



# Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables



**GOBIERNO FEDERAL**

**SENER**





SUBSECRETARÍA DE PLANEACIÓN ENERGÉTICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

# **Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables**



## **SECRETARÍA DE ENERGÍA**

**GEORGINA KESSEL MARTÍNEZ**

Secretaria de Energía

**JORDY HERRERA FLORES**

Subsecretario de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico

**MARIO GABRIEL BUDEBO**

Subsecretario de Hidrocarburos

**BENJAMÍN CONTRERAS ASTIAZARÁN**

Subsecretario de Electricidad

**MARÍA DE LA LUZ RUIZ MARISCAL**

Oficial Mayor

## **Responsables:**

**JORDY HERRERA FLORES**

Subsecretario de Planeación Energética  
y Desarrollo Tecnológico

**IAN MALO BOLÍVAR**

Coordinador de Asesores de la Subsecretaría  
de Planeación Energética  
y Desarrollo Tecnológico

**JULIO VALLE PEREÑA**

Director General de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico  
y Medio Ambiente

**ROBERTO DE LA MAZA HERNÁNDEZ**

Director General Adjunto de Bioenergéticos

**MARÍA DEL CARMEN PARRA HERNÁNDEZ**

Directora Jurídica de Bioenergéticos

**RAMÓN CARLOS TORRES ENRÍQUEZ**

Director de Promoción de Bioenergéticos

**GEORGINA ARBOLEYA GONZÁLEZ**

Subdirectora de Bioenergéticos

**DIEGO GUZMÁN VELÁZQUEZ**

Subdirector de Bioenergéticos

**CAROLINA NÚÑEZ VELASCO**

Asesora de la Coordinación de Asesores de la Subsecretaría  
de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico

**CLAUDIA CEBALLOS CARDOSO**

Asesora de la Coordinación de Asesores de la Subsecretaría  
de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico

## **Edición:**

**HÉCTOR ESCALANTE LONA**

Jefe de la Unidad de Comunicación Social

**MARÍA INÉS DE VALLE CASTILLA**

Directora de Difusión

**OLIVIA GARCÉS GÓMEZ**

Jefa del Departamento de Difusión

**ROSA MARÍA NORIEGA MORALES**

Jefa del Departamento de Diseño Gráfico

Agradecemos la participación de los siguientes organismos y asociaciones para la integración de este Programa:

Comisión Reguladora de Energía

Asociación Mexicana de Energía Eólica

Asociación Mexicana de Energía

Asociación Mexicana de Cogeneración  
y Abastecimiento

Consejo Mundial de Energía - Capítulo México



# ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>9</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>II. SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>15</b>
<b>III. MISIÓN, VISIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>25</b>
<b>IV. ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN</b>	<b>31</b>
<b>V. COSTOS DE REFERENCIA</b>	<b>37</b>
<b>VI. ANÁLISIS DE DIVERSOS TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES</b>	<b>39</b>
<b>1. Energía Eólica</b>	<b>41</b>
1.1 Diagnóstico	
1.2 Acciones del Gobierno	
1.3 Acciones específicas	
1.4 Retos	
<b>2. Energía Solar</b>	<b>53</b>
2.1 Diagnóstico	
2.2 Acciones del Gobierno	
2.3 Acciones específicas	
2.4 Retos	
<b>3. Energía Minihidráulica</b>	<b>65</b>
3.1 Diagnóstico	
3.2 Acciones del Gobierno	
3.3 Acciones específicas	
3.4 Retos	
<b>4. Energía Geotérmica</b>	<b>75</b>
4.1 Diagnóstico	
4.2 Acciones del Gobierno	
4.3 Acciones específicas	
4.4 Retos	
<b>5. Energía de la Biomasa</b>	<b>83</b>
5.1 Diagnóstico	
5.2 Acciones del Gobierno	
5.3 Acciones específicas	
5.4 Retos	
<b>VII. RESUMEN</b>	<b>93</b>
<b>Anexo 1. Conceptos Generales</b>	<b>97</b>
<b>Anexo 2. Marco Jurídico</b>	<b>101</b>



# PRESENTACIÓN

Conforme lo establecido en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, se presenta el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables.

Para la elaboración de este Programa se ha contado con la colaboración de asociaciones y especialistas en la materia y busca generar una amplia participación de la sociedad que cada vez demuestra un mayor interés en el aprovechamiento de las energías renovables en nuestro país.

En el Plan Nacional de Desarrollo 2007–2012, la sustentabilidad ambiental está definida como un eje central de las políticas públicas de México. Esto implica que nuestro país debe considerar al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social.

En la Secretaría de Energía, estamos convencidos de que a través de la utilización de fuentes renovables de energía, se puede reducir simultáneamente la dependencia de los combustibles fósiles, disminuir proporcionalmente las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar el valor agregado de las actividades económicas.

Nuestro país tiene un gran potencial en materia de energías renovables como lo muestra el Programa y ofrece amplias oportunidades que deben ser aprovechadas. Por ello, en el Programa se presentan indicadores y potenciales en las distintas fuentes renovables y que permitirán atender los desafíos que se enfrentan por el calentamiento global.

Tenemos una responsabilidad con las generaciones futuras, y la obligación de dejar un mundo mejor, en el cual nuestros hijos y nuestros nietos tengan la oportunidad de disfrutar la riqueza de los recursos naturales. Hagamos conciencia de que el tiempo se está agotando para instrumentar las soluciones que se requieren para enfrentar los efectos del cambio climático.

Sirva entonces, este documento, como base para dirigir la discusión en un tema que hoy, más que nunca, se ha convertido en un instrumento de la mayor importancia para incrementar la seguridad energética, y lograr la sustentabilidad de las acciones que se desarrollan en México, con el fin de que todos podamos vivir mejor.

**Georgina Kessel Martínez**  
Secretaria de Energía



# I. INTRODUCCIÓN

Las energías renovables se basan en los flujos y ciclos implícitos en la naturaleza. Son aquellas que se regeneran y se espera que perduren por cientos o miles de años. Además, se distribuyen en amplias zonas y su adecuada utilización tiene un impacto ambiental favorable en el entorno, elemento que hoy se convierte en una herramienta de gran importancia, ante la necesidad de disminuir significativamente la emisión de gases de efecto invernadero a nivel mundial.

Ciertamente los combustibles fósiles han sido una base para el desarrollo nacional en México. Los pronósticos indican que seguirán ocupando una participación destacada como fuente primaria de energía para las próximas décadas; sin embargo, hoy es necesario iniciar las acciones que nos permitan, en un futuro no muy lejano, diversificar las fuentes de energía para atender las necesidades de los consumidores.

Con el objetivo de reducir los riesgos inherentes a la dependencia de los hidrocarburos y la convicción de incorporar el concepto de sustentabilidad en las políticas y estrategias del sector energético, las acciones que, en materia de transición energética, se han ejecutado desde el inicio de la presente Administración, pueden agruparse en dos grandes vertientes:

- Eficiencia Energética, y
- Energías Renovables.

Este documento se enfoca en detallar las políticas públicas que promuevan fuentes renovables de energía y la utilización óptima de las mismas.

Estas fuentes representan una respuesta importante a la demanda de la sociedad de contar con un modelo sustentable que, además de mitigar los efectos negativos de las actividades que se tienen en el sector energético, contribuyen a reducir los riesgos asociados con la volatilidad de precios y diversificar el portafolio energético. De igual manera, es relevante la contribución de estas fuentes al desarrollo social en áreas donde la energía convencional es económicamente inviable.

Estudios previos indican que México posee un gran potencial para generar energía a través de fuentes renovables, ya que contamos con:

- Altos niveles de insolación;
- Recursos hidráulicos para la instalación de plantas minihidráulicas;
- Vapor y agua para el desarrollo de campos geotérmicos;
- Zonas con intensos y constantes vientos prevalecientes;
- Grandes volúmenes de esquilmos agrícolas, e
- Importantes cantidades de los desperdicios orgánicos en las ciudades y en el campo, cuyo destino final debe manejarse de forma sustentable<sup>1</sup>.

Por sí misma, la diversificación de las fuentes energéticas a partir del uso de energías renovables representará un mecanismo para reducir la dependencia de México en los combustibles fósiles, y así fomentar la seguridad energética. Sin embargo, el aprovechamiento de las energías renovables también representa beneficios indiscutibles en otros temas prioritarios, no sólo para nuestro país, sino para todo el mundo.

En materia de electrificación, el aprovechamiento de las energías renovables también será un motor para el desarrollo social, al permitir el acceso al servicio eléctrico a comunidades donde la energía convencional es económicamente inviable por estar apartadas de la red eléctrica.

En el rubro ambiental, la utilización de energías renovables, además de contribuir a mejorar la calidad del aire, contribuye a la conservación de los recursos naturales.

Finalmente, se espera que tenga una importante contribución en materia económica, ya que el desarrollo de las energías renovables representará la creación de pequeñas y medianas empresas, la generación de nuevos empleos, un mayor desarrollo científico y tecnológico, y la posibilidad de generar mayor intercambio comercial con otros países que están impulsando la utilización de energías renovables.

<sup>1</sup> Comisión Reguladora de Energía. Las Energías Renovables en México. 2007.

# I. INTRODUCCIÓN

Es importante señalar que en el presente documento no se hará referencia a los bioenergéticos, excepto el caso de aquéllos que se utilizan en la generación de electricidad<sup>2</sup>. No obstante que los bioenergéticos son considerados como una energía renovable por la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, ya cuentan con un marco jurídico y programático específicos.

