.

En caso de existir un tercero perjudicado, éste a su vez tendrá un plazo de diez días hábiles, contados a partir del último día concedido para objetar la solicitud, asistiéndole el derecho de exponer por escrito ante el ayuntamiento los motivos por los que le resulte perjuicio el posible otorgamiento de la autorización a otorgarse.

La persona o personas que se ostenten como tercero perjudicado deberán acreditar ante el ayuntamiento el interés jurídico y legitimidad de su derecho.

En este último supuesto y existiendo tercero perjudicado aplicará en lo relativo lo previsto por el Título Cuarto de esta Ley.

Artículo 12.- Agotados cualquiera de los supuestos previstos en el artículo que antecede, el presidente municipal previo acuerdo del ayuntamiento deberá remitir dentro de los diez días hábiles siguientes, la solicitud del permisionario y su documentación anexa a la SEDIC en su calidad de órgano consultor.

Artículo 13.- La SEDIC recibirá la documentación para el análisis, correspondiente de la solicitud y del proyecto, y emitirá opinión sobre la adecuación de éste a la Ley para el Fomento de Desarrollo Económico del Estado de Oaxaca.

Artículo 14.- Para emitir su opinión la SEDIC tendrá un término de treinta días hábiles contados a partir de la recepción de la solicitud y documentación anexa.

Artículo 15.- Con la opinión proporcionada por la SEDIC, el ayuntamiento mediante resolución administrativa podrá autorizar o negar en un plazo de cinco días hábiles, la licencia para la construcción o modificación de la central eólica, sujetándose además de lo contemplado en esta Ley a lo previsto en el artículo 115, fracción V, incisos d y f de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Transcurrido el plazo anterior sin que el ayuntamiento emitiera su resolución o no existiere notificación al permisionario para audiencia de conciliación, operará la afirmativa ficta.

Artículo 16.- La licencia otorgada por el ayuntamiento, al permisionario tendrá el efecto de autorizar únicamente la construcción o modificación de una central eólica dentro de su ámbito territorial, mas no la operación de la misma.

Artículo 17.- Tratándose del pago de derechos por concepto de la licencia expedida deberá observarse lo siguiente:

- a) El permisionario por autoabastecimiento, pequeña producción, o exportación de energía eléctrica cubrirá el importe de la licencia, siendo el aporte igual al análogo señalado por la Fracción Primera del Artículo 56 de la Ley Federal de Derechos a la fecha de autorización de la solicitud por el ayuntamiento, en caso de erigirse la central eólica.

Cuando éste quiera modificar la central eólica, el cargo aplicado será el análogo indicado por la Fracción Tercera del Artículo 56 de la Ley Federal de Derechos,

sometiéndose en este supuesto al permisionario de nuevo a todo lo dispuesto en la presente Ley.

- b) Cuando el permisionario sea la Comisión Federal de Electricidad o la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, solo entregará a los propietarios de la reserva territorial arrendataria una contraprestación en efectivo previamente negociada, al año del inicio formal de operaciones; no estará obligado ninguno de los organismos citados al pago de la licencia en solicitud, ya sea al erigir o al modificar su central eólica, sometándose sólo a las obligaciones no onerosas al tramitarla y obtenerla, debido a la prestación del servicio público de energía eléctrica que estos realizan.
- c) Si el permisionario es un productor independiente de energía eléctrica, cubrirá el importe de la licencia, siendo el aporte igual al análogo señalado por la Fracción Segunda del Artículo 56 de la Ley Federal de Derechos a la fecha de autorización de la solicitud por el ayuntamiento; cuando éste quiera modificar la central eólica, el cargo será igual al análogo previsto por la Fracción Cuarta del Numeral Último citado.
- d) Todos los propietarios de cualquier reserva territorial arrendataria enterarán, un impuesto predial a la tesorería del municipio donde se haya construido o modificado la central eólica, el gravamen será de hasta el 5 % sobre la contraprestación en efectivo otorgada a los propietarios de la reserva territorial arrendataria por el permisionario en inquilinato al explotar la central eólica.

Si existe alguna asociación física o moral de los propietarios de la reserva territorial arrendataria con el permisionario o cualquier otra sociedad mercantil para la explotación de la central eólica en solicitud, el gravamen será el 1 % sobre la producción energética neta al costo nivelado de generación para tal central eólica

La fecha para el pago de esta contribución será al día hábil siguiente de cada año, contado a partir del inicio formal de operaciones o conclusiones de la modificación de la central eólica, esta fecha será determinada por la Comisión Reguladora de Energía.