<sup>2</sup> El potencial de los bioenergéticos en México se estima en alrededor de 2,635 y 3,771 Petajoules al año, lo que representa el 8% del consumo de energía primaria en el país. Del potencial estimado, un 40% proviene de los combustibles de madera, 26% de los agro-combustibles y 0.6% de los subproductos de origen municipal. Se estiman además 73 millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales con potencial energético, y aprovechando los residuos sólidos municipales de las 10 principales ciudades para la generación de electricidad a partir de su transformación térmica, se podría instalar una capacidad de 803 MW y generar 4,507 MWh/año. De esta forma, la bioenergía podría representar entre 7 y 17% del consumo de energía en México en el año 2030. Fuente: Libro blanco de la Bioenergía en México de la Red Mexicana de Bioenergía y “Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable de México”, de la Secretaría de Energía.



## II. SITUACIÓN ACTUAL

### 1. LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO

Las energías renovables a nivel mundial representan el 18%<sup>3</sup> de la generación eléctrica, (la mayoría de esta participación considera las energías hidráulica y eólica) mientras que, la contribución al suministro térmico de las renovables es de un 24%<sup>4</sup>. La participación de las energías fotovoltaica, solar, eólica y la bioenergía ha crecido rápidamente en los últimos años, efecto que se atribuye a las inversiones en investigación y desarrollo que se iniciaron hace más de tres décadas.

Participación en la Generación Eléctrica

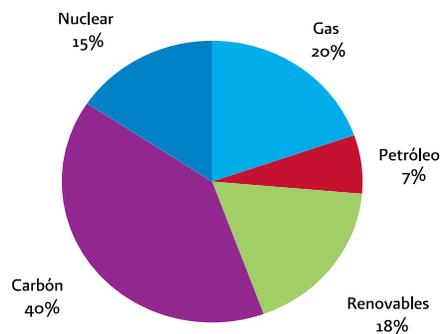


Figura 1: Elaboración propia con base en datos de la International Energy Agency, *Renewables in global energy supply 2007*.

Mundialmente, la capacidad de generación a través de celdas fotovoltaicas es de alrededor de 6,000 Megawatts (MW)<sup>5</sup>, instalada principalmente en Alemania, Japón y Estados Unidos de América.

En comparación, la energía termosolar está aún en desarrollo. Actualmente se cuenta con una capacidad instalada de 354 MW<sup>6</sup> y, con varios proyectos en construcción, se espera que para 2010 alcance los 2,000 MW<sup>7</sup>. Países como Estados Unidos de América, España, Australia, Israel, Italia, China, Irán, Jordania y Malta albergan dicha tecnología<sup>8</sup>.

<sup>3</sup> Agencia Internacional de Energía, Renewable Energy Outlook. 2008. Disponible en: <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/weo2008.pdf>. Pág. 159.

<sup>4</sup> Greenpeace. Revolución Energética: Perspectiva Mundial de la Energía Renovable. 2008. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/r-evoluci-n-energetica-persp.pdf>.

<sup>5</sup> Agencia Internacional de Energía. *Op. Cit.* Pág. 168.

<sup>6</sup> *Ibidem.* Pág. 170.

<sup>7</sup> *Ídem.*

<sup>8</sup> *Ídem.*

Globalmente la capacidad de generación eléctrica a través de la energía hidráulica es de 170,000 MW; la mayor parte de esta capacidad está instalada en países asiáticos, como China, India y Vietnam<sup>9</sup>. En cuanto a la energía eólica, la capacidad de generación es de 121,000 MW<sup>10</sup>, destacando: España, Alemania, Estados Unidos de América, India y China.

### Capacidad Eólica Instalada a Nivel Mundial

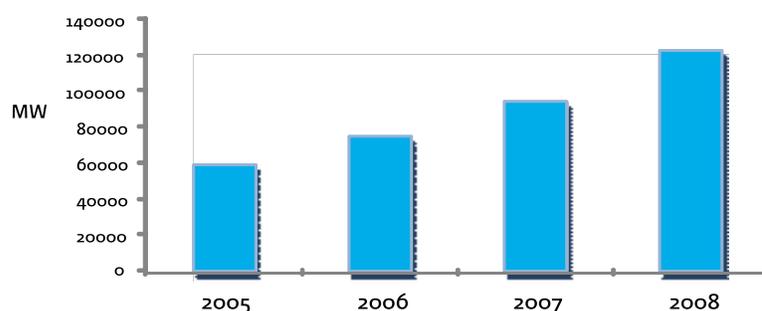


Figura 2: Elaboración propia con base en datos de World Wind Energy Association 2008. *World Wind Report*.

#### PAÍSES CON MAYOR PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD EÓLICA

País	Capacidad Instalada (MW)	Producción (MWh)
Alemania	20,600	30,700,000
España	11,600	23,000,000
Estados Unidos	11,600	26,700,000
India	6,300	8,000,000
Dinamarca	3,100	6,100,000
China	2,600	3,900,000
Italia	2,100	3,000,000
Reino Unido	2,000	4,200,000
Portugal	1,700	2,900,000
Francia	1,600	2,200,000

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Agencia Internacional de Energía, *Renewable Energy Outlook*. 2008.

<sup>9</sup> Agencia Internacional de Energía. *Op. Cit.* Pág. 165.

<sup>10</sup> World Wind Energy Association 2008. *World Wind Report*. Pág. 4. Disponible en: [http://www.wwindea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2008\\_s.pdf](http://www.wwindea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2008_s.pdf).

## II. SITUACIÓN ACTUAL

La producción de electricidad a través de la energía geotérmica, alcanzó los 60,000,000 MWh<sup>11</sup> en 2006. De conformidad con la Agencia Internacional de Energía, los 10 países integrantes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico que producen más energía geotérmica son: Estados Unidos, México, Islandia, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Suiza, Turquía, Alemania y Portugal<sup>12</sup>. Nuestro país cuenta con 964.5 MW de capacidad instalada, misma que tiene una generación bruta de 7,057,768 MWh, distribuida en cuatro centrales geotermoeléctricas.

Dentro de las energías renovables, la biomasa es la fuente que contribuye en mayor medida a la producción de energía primaria, aunque solamente el 7% es usado para generar electricidad, alrededor de 239,000,000 MWh<sup>13</sup>.

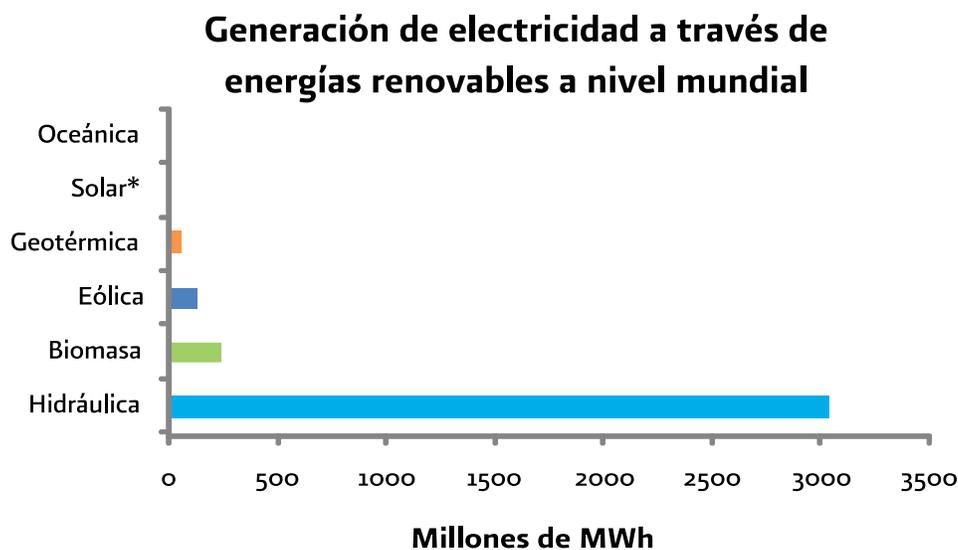


Figura 3: Elaboración propia con base en datos de la Agencia Internacional de Energía 2008, Renewable Energy Outlook.

\**Estimado* (sumando las capacidades instaladas de tecnologías: solar fotovoltaica y termosolar, y considerando un trabajo diario de 5 horas por 365 días al año, resulta una generación de 11.596 millones de MWh).

La energía oceánica, en comparación con las demás fuentes renovables, es la que menos contribuye a la generación de electricidad. Los países poseedores de tecnología para aprovechar este tipo de energía son: Reino Unido, Francia, Estados Unidos, Canadá, China, Rusia y Noruega, mismos que apenas comienzan a comercializarla.

En la actualidad se encuentra en investigación y desarrollo una nueva generación de energías renovables. En ella destacan los concentradores solares, la energía oceánica, geotérmica avanzada y las biorefinerías.

<sup>11</sup> Agencia Internacional de Energía. *Op. Cit.* Pág. 170.

<sup>12</sup> Agencia Internacional de Energía. Disponible en: <http://www.iea.org/textbase/pm/maps/images/World/geothermal.htm>.

<sup>13</sup> Agencia Internacional de Energía. *Op. Cit.* Pág. 171.

### 2. LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO

Actualmente, México cuenta con alrededor de 1,924.8 MW<sup>14</sup> de capacidad instalada de generación eléctrica con base en energías renovables, que incluye la capacidad destinada al servicio público, cogeneración y autoabastecimiento, representando el 3.3%<sup>15</sup> de la capacidad instalada en el servicio público del país.

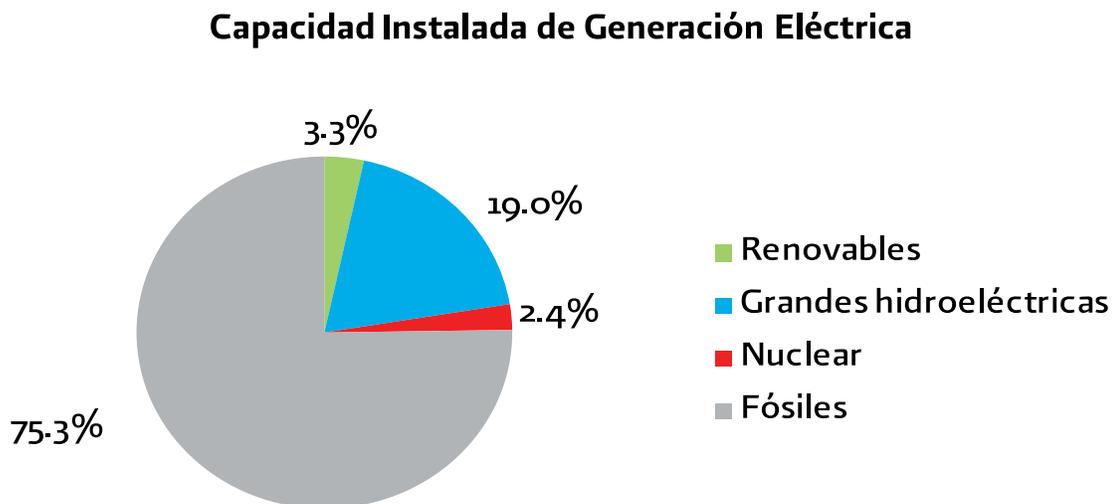


Figura 4: Elaboración propia con base en datos de la Comisión Reguladora de Energía y de la Comisión Federal de Electricidad.

En la siguiente tabla se muestra la capacidad instalada total, a partir de fuentes renovables, por tipo de tecnología utilizada:

<sup>14</sup> Secretaría de Energía, con información de la Comisión Reguladora de Energía y de la Comisión Federal de Electricidad. Unidades Generadoras en Operación, 2008, Sistema Eléctrico Nacional (Servicio Público), 20ª Edición, Marzo de 2009.

<sup>15</sup> *Ídem*. Este indicador comprende el total de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, incluyendo proyectos destinados al servicio público y permisos para generación eléctrica, de acuerdo con los criterios y restricciones definidos en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. No se incluyen proyectos para exportación ni importación de energía eléctrica.

## II. SITUACIÓN ACTUAL

Capacidad y Generación Eléctrica en México por Tipo de Energía (2008)\*\*

Tecnología	Desarrollador	CAPACIDAD		GENERACIÓN	
		Anual (MW)	% Total	Anual (GWh)	% Total
Eoloeléctrica	CFE	85.250	0.15%	231.505	0.09%
Eoloeléctrica	Permisos	0.000	0.00%	0.000	0.00%
<b>Total Eoloeléctrica</b>		<b>85.250</b>	<b>0.15%</b>	<b>231.505</b>	<b>0.09%</b>
Pequeña hidroeléctrica	CFE	270.128	0.46%	1309.525	0.53%
Pequeña hidroeléctrica	LFC	23.330	0.04%	52.988	0.02%
Pequeña hidroeléctrica*	Permisos	83.492	0.14%	228.053	0.09%
<b>Total Hidroeléctrica</b>		<b>376.950</b>	<b>0.65%</b>	<b>1590.566</b>	<b>0.64%</b>
Geotermoeeléctrica	CFE	964.500	1.66%	7057.768	2.86%
Biomasa y biogás*	Permisos	498.116	0.86%	819.345	0.33%
<b>Total</b>		<b>1924.816</b>	<b>3.31%</b>	<b>9699.184</b>	<b>3.93%</b>
Total servicio público y permisionarios	58105.537	100%	246785	100.00%	
Participación Renovables		<b>3.31%</b>		<b>3.93%</b>	

\* Incluyen proyectos Híbridos.

\*\*Proyectos en operación al cierre del 2008.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Comisión Reguladora de Energía y la Comisión Federal de Electricidad. Unidades Generadoras en Operación, 2008, Sistema Eléctrico Nacional (Servicio Público), 20ª Edición, CFE, Marzo de 2009.

El presente programa deriva de un mandato de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, y su misión es la incorporación de las energías renovables a la matriz energética nacional, y tiene como visión lograr una verdadera transición energética. El uso de energías renovables, junto con otras iniciativas asociadas al uso eficiente de la energía colaborará en la reducción de emisiones del sector eléctrico<sup>16</sup>.

Para cumplir las metas de capacidad de generación eléctrica por energías renovables de este Programa, se asume que se podrá contar con recursos provenientes de las Reducciones Certificadas de Emisiones por proyectos registrados ante el Mecanismo para un Desarrollo Limpio. La publicación de este Programa no afectará por consiguiente el cumplimiento del criterio de adicionalidad en relación con las acciones de mitigación.

<sup>16</sup> Las cifras de las emisiones editadas se verán reflejadas en la publicación oficial del Programa Especial de Cambio Climático (PECC).

### Programas de apoyo

Actualmente se cuenta con el apoyo del Banco Mundial para la electrificación rural con energías renovables en los estados de Oaxaca, Veracruz, Guerrero y Chiapas (en una primera etapa), mediante el “**Proyecto de Servicios Integrales de Energía**”. Este proyecto tiene como propósito dotar de electricidad a un aproximado de 2,500 comunidades rurales que no cuentan con servicios de energía eléctrica y que por su alto grado de dispersión y el escaso número de viviendas por comunidad, difícilmente serán integradas a la red eléctrica nacional. Se pretende utilizar las tecnologías renovables que se adecuen mejor a las condiciones geográficas de la zona.

El programa contempla también el apoyo concurrente a actividades productivas asociadas a la electrificación que permitan incentivar el crecimiento y el desarrollo económico en dichas comunidades.

Del mismo modo, existe el “**Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala**” (**PERGE**) del Gobierno Federal, el cual entró en vigor en abril de 2007, y tiene como objetivo global ambiental reducir las emisiones de gases de efecto invernadero así como las barreras para la interconexión de tecnologías renovables a la red eléctrica en México. Con él, se busca apoyar a nuestro país para el desarrollo de la experiencia inicial de un proyecto de energía renovable interconectado con base en criterios comerciales de 100 MW.

El “**Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala**” cuenta con un donativo del Banco Mundial, el cual se utilizará para:

- 1) El apoyo directo al proyecto eoloelectrico: **La Venta III**, y
- 2) Asistencia técnica en:
  - a) *Desarrollo de proyectos y negocios* (promoción de inversiones y diseño de un sistema de permisos intercambiables de energía renovable y energía verde);
  - b) *Determinación del potencial eólico* (desarrollo del mapa eólico y adquisición y capacitación para la instalación y uso de estaciones anemométricas);
  - c) *Planeación regional* (evaluación ambiental estratégica para el sur del Istmo de Tehuantepec y desarrollo de un plan de desarrollo regional de largo plazo para dicha área);
  - d) Sistema de determinación de menor costo con consideraciones sobre la diversificación, externalidades y reducción de emisiones, e
  - e) Integración de energías renovables en los sistemas operativos, protocolos, flujo de carga y despacho.

## II. SITUACIÓN ACTUAL

Por otro lado, el 21 de enero de 2008 se firmó el convenio de colaboración entre la Secretaría de Energía, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Consejo Nacional de Vivienda, para coordinar el **“Programa transversal de Vivienda Sustentable”**, con el objeto de transformar la conceptualización y prácticas constructivas de la vivienda de interés social en México, y así contribuir a lograr su sustentabilidad ambiental y mejorar la calidad de vida de los mexicanos.

Cabe destacar que dicho convenio establece el desarrollo de criterios de sustentabilidad y recomendaciones en los principales ejes transversales como son: Energía, Agua y Residuos Sólidos. Para ello, en el rubro de energía prevé la incorporación de energías renovables y estrategias de uso racional de los recursos, con el propósito de fomentar la sustentabilidad de la vivienda, y disminuir la necesidad de incrementar la capacidad instalada.

Finalmente, el Instituto Nacional de la Vivienda para los Trabajadores cuenta con una **“Hipoteca verde”**, la cual comprende un crédito que incluye un monto adicional para que el derechohabiente pueda comprar una vivienda ecológica, y así tener una mejor calidad de vida, generando ahorros en su gasto familiar mensual derivados de las ecotecnologías que disminuyen los consumos de energía eléctrica, agua y gas; contribuyendo al uso eficiente y racional de los recursos naturales, y al cuidado del medio ambiente.

### MARCO JURÍDICO NACIONAL

#### Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica

Con las reformas a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica publicadas en el Diario Oficial de la Federación en 1992<sup>17</sup>, se permitió la producción de electricidad por particulares en las modalidades de autoabastecimiento, cogeneración, pequeño productor, productor independiente de energía, exportación e importación para uso propio, toda vez que no se consideran servicio público de energía eléctrica, en los términos del artículo 3º de dicho ordenamiento. Gracias a esta nueva legislación, se abrieron espacios de oportunidad para las distintas fuentes de energía renovable.