- e) Cuando el permisionario sea la Comisión Federal de Electricidad o la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, el gravamen será el 5 % sobre la contraprestación en efectivo otorgada a los propietarios de la reserva territorial arrendataria por el permisionario en inquilinato al explotar la central eólica.

Si existe alguna asociación física o moral de los propietarios de la reserva territorial arrendataria con el permisionario o cualquier otro organismo público federal, estatal o municipal, para la explotación de la central eólica en solicitud, el gravamen será el 1 % sobre la producción energética neta al costo nivelado de generación para tal central eólica.

La fecha de pago de esta contribución será al día hábil siguiente de cada año del inicio formal de operaciones o conclusión de la modificación de la central eólica, que será determinada por la comisión reguladora de la energía.

Artículo 18.- Para surtir efecto frente a terceros, la resolución que autorice la construcción o modificación, se publicará por el ayuntamiento del que se trate a mas tardar dentro de los veinte días hábiles siguientes a la fecha de su expedición, en el Periódico Oficial del Estado,

en un diario de circulación estatal y en el tablón de anuncios del propio ayuntamiento. Esta publicación podrá realizarla además el permisionario beneficiado respetando el plazo antes indicado.

Título Tercero

Capítulo I

Del Consejo de Planeación del Corredor Eólico del Istmo.

Artículo 19.- Se constituye el Consejo de Planeación del Corredor Eólico del Istmo que tendrá como domicilio la Ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca, y que fungirá como un órgano consultivo de apoyo a la SEDIC, con facultades normativas, ejecutivas y de supervisión en materia de autorización para construcción o modificación de centrales eólicas en el Estado de Oaxaca.

Artículo 20.- El consejo tendrá los siguientes objetivos:

- a) Coadyuvar en la fijación de los criterios a observar en materia de autorizaciones de licencias para construcción o modificaciones de centrales eólicas en el estado.
- b) Fungir como instancia administrativa en el procedimiento conciliatorio previsto por esta Ley.

Artículo 21.- El consejo se integrara de la manera siguiente:

- I Un presidente que será el Gobernador del Estado, quien tendrá voto de calidad.,
- II Un Vicepresidente que será el Secretario de Desarrollo Industrial y Comercial, quien además suplirá al Presidente en sus ausencias.
- III Un Secretario Técnico que será el Director de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa de la SEDIC, su suplente será el servidor publico que éste designe bajo su responsabilidad.
- IV Un representante en común del sector productivo, quien ostentará la Vocalía “A” dentro del Consejo.

Éste representante común previamente a la instalación del Consejo deberá ser designado internamente por los integrantes de la:

- A) Representación ejidal
- B) Representación comunal
- C) Representación de la pequeña propiedad

- v un representante en común del sector empresarial, quien ostentará la Vocalía “B” dentro del consejo.

Éste representante común previamente a la instalación del Consejo deberá ser designado internamente por los integrantes del:

- A) Representante financiero
- B) Representante desarrollador
- C) Representante industrial.

reunidos en una asociación empresarial u otro tipo de organización de su libre elección.

El Vicepresidente tendrá voz y voto en las sesiones del consejo, sin embargo en ausencia del Presidente, asumirá el carácter de éste y tendrá como tal, voto de calidad. En este supuesto el servidor público que bajo su responsabilidad designe como su suplente asumirá el carácter de Vicepresidente.

El Secretario Técnico y los Vocales A, y B contarán con voz y voto en las sesiones del Consejo.

Los vocales A y B acreditarán su personalidad como representantes en común de los sectores productivo e empresarial respectivamente exhibiendo ante el Presidente del Consejo, el acta circunstanciada que al efecto se haya diligenciado y en la que conste tal designación, misma que deberá contener los nombres y firmas de las representaciones aludidas en las fracciones IV y V de este numeral.

Los integrantes propietarios del Consejo podrán designar a sus suplentes, mediante escrito que dirijan al Presidente, durante la reunión anual de instalación del Consejo, misma que se llevará a cabo durante el mes de enero de cada año a convocatoria del Presidente o Vicepresidente.

El carácter de suplente será indelegable, y por lo tanto no podrán nombrarse representantes de este en las sesiones respectivas.

Asimismo podrán participar en las sesiones del Consejo previa invitación del Vicepresidente, con el carácter de invitado, el Representante del Ayuntamiento cuya solicitud se encuentre contemplada en el orden del día.