#### Contrato de Interconexión

En 2001 se publicaron en el Diario Oficial de la Federación diversos instrumentos de regulación que consideran las características de las fuentes de energía renovable con disponibilidad intermitente, a través del **“Contrato de Interconexión para Fuentes de Energías Renovables”**<sup>18</sup>, por parte de la Comisión Reguladora de Energía.

<sup>17</sup> Diario Oficial de la Federación. Tomo CDLXXI, No 17. Correspondiente al 23 de diciembre de 1992.

<sup>18</sup> Diario Oficial de la Federación. Tomo DLXXVI, No 5. Correspondiente al 7 de septiembre de 2001.

### Banco de Energía y Acreditación de Potencia

En atención a la naturaleza intermitente de las fuentes renovables de energía, el Contrato de Interconexión para Fuentes de Energías Renovables permite que la energía sobrante producida por los permisionarios en un mes determinado pueda ser vendida al suministrador en ese mismo mes que se generó, o acumulada en el Banco de Energía de la Comisión Federal de Electricidad para su aprovechamiento o venta en los siguientes 12 meses. De esta forma, los usuarios ubicados en los puntos de carga podrán disponer de dicha energía de acuerdo a sus necesidades. Igualmente, el Contrato de Interconexión reconoce la Potencia Media Suministrada en las horas de demanda máxima del sistema, por el generador renovable para el cálculo de la Demanda Facturable.

Dichos instrumentos establecen las reglas para la interconexión de los proyectos con fuentes de energía renovable al Sistema Eléctrico Nacional, e incluyen reglas específicas sobre cargos de transmisión y algunos otros aspectos relacionados con la generación intermitente, cuando se utilizan fuentes renovables. Este instrumento fue modificado en enero de 2006 y julio de 2007, mejorando la viabilidad para el desarrollo de proyectos a partir de energía renovable.

### Ley del Impuesto Sobre la Renta

En 2004 entró el vigor la modificación a la Ley del Impuesto Sobre la Renta<sup>19</sup>, en donde se establece que los contribuyentes del Impuesto Sobre la Renta que inviertan en maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables, pueden deducir 100% de la inversión en un solo ejercicio<sup>20</sup>. Con el objeto de que estas inversiones no se hagan con el único fin de reducir la base gravable del impuesto, se contempla como obligación, que la maquinaria y equipo que se adquiriera, se mantenga en operación durante un periodo mínimo de cinco años.

### Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética

Desde el 28 de noviembre de 2008, las energías renovables cuentan con un marco legal específico: la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética<sup>21</sup>.

<sup>19</sup> Diario Oficial de la Federación. Tomo DCXV, No 1. Correspondiente al 1 de diciembre de 2004.

<sup>20</sup> Fracc. XII, Art. 40, Ley del Impuesto sobre la Renta.

<sup>21</sup> Diario Oficial de la Federación. Tomo DCLXII, No 19. Correspondiente al 28 de noviembre de 2008.

## II. SITUACIÓN ACTUAL

Dicha Ley tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias, para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica. Para lograr dicho objetivo, la Ley prevé los siguientes instrumentos:

a) La Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, la cual comprende el instrumento encaminado a garantizar la eficiencia y sustentabilidad energéticas, a fin de fomentar la utilización y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias, y

b) El Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables, es el instrumento mediante el cual se establecerán las políticas públicas en la materia, determinando los objetivos para el uso de dichas fuentes de energía, y las acciones para alcanzarlas.

### **Legislación Ambiental y de los Recursos Naturales**

Para el desarrollo de proyectos que involucren a las diferentes fuentes de energía renovable es oportuno tomar en cuenta la legislación ambiental que resulte aplicable. En el ámbito federal, particularmente incide la evaluación de impacto ambiental, el ordenamiento ecológico del territorio y las áreas naturales protegidas, previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; y en el ámbito local, las disposiciones relacionadas con el uso de suelo, en todo lo relativo a la construcción, instalación y funcionamiento de su infraestructura.

Las disposiciones señaladas en el presente “Marco Jurídico Nacional” son desarrolladas con mayor detalle en el Anexo 2. Marco Jurídico del presente programa.

El presente documento además de subrayar elementos sociales, económicos, ambientales y energéticos que se deben considerar para promover y acelerar el desarrollo de las energías renovables en nuestro país, establece la misión y visión de éstas, las metas específicas para su aprovechamiento, así como las líneas de acción necesarias para alcanzarlas.

En los siguientes capítulos se hará énfasis en las fuentes de energías renovables, a saber: eólica, solar, minihidráulica, geotermia y biomasa. No se profundizará en la oceánica porque dicha tecnología se encuentra en etapas de investigación y prueba. Asimismo, no se hará referencia a los bioenergéticos, pues no obstante que son considerados como una energía renovable por la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, ya cuentan con un marco jurídico y programático específicos, es decir el Programa de Introducción de Bioenergéticos de la Secretaría de Energía y el Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Estos Programas se desarrollan con base en la Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos.



# III. MISIÓN, VISIÓN Y OBJETIVOS

## 1. MISIÓN

Propiciar la seguridad y la diversificación energética, estableciendo políticas públicas para la incorporación de las energías renovables a la matriz energética nacional, conciliando las necesidades de consumo de energía de la sociedad con el uso sustentable de los recursos naturales.

## 2. VISIÓN

Que los mexicanos de esta generación y principalmente, los mexicanos de las próximas generaciones, puedan aprovechar las fuentes renovables de energía, con el fin de mitigar los efectos del cambio climático y contribuir al desarrollo económico y social del país, bajo criterios de sustentabilidad.

## 3. OBJETIVO GENERAL

Promover el aprovechamiento de energías renovables, estableciendo objetivos y metas, así como las acciones necesarias para alcanzarlas.

## 4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Impulsar el desarrollo de la industria de energías renovables en México;
- b. Ampliar el portafolio energético del país, impulsando una mayor seguridad energética al no depender de una sola fuente de energía, y
- c. Ampliar la cobertura del servicio eléctrico en comunidades rurales utilizando energías renovables en aquellos casos en que no sea técnica o económicamente factible la conexión a la red.

### III. MISIÓN, VISIÓN Y OBJETIVOS

#### INDICADORES DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OBJETIVO	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	SITUACIÓN INICIAL (2008)	DESGLOSE	META	DESGLOSE
a. Impulsar el desarrollo de la industria de energías renovables en México.	Porcentaje de la Capacidad Instalada mediante fuentes de energía renovable.	%	3.3	Energía Eólica 0.15% Energía Minihidráulica 0.65% Energía Geotérmica 1.66% Biomasa y Biogás 0.86%	7.6 <sup>22</sup> (al 2012)	Energía Eólica 4.34% Energía Minihidráulica 0.77% Energía Geotérmica 1.65% Biomasa y Biogás 0.85%
b. Ampliar el portafolio energético del país.	Porcentaje de Generación eléctrica mediante fuentes de energía renovable.	%	3.9	Energía Eólica 0.09% Energía Minihidráulica 0.64% Energía Geotérmica 2.86% Biomasa y Biogás 0.33%	4.5 - 6.6 <sup>23</sup> (al 2012)	Energía Eólica: (1.74 - 2.91) Energía Minihidráulica: (0.36 - 0.61) Energía Geotérmica: (2.19 - 2.74) Biomasa y Biogás: (0.19 - 0.32)
c. Ampliar la cobertura del servicio eléctrico en comunidades rurales utilizando energías renovables.	Comunidades electrificadas mediante fuentes de energía renovable	Número de comunidades	0		2,500 <sup>24</sup>	

En cumplimiento de lo señalado en la fracción VI del artículo 11 de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables debe ser congruente con otros instrumentos de planeación del Sector Energía.

Al respecto, los objetivos, acciones y metas contenidos en este Programa Especial, se apegarán estrictamente a las siguientes estrategias y objetivos generales establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo, el Programa Sectorial de Energía y el Programa Nacional de Infraestructura vigentes:

#### Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012

##### Eje 2 “Economía competitiva y generadora de empleos”:

<sup>22</sup> Secretaría de Energía con datos de la Comisión Reguladora de Energía y de la Comisión Federal de Electricidad, Unidades Generadoras en Operación, 2008, Sistema Eléctrico Nacional (Servicio Público), 20ª Edición, CFE, Marzo de 2009. Este indicador comprende el total de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, incluyendo proyectos destinados al servicio público y permisos para generación eléctrica, de acuerdo con los criterios y restricciones definidos en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. No se incluyen proyectos para exportación ni importación de energía eléctrica. En el Programa Sectorial de Energía 2007-2012, se hace referencia a una meta del 26% de capacidad a partir de renovables para el 2012 ya que, a diferencia de la meta establecida en el presente programa, ésta incluye proyectos hidroeléctricos de más de 30 MW.

<sup>23</sup> *Ídem*. Este indicador comprende el total de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, incluyendo proyectos destinados al servicio público y permisos para generación eléctrica, de acuerdo con los criterios y restricciones definidos en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. No se incluyen proyectos para exportación ni importación de energía eléctrica. Se utilizan rangos en esta meta debido a que el total de generación eléctrica dependerá directamente de las condiciones climáticas de cada región.