De igual forma podrá el Vicepresidente invitar a representantes de organismos, empresas, dependencias, entidades paraestatales, ayuntamientos entre otros, cuya participación se considere importante para enriquecer el sentido del acuerdo a tomar por el consejo.

Los invitados a las sesiones del consejo, contarán con voz pero sin voto durante las mismas.

Artículo 22.- El Consejo para el cumplimiento de sus objetivos, tendrá las siguientes atribuciones:

- I Coadyuvar con la SEDIC en la elaboración de los instrumentos jurídicos que resulten necesarios en materia de autorización de licencias para la construcción o modificación de centrales eólicas.

- II Recibir para su atención las solicitudes que envíe la SEDIC, para coadyuvar con ella en la emisión de opiniones respecto de las solicitudes presentadas por el ayuntamiento del que se trate.

Para la eficaz y eficiente atención de estas solicitudes podrá este Consejo integrarse en grupos de trabajo y asignarse comisiones según la solicitud que se encuentre en estudio.

- III Coadyuvar con la SEDIC, en la vigilancia de los permisionarios, a efecto de que estos cumplan con lo establecido en la Ley.

- IV Designar a la comisión de conciliación que atenderá el procedimiento conciliatorio previsto por esta Ley.

El resultado de este procedimiento deberá hacerse del conocimiento del Consejo en pleno, durante la sesión inmediata posterior para su conocimiento y validación.

- V Plantear a la SEDIC la obtención de asesoría externa especializada en desarrollos eólicos que por el complejo contenido tecnológico o grado de especialización dificulte dictaminar con suficiencia el acuerdo correspondiente.

Para la obtención de este asesoramiento se seguirá el siguiente orden:

Dependencias y entidades que según su competencia conozcan sobre la materia, instituciones de educación superior del estado, empresas, laboratorios o despachos profesionales.

- VI Las demás que le sean conferidas en su reglamento, decretos, acuerdos y circulares.

Artículo 23.- El Consejo funcionará bajo lo siguiente:

- I Las sesiones ordinarias se llevarán a cabo por lo menos una vez al mes y las extraordinarias cuantas veces resulten necesarias a solicitud del Presidente y/o del Vicepresidente y/o de la mayoría de los vocales.

Las convocatorias para las sesiones serán realizadas por el Secretario Técnico y a ellas deberán anexarse el orden del día, haciendo la mención que la documentación soporte de los mismos se encontrará para consulta en la sede del consejo.

Las convocatorias para las sesiones ordinarias deberán entregarse a los miembros integrantes del consejo en el domicilio que hayan señalado durante la reunión anual de instalación, con un mínimo de tres días hábiles de anticipación, para las sesiones extraordinarias bastará con un día hábil de anticipación como mínimo.

- II Tendrán validez las sesiones del consejo, cuando a las mismas asistan el Presidente o el Vicepresidente y la mayoría de los vocales propietarios o suplentes.
- III Tendrán validez los acuerdos tomados por el consejo, siempre y cuando se cuente con el voto aprobatorio mayoritario de los miembros asistentes a la sesión.
- IV Corresponderá al Secretario Técnico la elaboración de las actas respectivas.

Artículo 24.- El Consejo está facultado para actuar como conciliador entre los permisionarios y los ayuntamientos y, en su caso, los terceros perjudicados, con el objeto de intentar dirimir las controversias que se susciten entre ellos.

Capítulo II

Del Procedimiento Conciliatorio

Artículo 25.- En el supuesto de que el permisionario tuviera alguna inconformidad en contra del ayuntamiento del que se trate, podrá presentar su reclamación ante el Consejo, a efecto de agotar el procedimiento conciliatorio conforme a las siguientes reglas:

- I El consejo citará a las partes a una audiencia de conciliación que se realizará como máximo dentro de los diez días contados a partir de la fecha en que haya sido recibida la reclamación.
- II El ayuntamiento podrá remitir al Consejo un informe por escrito en el que dará respuesta detallada a los hechos de la reclamación. La presentación de este informe podrá realizarse antes de la celebración de la audiencia o inclusive en la fecha señalada para tal.

La omisión en la presentación del informe no será causa para suspender la audiencia de conciliación.

La audiencia se llevará a cabo en el lugar, día y hora señalada y concluirá en la misma fecha, sólo en caso de que a juicio del consejo no pueda llevarse a cabo en la fecha señalada podrá diferirse su celebración dentro de los cinco días hábiles siguientes.