<sup>24</sup> Indicador tomado solamente del Proyecto de Servicios Integrales de Energía, el cual tendrá una duración de 5 años a partir de su inicio.

### III. MISIÓN, VISIÓN Y OBJETIVOS

- Objetivo 15: “Asegurar un suministro confiable, de calidad y a precios competitivos de los insumos energéticos que demandan los consumidores”.

- Estrategia 15.14: “Fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y biocombustibles, generando un marco jurídico que establezca las facultades del Estado para orientar sus vertientes y promoviendo inversiones que impulsen el potencial que tiene el país en la materia”.

- Estrategia 15.16: “Aprovechar las actividades de investigación del sector energético, fortaleciendo a los institutos de investigación del sector, orientando sus programas, entre otros, hacia el desarrollo de las fuentes renovables y eficiencia energética.”

#### Eje 4 “Sustentabilidad Ambiental”:

- Objetivo 10: “Reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero”.

- Estrategia 10.1: “Impulsar la eficiencia y tecnologías limpias (incluyendo la energía renovable) para la generación de energía”.

- Estrategia 10.4: “Fomentar la recuperación de energía a partir de residuos”.

#### Programa Sectorial de Energía 2007-2012

##### Sector Eléctrico

- Objetivo II.2: “Equilibrar el portafolio de fuentes primarias de energía”;

- Estrategia II.2.1: “Fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el país, mediante la diversificación de tecnologías y fuentes primarias de generación e impulsar especialmente, a través de mecanismos específicos, el uso de fuentes de energía que no aumenten la emisión de gases de efecto invernadero”.

## III. MISIÓN, VISIÓN Y OBJETIVOS

○ Estrategia II.2.3: “Impulsar proyectos en las modalidades previstas por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en que los sectores social y privado, así como los gobiernos estatales y municipales, pueden participar”.

### **Eficiencia Energética, Energías Renovables y Biocombustibles**

- Objetivo III.2: “Fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y biocombustibles técnica, económica, ambiental y socialmente viables”.

○ Estrategia III.2.2: “Proponer políticas públicas que impulsen el desarrollo y aplicación de tecnologías que aprovechen las fuentes renovables de energía”.

○ Estrategia III.2.3: “Promover la creación y fortalecimiento de empresas dedicadas al aprovechamiento de las energías renovables”.

○ Estrategia III.2.4: “Fortalecer y consolidar las acciones del Gobierno Federal dedicadas a promover las energías renovables”.

○ Estrategia III.2.5: “Desarrollar esquemas de financiamiento que agilicen e incrementen el aprovechamiento de fuentes renovables de energía”.

○ Estrategia III.2.6: “Impulsar la implementación de sistemas que empleen fuentes renovables de energía”.

○ Estrategia III.2.7: “Ampliar la cobertura del servicio eléctrico en comunidades remotas, utilizando energías renovables en aquellos casos en que no sea técnica o económicamente factible la conexión a la red”.

○ Estrategia III.2.8: “Apoyar las actividades de investigación y de capacitación de recursos humanos en materia de energías renovables”.

○ Estrategia III.2.9: “Facilitar el intercambio de conocimientos y tecnologías en materia de energías renovables”.

### **Medio Ambiente y Cambio Climático**

- Objetivo IV.1: “Mitigar el incremento en las emisiones de Gases Efecto Invernadero”.

## III. MISIÓN, VISIÓN Y OBJETIVOS

- Estrategia IV.1.1: “Reducir las emisiones de GEI a la atmósfera, mediante patrones de generación y consumo de energía cada vez más eficientes y que dependan menos de la quema de combustibles fósiles”.
- Estrategia IV.1.2: “Llevar a cabo acciones para la adaptación del sector energético al cambio climático”.
- Estrategia IV.1.3: “Participar, coordinadamente con el resto de los integrantes de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, en la elaboración del Programa Especial de Cambio Climático”.
- Estrategia IV.1.4: “Incrementar la capacidad e información de los actores principales en la materia, así como facilitar la transferencia de tecnologías y el intercambio de experiencias”.

### Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012

#### 3. “Visión sectorial”

- 3.8 “Infraestructura eléctrica”

- Estrategia ii: “Diversificar las fuentes para la generación de energía eléctrica, impulsando especialmente el uso de fuentes renovables.”.

Con el objetivo de dar seguimiento puntual y monitoreo efectivo a los objetivos y metas planteadas en el presente Programa, la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética establece que cada año se evaluará el Programa y se actualizará conforme a las disposiciones aplicables.



## IV. ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

Para cumplir los objetivos señalados en el capítulo anterior, se establecen en el presente Capítulo una serie de estrategias y líneas de acción generales, mismas que podrán ampliarse conforme se desarrollen diversos instrumentos contenidos en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Éstas son:

### **Estrategia 1. Fomento a la Información**

#### **Líneas de Acción:**

- Diseñar e implementar programas de difusión de las ventajas económicas y ambientales, así como de los mecanismos financieros disponibles para el empleo de fuentes renovables de energía;
- Difundir el conocimiento y aplicación de las energías renovables en instituciones académicas del país, en colaboración con las dependencias competentes de la Administración Pública Federal, instituciones de investigación, así como organizaciones no gubernamentales, y
- Organizar, participar y promover conferencias y foros de debate sobre energías renovables, tales como el Foro Global de Energías Renovables de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) de octubre de 2009.

### **Estrategia 2. Elaboración de Mecanismos para el Aprovechamiento de Fuentes de Energía Renovable**

#### **Líneas de Acción:**

- Elaborar el Inventario Nacional de Energías Renovables;
- Expedir normas, directivas, metodologías y demás disposiciones de carácter administrativo que regulen la generación de electricidad a partir de energías renovables, de conformidad con lo establecido en esta Ley, atendiendo a la política energética establecida por la Secretaría; actualmente la Comisión Reguladora de Energía está trabajando en esto;
- Elaborar una metodología para valorar las externalidades asociadas con la generación de electricidad, basada en energías renovables;
- Elaborar metodologías y disposiciones relevantes al pago de contraprestaciones por los servicios que se presten entre los suministradores y los generadores de electricidad a partir de energías renovables; actualmente la Comisión Reguladora de Energía está trabajando en esto;

## IV. ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

- Contar con las metodologías adecuadas que permitan pronosticar en el corto y mediano plazo la disponibilidad local y regional de las energías renovables;
- Identificar opciones apropiadas para el desarrollo de las energías renovables en el país y ordenarlas de acuerdo a sus beneficios económicos, sociales y ambientales, e
- Incorporar proyectos demostrativos y programas de implementación en esta materia.

### **Estrategia 3. Electrificación utilizando Fuentes Renovables**

#### **Líneas de Acción:**

- Generar mecanismos para facilitar el acceso a la energía eléctrica para grupos vulnerables o en condiciones de marginación, especialmente para aquellos grupos ubicados en comunidades indígenas, rurales o remotas;
- Fomentar esquemas de participación compartida entre instituciones federales, así como con gobiernos estatales y municipales;
- Crear un catálogo, tomando como base el Inventario Nacional de Energías Renovables, de proyectos pilotos y de demostración de generación con fuentes alternas de energía en comunidades rurales, que promuevan su replicabilidad en otras regiones del país;
- Promover el desarrollo de tecnologías adecuadas que permitan disponer de sistemas robustos y económicamente competitivos para la electrificación rural de comunidades que no están interconectadas a la red del Sistema Eléctrico Nacional;
- Promover la capacitación técnica de la población beneficiaria de programas de electrificación mediante energías renovables para el mantenimiento básico de las tecnologías aplicadas en las diferentes comunidades, y
- Fomentar la generación de procesos de autogestión comunitaria con el fin de otorgar sustentabilidad a los proyectos que se desarrollen.

## IV. ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

### **Estrategia 4. Desarrollo y Promoción**

#### **Líneas de Acción:**

- Proponer a nivel internacional la creación de esquemas de financiamiento para apoyar proyectos que utilicen fuentes renovables de energía;
- Apoyar el establecimiento y/o fortalecimiento de organismos que se dediquen a la promoción de eficiencia energética y energías renovables; esto permitirá una mayor retroalimentación entre los distintos participantes para promover el desarrollo del sector;
- Crear el Consejo Consultivo para las Energías Renovables, como mecanismo que permita agrupar a los interesados e involucrados en la materia;
- Fomentar la inversión privada para la creación y fortalecimiento de empresas dedicadas al diseño y fabricación de componentes y equipos que utilizan las energías renovables, así como a la instalación y venta de equipos;
- Elaborar catálogos nacionales y regionales de productores e insumos para las diferentes tecnologías;
- Desarrollar esquemas de financiamiento para:
  - a. Distintos niveles de generación, incluyendo a los productores en pequeña escala;
  - b. Replicar los proyectos exitosos que aprovechen energías renovables, y
  - c. Otorgar micro-financiamiento y otros mecanismos de apoyo que permitan la amplia participación de pequeños productores de energías renovables.
- Proponer sistemas de garantías, riesgo compartido y otros mecanismos de administración de riesgo, para impulsar la inversión en nuevas tecnologías relativas a fuentes renovables de energía;
- Revisar, en conjunto con la Secretaría de Economía, los esquemas de apoyo para los proyectos de manufactura de tecnologías renovables y sus componentes;

## IV. ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

- Lograr la integración social, económica y tecnológica de los sistemas de energías renovables en las comunidades rurales, a través del diálogo y la capacitación de los habitantes sobre la tecnología, así como la participación de estas comunidades mediante esquemas de desarrollo de proyectos comunitarios, con el objeto de acelerar la adopción de la tecnología, a través del Proyecto de Servicios Integrales de Energía;
- Impulsar la cooperación entre los sectores público, privado y social para el desarrollo de esquemas de fomento a las fuentes renovables de energía, y
- Fomentar el establecimiento de vínculos entre la industria y los consumidores de sistemas que operan con energías renovables.

### **Estrategia 5. Infraestructura y Regulación**

#### **Líneas de Acción:**

- Fomentar el uso de energías renovables en instalaciones del sector público;
- Incorporar la infraestructura de transmisión necesaria para poder aprovechar las fuentes nacionales de energías renovables;
- Facilitar el análisis y evaluación de los cargos por servicios de transmisión mediante la simplificación de las metodologías aplicables y la difusión abierta de las mismas; actualmente la Comisión Reguladora de Energía está trabajando en esto;
- Promover el uso de las energías renovables en proyectos de autoabastecimiento y de cogeneración eficiente;
- Facilitar la evaluación de los cargos por servicios de transmisión con la simplificación de la aplicación de las metodologías que para el efecto se encuentren vigentes;
- Estudiar la posible aplicación de instrumentos regulatorios para el impulso de la cogeneración eficiente, tomando en cuenta las características propias de este tipo de proyectos;
- Promover la instalación de energías renovables en los programas de vivienda que sean apoyados por el Gobierno Federal;

## IV. ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

- Apoyar el desarrollo de instrumentos técnicos y jurídicos para promover la utilización de energías renovables y asegurar el cumplimiento expedito y transparente de dichos instrumentos;
- Establecer los mecanismos que permitan el funcionamiento de sistemas de medición neta en la red eléctrica para que los usuarios puedan tener capacidad de generación con energía renovable en sus hogares y pequeñas empresas, e
- Incorporar en los procesos de programación y planeación de obras del sector eléctrico, las interconexiones necesarias para recibir la energía eléctrica producida mediante energía renovables.

### **Estrategia 6. Investigación y Desarrollo Tecnológico**

#### **Líneas de Acción:**

- Fomentar la cooperación internacional en investigación y desarrollo tecnológico en materia de energías renovables, así como tratados y acuerdos de entendimiento;
- Establecer redes de colaboración entre centros de investigación, a nivel nacional e internacionales, afines al tema de energías renovables;
- Fortalecer la orientación de los trabajos de los centros de investigación del sector energético en esta materia;
- Apoyar el desarrollo de soluciones y aplicaciones tecnológicas en materia de energías renovables a nivel local, y
- Apoyar el desarrollo de recursos humanos capacitados en esta materia para la creación e implementación de proyectos de energías renovables, a través de las convocatorias que emita el Fondo Sectorial de Sustentabilidad Energética.



## V. COSTOS DE REFERENCIA

A pesar del desarrollo que han mostrado las diferentes tecnologías renovables en años recientes, y que el costo variable es relativamente menor a las fuentes fósiles, la mayor parte de ellas siguen teniendo costos fijos elevados. Diversos estudios internacionales muestran que la evolución tecnológica, la optimización de cadenas de suministro, los procesos de manufactura y la mayor diseminación serán factores que permitirán la reducción de sus costos en el transcurso de los próximos años.

La evolución esperada de los costos de capital para las tecnologías de fuentes renovables, a nivel mundial, se muestra en la siguiente tabla:

Costos de Capital para la Generación de Energía Eléctrica con Fuentes Renovables (dólares de 2007 por kW)*				
Tecnología	Año	Costo de referencia	Escenario de Costo Alto	Escenario de Costo Bajo
Geotérmica	2012	4,097	4,158	4,081
	2020	3,770	4,100	3,468
	2030	3,548	4,238	3,184
Hidroeléctrica	2012	2,232	2,242	2,201
	2020	2,113	2,224	1,950
	2030	1,920	2,339	0,929
Relleno Sanitario	2012	2,532	2,543	2,370
	2020	2,348	2,543	2,025
	2030	2,043	2,543	1,592
Fotovoltaica	2012	5,266	5,434	4,937
	2020	4,513	5,434	3,946
	2030	3,440	5,434	2,705
Térmica Solar	2012	3,407	3,515	3,180
	2020	3,597	4,519	3,228
	2030	2,774	4,519	3,152
Biomasa	2012	3,710	3,729	3,252
	2020	3,285	3,586	2,613
	2030	2,488	3,367	1,814
Eólica en costa	2012	3,784	3,851	3,462
	2020	3,412	3,851	2,872
	2030	2,859	3,851	2,134
Eólica	2012	1,915	1,923	1,793
	2020	1,810	1,923	1,530
	2030	1,615	1,923	1,214

Fuente: Energy Information Administration/Assumptions to the Annual Energy Outlook 2009.

\* Costos Instantáneos (Overnight).

## V. COSTOS DE REFERENCIA

Como se puede observar en la tabla anterior, en promedio, se espera que para el 2030 el costo fijo se reduzca en más de un 20%. Destacan, por el monto de reducción, la energía fotovoltaica y la biomasa.

Esta información es una clara muestra de que algunas fuentes renovables presentan alternativas reales para ampliar su participación en la matriz energética y reducir la dependencia de las fuentes fósiles.

Es importante señalar que la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética establece que se elaborará una metodología para valorar las externalidades asociadas con la generación de electricidad, basada en energías renovables, en sus distintas escalas. En este sentido, la incorporación de las externalidades para valorar los proyectos de energías renovables, podrá impulsar su realización en el mediano plazo.

### Externalidades

La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética define a las “externalidades” como los “impactos positivos o negativos que genera la provisión de un bien o servicio y que afectan a una tercera persona. Las externalidades ocurren cuando los costos o beneficios de los productores o compradores de un bien o servicio son diferentes de los costos o beneficios sociales totales que involucran su producción y consumo”.

Entre las medidas para mitigar los efectos que se derivan del cambio climático, se ha fomentado la creación de fondos internacionales para impulsar el desarrollo de proyectos de generación mediante fuentes renovables. El uso de estos fondos puede reducir los costos de dichos proyectos, incrementando su rentabilidad y promoviendo con ello, la inversión en dichas tecnologías.

Actualmente, la Secretaría de Energía trabaja en la elaboración de una metodología para el cálculo de las externalidades relacionadas con proyectos de generación eléctrica. Esto permitirá analizar otros impactos de este sector, definir las políticas pertinentes, de acuerdo con los resultados que se presenten, y complementar los esfuerzos que se realizan en las dependencias de la Administración Pública Federal.

Finalmente, de conformidad con lo dispuesto en la propia Ley, se considerarán los beneficios económicos netos potenciales, derivados del uso de las energías renovables. Para ello, será necesario definir los criterios que deberán normar las evaluaciones para determinar el cálculo de los beneficios económicos netos.

# VI. ANÁLISIS DE DIVERSOS TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

## 1. ENERGÍA EÓLICA



## 2. ENERGÍA SOLAR



## 3. ENERGÍA MINIHIDRÁULICA



## 4. ENERGÍA GEOTÉRMICA



## 5. ENERGÍA DE LA BIOMASA







## 1.1 DIAGNÓSTICO

Desde hace mucho tiempo hemos aprovechado la energía del viento -o energía eólica- en aplicaciones como el transporte con velas, la molienda de granos y el bombeo de agua, pero fue hasta hace relativamente pocos años, que se desarrolló la tecnología para transformar esta energía en electricidad a gran escala.

El proceso consiste en atrapar la energía cinética asociada al viento y transformarla en otra fuente de energía como la mecánica o la eléctrica.

Esta tecnología ha evolucionado desde finales del siglo XIX hasta alcanzar costos muy competitivos, que le han permitido posicionarse en los mercados eléctricos internacionales y complementar la oferta eléctrica mundial.

Además de las dimensiones, los principales cambios que están teniendo los generadores eólicos el día de hoy son reflejo del avance que se tiene en materiales para su fabricación y la evolución de los álabes, rotores, generadores y sistemas de control.

Existen dos técnicas principales a partir de las cuales se ha buscado transformar la energía eólica en electricidad:

a) La primera, que utiliza una máquina generadora de eje horizontal apoyada en lo alto de una estructura, cuyo rotor está provisto con álabes o palas que le permiten capturar la energía cinética del viento. Esta es la tecnología más estudiada y utilizada en el planeta dado que permite capturar vientos de alturas superiores, donde son más ricos, y su instalación y mantenimiento presenta menos complicaciones, y

b) La segunda, que utiliza un generador de eje vertical apoyado en el suelo con un rotor igualmente provisto de álabes que le permiten capturar la energía.

La tecnología continúa avanzando a través del aumento en las dimensiones y eficiencia de las máquinas, pasando de las primeras que tenían una capacidad medida en decenas de kilowatts, hasta máquinas de varios Megawatts que operan al día de hoy. De igual forma, la explotación de este recurso renovable ha migrado desde las zonas con viento en tierra hacia otras más complejas como el mar abierto.