- III En la audiencia de conciliación la Comisión de Conciliación del Consejo, realizará la conminación más amplia, hacia las partes para que estas concilien sus intereses.

En el supuesto de que las partes lleguen a un arreglo conciliatorio, la Comisión de Conciliación del Consejo elaborará un convenio en el que se haga constar

mediante el clausulado respectivo los acuerdos a los que hayan llegado las partes.

Los convenios aprobados por el consejo quedarán firmes y contra ellos no procederá recurso alguno.

La carga de la prueba respecto al cumplimiento del convenio recaerá en el permisionario.

IV En el supuesto de inasistencia de cualquiera de las partes, el Consejo por única ocasión podrá diferir la celebración de la misma.

En caso de actualizarse nuevamente éste supuesto se tendrá por agotada esta etapa y el Consejo ordenará el archivo del expediente.

V Concluidas las audiencias de conciliación y en caso de que las partes no logren avenir sus intereses, el Consejo dejará a salvo los derechos de las partes para que los hagan valer ante los tribunales competentes o en la vía que proceda.

Título Cuarto

Capítulo I

Del Recurso de Reconsideración

Artículo 26.- Contra las resoluciones dictadas por el ayuntamiento en las que se niegue parcial o totalmente una autorización para la expedición de una licencia para la construcción y/o modificación de una central eólica, procederá el recurso de reconsideración, el cual se tramitará en la forma y términos del presente capítulo, siempre y cuando haya sido agotado el procedimiento conciliatorio previsto en esta Ley.

Artículo 27.- El recurso de reconsideración se interpondrá por escrito ante la autoridad que haya emitido la resolución dentro de los quince días hábiles siguientes a su notificación.

Artículo 28.- El escrito en que se interponga el recurso de reconsideración deberá contener:

I Nombre y domicilio del recurrente, los agravios que le causen la resolución y los elementos de prueba que se consideren necesarios para desvirtuarla.

Al escrito se harán acompañar las constancias que acrediten la personalidad del recurrente

II La fecha en que tuvo conocimiento de la resolución recurrida, anexando la documentación respectiva.

III Precisar el acto o resolución que se impugne, y

IV La mención de la autoridad que haya dictado la resolución.

Artículo 29.- El ayuntamiento al recibir el recurso verificará si éste fue interpuesto en tiempo y forma legal, admitiéndolo o rechazándolo por improcedente.

En caso de admisión ordenará la suspensión respectiva, y procederá al desahogo de las pruebas que hayan sido ofrecidas y que resulten idóneas.

El plazo para el desahogo de pruebas, no deberá exceder de quince días hábiles contados a partir de la notificación del acuerdo de admisión del recurso.

Artículo 30.- Dentro de los diez días hábiles siguientes al desahogo de pruebas dado el caso, se emitirá resolución administrativa que recaiga al recurso planteado, en la que se confirme, modifique o revoque la resolución recurrida. Dicha resolución se notificará al permisionario personalmente.

Artículo 31.- Contra la resolución emitida para resolver algún recurso no procederá otro.

Artículo 32.- En lo relativo a la substanciación y desahogo de pruebas ofrecidas en el recurso de reconsideración, se aplicarán supletoriamente las disposiciones vigentes de los Códigos Civil y de Procedimientos Civiles del Estado de Oaxaca.

Transitorios

Primero: La presente Ley entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Periódico Oficial del Estado de Oaxaca.

Segundo: Lo tendrán entendido los Presidentes Municipales y harán que se publique y se cumpla.

Tercero: El ejecutivo estatal expedirá el Reglamento de esta Ley en un término de setenta días hábiles contados a partir de la fecha de publicación del presente ordenamiento.

Cuarto: El consejo de Planeación del Corredor Eólico del Istmo se instalará por primera ocasión dentro de los treinta días hábiles posteriores a la publicación de esta Ley.

Quinto: se derogan las disposiciones legales, reglamentos, decretos y acuerdos que se opongan a la presente Ley.

Reseña de Autores

Marco Antonio Borja Díaz

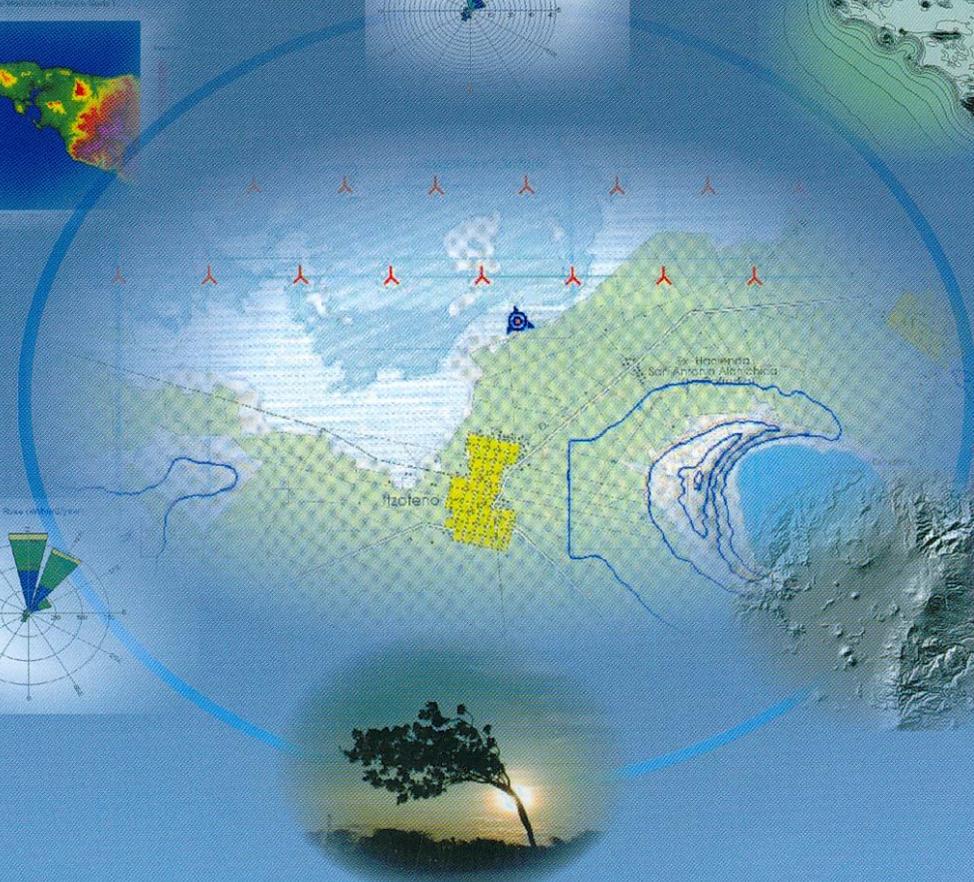
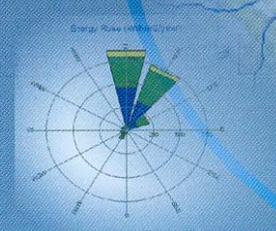
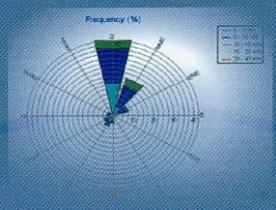
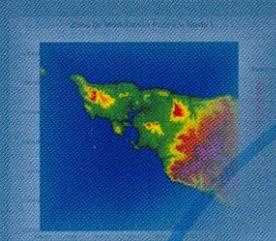
El ingeniero Borja se desempeña como investigador y jefe de proyectos en la Gerencia de Energías No Convencionales de la División de Energías Alternas del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE). Ingresó al IIE en 1980. Su área de especialidad es la generación eoloeléctrica y conduce dicha línea de investigación y desarrollo tecnológico mediante los proyectos a su cargo. En 1997 tomó el *Curso Internacional de Implementación de la Generación Eoloeléctrica* impartido por la Fundación Holandesa de Energía (ECN). Desde 1997 es el representante de México ante el *Acuerdo de Implementación para la Cooperación en la Investigación y Desarrollo de Sistemas de Generación Eoloeléctrica* que se desarrolla bajo los auspicios de la Agencia Internacional de la Energía. Es miembro de la Red Iberoamericana de Generación Eólica que se desarrolla bajo los auspicios del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Es el autor principal del libro *Estado del Arte y Tendencias de la Tecnología Eoloeléctrica* publicado en colaboración con el Programa Universitario de Energía de la UNAM. Es autor y coautor varios trabajos de investigación en el tema de la generación eoloeléctrica que incluyen publicaciones en revistas de circulación internacional con arbitraje de expertos, ponencias en congresos internacionales y ponencias en congresos nacionales. Dirigió un *Estudio de Prefactibilidad Técnico-Económica de una Central Eoloeléctrica de 150 MW para La Ventosa, Oaxaca*, contratado por la Comisión para la Cooperación Ambiental Canadá – Estados Unidos – México. Realizó un *Estudio de Aportación de la Generación Eoloeléctrica a la Capacidad del Sistema Eléctrico Nacional*, contratado por la Comisión Reguladora de Energía. En colaboración con el Gobierno del Estado de Oaxaca y el Instituto Tecnológico de Oaxaca, organizó un Diplomado en Generación Eoloeléctrica y un Diplomado en Energía Renovable. Actualmente dirige un *Estudio de Factibilidad de una Central Eoloeléctrica de 30 MW para Baja California Sur*, contratado por la Comisión Federal de Electricidad. Originó y actualmente es el Líder del proyecto *Plan de Acción para Eliminar Barreras para el Desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en México*, mismo que es cofinanciado por el Gobierno de México y por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Oscar Alfredo Jaramillo Salgado