# 1. ENERGÍA EÓLICA

Así como otras fuentes de energía renovable, la energía eólica presenta ventajas importantes para cualquier matriz energética debido a sus costos, a que no produce emisiones de gases de efecto invernadero y a que no está sujeta a la volatilidad de los precios de los combustibles. En cambio, presenta desventajas en su intermitencia, la distancia entre las zonas de viento y las redes eléctricas, la contaminación visual y auditiva que produce y el impacto que puede tener en la fauna que habita las zonas de viento o utilizan este recurso como una guía en sus migraciones anuales.

## Potencial estimado

En México se han identificado diferentes zonas con potencial para la explotación eólica para la generación eléctrica, como en el Istmo de Tehuantepec, en el estado de Oaxaca, La Rumorosa en el estado de Baja California, así como en los estados de Zacatecas, Hidalgo, Veracruz, Sinaloa, y en la Península de Yucatán, entre otros. La Asociación Mexicana de Energía Eólica estima que estas zonas podrían aportar hasta 10,000 MW de capacidad al parque eléctrico nacional<sup>25</sup>.

El mercado eólico mundial ha demostrado que esta tecnología y la industria asociada a ella pueden convertirse en una importante fuente de empleos, inversión, desarrollo tecnológico, integración industrial y creadora de nuevas empresas e infraestructura para el país, con beneficios ambientales.

## Marco Jurídico Específico

En lo relativo al marco jurídico que resulta aplicable a la generación de electricidad a partir de la energía del viento, destinada a finalidades diferentes a la prestación del servicio público (autoabastecimiento, cogeneración, producción independiente, pequeña producción, importación o exportación), se debe observar lo dispuesto en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (Anexo 2. Marco Jurídico).

<sup>25</sup> Asociación Mexicana de Energía Eólica. Disponible en: <http://www.amdee.org>.

# 1. ENERGÍA EÓLICA



El potencial eólico, aunado al marco jurídico favorable, ha permitido que el día de hoy contemos con una cartera amplia de proyectos en operación y desarrollo como se muestra en las siguientes tablas:

Proyectos Eólicos Comprometidos					
Proyecto <sup>26</sup>	Desarrollador	Región	Modalidad	MW	Fecha de entrada en operación
La Venta	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	Serv. Público	1.35	11 1994
Guerrero Negro	Comisión Federal de Electricidad	Baja California Sur	Serv. Público	0.6	03 1999
La Venta II	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	Serv. Público	83.3	01 2007
<b>Eurus</b>	<b>Acciona</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>250.0</b>	<b>12 2009</b>
<b>Parques Ecológicos de México</b>	<b>Iberdrola</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>79.9</b>	<b>01 2009</b>
<b>Fuerza Eólica del Istmo</b>	<b>Fuerza Eólica-Peñoles</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>30.0</b>	<b>2010*</b>
<b>Eléctrica del Valle de México</b>	<b>EdF Energies Nouvelles-Mitsui</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>67.5</b>	<b>2009</b>
<b>Eoliatec del Istmo</b>	<b>Eoliatec</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>22.0</b>	<b>2010*</b>
<b>Bii Nee Stipa Energía Eólica</b>	<b>CISA-Gamesa</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>26.3</b>	<b>2009</b>
La Venta III	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	Productor Independiente de Energía	101.4	11 2010*
Oaxaca I	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	Productor Independiente de Energía	101.4	2010*
<b>Centro Regional de Tecnología Eólica</b>	<b>Instituto de Investigaciones Eléctricas</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Pequeño Productor</b>	<b>5.0</b>	<b>ND</b>
Desarrollos Eólicos Mexicanos	Demex	Oaxaca	Autoabasto	227.5	2011*
<b>Eoliatec del Pacífico</b>	<b>Eoliatec</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>160.5</b>	<b>2011*</b>
<b>Eoliatec del Istmo (2a fase)</b>	<b>Eoliatec</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>142.2</b>	<b>2011*</b>
Gamesa Energía	Gamesa	Oaxaca	Autoabasto	288.0	2011*
<b>Vientos del Istmo</b>	<b>Preneal</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>180.0</b>	<b>2012*</b>
Energía Alterna Istmeña	Preneal	Oaxaca	Autoabasto	215.9	2012*
<b>Unión Fenosa Generación México</b>	<b>Unión Fenosa</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>227.5</b>	<b>2010*</b>
<b>Fuerza Eólica del Istmo (2a fase)</b>	<b>Fuerza Eólica</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>50.0</b>	<b>2011*</b>
Oaxaca II-IV	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	Productor Independiente de Energía	304.2	09 2011*

\* Fecha estimada de entrada en operación.

<sup>26</sup> Los proyectos resaltados en negritas cuentan ya con el permiso de generación eléctrica de la Comisión Reguladora de Energía.



# 1. ENERGÍA EÓLICA

Proyectos Eólicos Potenciales					
Proyecto <sup>27</sup>	Desarrollador	Región	Modalidad	MW	Fecha estimada de entrada en operación
<b>Fuerza Eólica de Baja California</b>	<b>Fuerza Eólica</b>	<b>Baja California</b>	<b>Exportación</b>	<b>300.0</b>	<b>ND</b>
Mexico Wind	Unión Fenosa/Geobat	Baja California	Exportación	500.0	ND
ND	Cannon Power	Baja California	Exportación	200.0	ND
Baja Wind	Sempra Energy	Baja California	Exportación	250.0	2011
<b>Baja California</b>	<b>Fuerza Eólica</b>	<b>Baja California</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>10.0</b>	<b>ND</b>
ND	Gobierno del Estado	Baja California	Autoabasto	10.0	ND
Los Vergeles	SEER	Tamaulipas	Autoabasto	160.0	2010
<b>Eólica Santa Catarina</b>	<b>Econergy</b>	<b>Nuevo León</b>	<b>Autoabasto</b>	<b>20.0</b>	<b>ND</b>

Los proyectos actualmente instalados en Oaxaca se basan principalmente en la modalidad de autoabastecimiento. La viabilidad de los proyectos está directamente relacionada con las tarifas oficiales de energía eléctrica, los costos de inversión y costos de porteo asociados al transporte de la energía desde el punto de interconexión hasta los puntos de carga.



<sup>27</sup> Los proyectos resaltados en negritas cuentan ya con el permiso de generación eléctrica de la Comisión Reguladora de Energía.

# 1. ENERGÍA EÓLICA



## 1.2. ACCIONES DEL GOBIERNO

La energía eólica ha tenido un importante crecimiento en los últimos años, colocándose como una de las principales fuentes renovables de generación eléctrica. En México, ya se han tenido experiencias en Baja California y Oaxaca y, a partir del año 2006, se inició el desarrollo de diversos parques eólicos bajo un proyecto que se denominó **Temporada Abierta**.

A través del proyecto Temporada Abierta se acordó la construcción de infraestructura y reforzamientos de transmisión para interconectar 2,473 Megawatts de proyectos eólicos públicos y privados en Oaxaca entre 2009 y 2012.

Las inversiones estimadas de estos proyectos superan los 60 mil millones de pesos y se espera que hacia el 2012 el 4% de la energía eléctrica demandada en el país sea producida con energía eólica generando más de 10,000 empleos directos e indirectos durante la construcción y una demanda de 374 empleos para su operación.





# 1. ENERGÍA EÓLICA

La Temporada Abierta se divide en 3 etapas, de acuerdo a la infraestructura de transmisión que utilizarán los proyectos para su interconexión:

- La primera (mini temporada abierta) corresponde a proyectos que reforzarán las líneas de transmisión existentes aumentando su capacidad, para interconectarse con la misma. Se compone de dos parques: Parques Ecológicos de México y Eurus, mismos que entrarán en operación durante el 2009.
- La segunda corresponde a los proyectos que entrarán en operación en la red de transmisión en 115 kV, y se compone de cuatro parques que entrarán en operación durante el 2009 e inicios del 2010.
- La tercera corresponde a la nueva línea de transmisión que licitó la Comisión Federal de Electricidad con garantías por parte de los desarrolladores interesados. Se compone por seis proyectos y dos segundas fases de proyectos. La nueva línea de transmisión tiene una fecha programada de inicio de operaciones del 1 de septiembre de 2010 y los proyectos podrán entrar en operación a partir de ese momento.

Adicionalmente, se tienen cinco proyectos del programa eólico de la Comisión Federal de Electricidad que entrarán en operación entre 2010 y 2012. De los mismos, los proyectos La Venta III y Oaxaca I conforman el Parque Eólico del Bicentenario que están programados para entrar en operación hacia finales de 2010.

El Gobierno de México, a través de la donación del Banco Mundial para el “**Proyecto de Desarrollo de Energías Renovable a Gran Escala**” otorgará un incentivo económico al proyecto de Comisión Federal de Electricidad, La Venta III, por 1.1 centavos de dólar por kilowatt-hora entregado a la red hasta por 5 años a partir del inicio de operación del proyecto, y desarrollará un mapa eólico nacional que permitirá continuar la expansión del desarrollo eólico en el país.

También, el programa de electrificación rural con energías renovables en el sur de México “**Servicios Integrales de Energía**” generará proyectos de electrificación en zonas aisladas que, dependiendo de la disponibilidad del recurso renovable, podrán venir de generadores eólicos, así como de otras alternativas tecnológicas.

# 1. ENERGÍA EÓLICA



El Instituto de Investigaciones Eléctricas concluyó el Centro Regional de Tecnología Eólica (Certe) en la región del Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca, con apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF). Este será un centro para la investigación y el desarrollo tecnológico enfocado en la energía eólica.