El doctor Jaramillo colaboró en la Gerencia de Energías No Convencionales de la División de Energías Alternas del Instituto de Investigaciones Eléctricas, en la línea de investigación de generación eoloeléctrica. Ingresó al IIE en el año 2001. En el año 2003 regresó al Centro de Investigación en Energía de la UNAM, en donde previamente realizó su doctorado. Durante su estancia en el IIE, el doctor Jaramillo, con la supervisión del ingeniero Borja Díaz, aportó elementos valiosos. En el tema de la generación eoloeléctrica es autor principal tres artículos publicados en revistas de circulación internacional con arbitraje de expertos: a) *Wind speed analysis in La Ventosa, Mexico: a bimodal probability distribution case*; b) *Using hydropower to complement wind energy: a hybrid system to provide firm power*; c) *Bimodal versus Weibull Wind Speed Distributions: an Analysis of Wind Energy Potential in La Venta, Mexico*. Asimismo, colaboró en la fase inicial del desarrollo de un *Asistente Informático para la Formulación, Diseño, Evaluación y Gestión de Proyectos Eoloeléctricos*. Asimismo, durante su breve estancia en el IIE, obtuvo su grado de doctor, con mención honorífica, e ingresó al Sistema Nacional de Investigadores. Actualmente se desempeña como investigador en la disciplinas de procesos ópticos y térmicos en sistemas de concentración solar y transferencia de radiación en medios participantes, entre otras. Continúa su interés por la energía eólica impartiendo un curso de Fundamentos de Energía Eoloeléctrica.

Fernando Misael Mimiaga Sosa

El ingeniero Mimiaga fungió como Director de Desarrollo de la Micro, Pequeña y Mediana Empresas, de la Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial del Gobierno del Estado de Oaxaca. Desde el año 2000, se interesó en la promoción del desarrollo eoloeléctrico para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, por considerarlo una actividad con amplio potencial de beneficio para el desarrollo de la región y del estado. Con apoyo inicial del IIE, organizó una serie de *Coloquios Internacionales sobre Oportunidades para el Desarrollo Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec*, a los que atrajo a funcionarios públicos de alto nivel de los sectores energético y ambiental, autoridades locales, empresarios, desarrolladores de proyectos eoloeléctricos, fabricantes de aerogeneradores, representantes de instituciones financieras, representantes de organismos de apoyo al desarrollo, representantes ejidales, pequeños propietarios, e investigadores, entre otros. Acreditó los diplomados en Sistemas de Generación Eoloeléctrica y en Energía Renovable en el Instituto Tecnológico de Oaxaca. Se convirtió en el principal promotor del desarrollo eoloeléctrico en el ámbito local, canalizando gestiones de iniciativas de varios proyectos eoloeléctricos formulados por compañías privadas de reconocido prestigio. Obtuvo apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo (USAID) para realizar estudios sobre *Arrendamiento de Tierras para el Emplazamiento de Centrales Eoloeléctricas y Evaluación del Recurso Eólico con un Modelo de Mesoescala*. Con su intensa labor logró que tanto la pasada como la actual administración del Gobierno del Estado de Oaxaca consideren el desarrollo eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec como un proyecto estratégico. Actualmente colabora en el Comité Estatal de Planeación para el Desarrollo de Oaxaca (COPLADE), desde donde ha reiterado su compromiso por continuar promoviendo y apoyando acciones que impulsen el desarrollo eoloeléctrico en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.



ISBN 968611419-X