Aunado a esto, continúa sus esfuerzos para ampliar la información sobre el potencial eólico nacional mediante estudios de sitio que permiten tener un gran nivel de detalle para la toma de decisiones sobre la instalación de parques eólicos.

Este instituto firmó un convenio con la Fundación Holandesa de Investigación en Energía. Con este convenio, están avanzando en la preparación del centro, con el fin de certificar equipos eólicos para la Clase I y Clase I Especial. Este será el primer laboratorio de su tipo y alcance en América Latina para condiciones de viento intensas.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas avanza también hacia el desarrollo de la Máquina Eólica Mexicana (MEM, "Máquina México"), que será el primer aerogenerador con categoría uno diseñado en su totalidad en el país. Para el desarrollo del prototipo industrial, la fabricación y la comercialización, cuentan ya con un convenio firmado con la Corporación EG de Monterrey.

Adicionalmente, el Instituto de Ingeniería de la UNAM estudia alternativas para la desalación de agua de mar en Baja California a partir de fuentes renovables, incluida la energía eólica.

Además, las modificaciones que ha sufrido el marco legal aplicable a la energía renovable, a través de nuevos contratos de interconexión y la creación de un marco jurídico que destaque las ventajas de esta tecnología, han permitido que el país avance con pasos firmes hacia el desarrollo de esta industria y de nuevas herramientas que permitan ampliar la participación y el entendimiento de la energía eólica en el beneficio de nuestro país.



## 1.3. ACCIONES ESPECÍFICAS

Las características geográficas y meteorológicas del país nos permiten impulsar la energía eólica, por lo que se plantean las siguientes acciones específicas:

1. Crear un portal que contenga información técnica, científica, tecnológica, industrial y legal, junto con información de las regiones con potencial para el desarrollo, así como de la infraestructura existente y necesaria para el desarrollo de la industria eólica;
2. Vincular la política de energía eólica con programas de electrificación rural;
3. Establecer mecanismos de participación pública que permitan el dialogo y articulación entre los actores públicos, privados y sociales claves para el desarrollo de la industria;
4. Promover la utilización de las mejores prácticas internacionales para la coexistencia de los sistemas eólicos con la biodiversidad y su hábitat, en particular la fauna voladora residente y migratoria, así como con la vocación natural de los suelos;
5. Identificar las capacidades técnicas, de servicios y de manufactura disponibles en las zonas con recurso eólico;
6. Difundir ante el sector industrial los beneficios que se pueden obtener por la manufactura de componentes de energía eólica, así como para su investigación y desarrollo;





7. Promover la integración de Pequeñas y Medianas Empresas de bienes y servicios asociados a la energía eólica;
8. Establecer mecanismos que permitan la transferencia de conocimiento por parte de las empresas desarrolladoras de tecnología del extranjero, que participen en proyectos nacionales, mediante esquemas que inicialmente promuevan la incorporación de un porcentaje mínimo de contenido nacional en el proyecto y que en el largo plazo fomenten un intercambio de conocimiento que permita el desarrollo y manufactura de componentes y hasta equipos completos en el país;
9. Identificar los requerimientos de transmisión y comunicaciones para el desarrollo de zonas con potencial de desarrollo eólico, y diseñar reglas y esquemas que permitan la construcción de dicha infraestructura;
10. Colaborar en el desarrollo de tecnologías que permitan maximizar el aprovechamiento de vientos, no intensos pero constantes, que hagan técnica y económicamente viables proyectos en un mayor número de regiones, así como de tecnologías con esta característica y además de baja capacidad para su aprovechamiento en proyectos rurales. Por otra parte, impulsar el desarrollo de aquellas tecnologías que permitan maximizar el aprovechamiento de vientos tan intensos como los que prevalecen en la zona del Istmo de Tehuantepec;
11. Promover la colaboración entre las diferentes instituciones nacionales e internacionales de educación superior en materia de investigación y desarrollo para la energía eólica, así como el intercambio de información de expertos para el desarrollo de la industria nacional;
12. Avanzar en el diseño de mejores materiales y elementos que permitan reducir la relación costo-beneficio y aumenten la eficiencia, resistencia y confiabilidad de generadores y álabes sujetos a distintas condiciones de viento presentes en México y otras regiones del mundo;
13. Establecer líneas de investigación para el control e incorporación de la energía eólica generada en condiciones excepcionales, aplicaciones urbanas, aprovechamiento del recurso en mar abierto y equipos de clase especial;
14. Fomentar la integración estratégica de cadenas de suministro y la participación de empresas nacionales dentro de cadenas internacionales que maximicen el beneficio de la manufactura de componentes y equipos mexicanos destinados a la industria de energía eólica;
15. Adoptar el software y los requerimientos de código de red para facilitar la administración de las fuentes intermitentes y su interacción con el Sistema Eléctrico Nacional, y
16. Adoptar simuladores de pronóstico de viento que sirvan de base para el pre-despacho de la energía eólica con y sin almacenamiento hídrico.



# 1. ENERGÍA EÓLICA

## Meta de participación en la generación de electricidad

De acuerdo con la Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017, para el año 2012 la Comisión Federal de Electricidad tendrá instalados en México 593 Megawatts provenientes de generación eólica.

### Obras de interconexión

Adicionalmente a la ubicación de las zonas de viento, es necesario determinar si existe manera de explotarlo, de llevar los insumos al sitio donde se instalarán los generadores y si existe la infraestructura necesaria para transmitir la energía eléctrica. Tal es el caso de Oaxaca, donde se está construyendo una línea de transmisión en 400 kV y reforzando dos líneas existentes para un total de 590 kilómetro-circuito; además se desarrollará una nueva subestación y se modernizarán 3 existentes, lo que permitirá integrar parte del potencial eólico de la zona al Sistema Eléctrico Nacional, para su aprovechamiento dentro de las modalidades permitidas por la legislación vigente. Este proyecto tiene un costo estimado de 3,800 millones de pesos.



# 1. ENERGÍA EÓLICA



La siguiente tabla muestra los proyectos referidos en la meta, así como los proyectos de autoabastecimiento que están en desarrollo. Estos proyectos, junto con otros renovables, permitirán alcanzar la meta de participación de capacidad del Programa Sectorial de Energía 2007-2012:

Proyectos Eólicos 2007-2012				
Proyecto	Desarrollador	Ubicación	Modalidad	Capacidad [MW]
La Venta	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	Serv. Pub.	1.35
Guerrero Negro	Comisión Federal de Electricidad	BCS	Serv. Pub.	0.6
La Venta II	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	Serv. Pub.	83.3
La Venta III	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	PIE	101.4
Oaxaca I	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	PIE	101.4
Oaxaca II-IV	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	PIE	304.2
<b>Subtotal 1</b>				<b>592.5</b>
Eurus	Acciona	Oaxaca	Autoabast.	250.0
Parques Ecológicos de México	Iberdrola	Oaxaca	Autoabast.	79.9
Fuerza Eólica del Istmo	Fuerza Eólica-Peñoles	Oaxaca	Autoabast.	30.0
Eléctrica del Valle de México	EdF Energies Nouvelles-Mitsui	Oaxaca	Autoabast.	67.5
Eoliatec del Istmo	Eoliatec	Oaxaca	Autoabast.	21.2
Bii Nee Stipa Energía Eólica	CISA-Gamesa	Oaxaca	Autoabast.	26.3
Desarrollos Eólicos Mexicanos	Demex	Oaxaca	Autoabast.	227.5
Eoliatec del Pacífico	Eoliatec	Oaxaca	Autoabast.	160.5
Eoliatec del Istmo (2a fase)	Eoliatec	Oaxaca	Autoabast.	142.2
Gamesa Energía	Gamesa	Oaxaca	Autoabast.	288.0
Vientos del Istmo	Preneal	Oaxaca	Autoabast.	180.0
Energía Alterna Istmeña	Preneal	Oaxaca	Autoabast.	215.9
Unión Fenosa Generación México	Unión Fenosa	Oaxaca	Autoabast.	227.5
Fuerza Eólica del Istmo (2a fase)	Fuerza Eólica	Oaxaca	Autoabast.	50.0
Centro Regional de Tecnología Eólica	Instituto de Investigaciones Eléctricas	Oaxaca	Pequeña Producción	5.0
<b>Subtotal 2</b>				<b>1,971.5</b>
<b>Total*</b>				<b>2,564.0</b>

\* La suma de los parciales puede no coincidir debido al redondeo.



# 1. ENERGÍA EÓLICA



## 1.4. RETOS

Existen retos comunes a los que se enfrenta la energía eólica en México y el mundo.

La disponibilidad de equipos eólicos ha sido muy volátil en los últimos años, al igual que sus precios, por el exceso de demanda de equipos en el mundo y las capacidades limitadas de manufactura. Contar con una disponibilidad local de equipos, componentes y servicios para la instalación y desarrollo de estos proyectos dará una clara ventaja a la tecnología para un desarrollo exitoso en México y permitiría posicionar al país como un polo tecnológico para la región.

Es importante lograr avances en el diseño y utilización de materiales que permitan aumentar la eficiencia de generación de las máquinas así como su competitividad frente a otras tecnologías. De igual forma, es necesario contar con equipos diseñados específicamente para las condiciones de viento presentes en México.

Por otro lado, las restricciones de acceso y distancias para interconexión de proyectos a las redes eléctricas han sido una gran barrera en las zonas donde se desarrollarán los proyectos. Por esto, es necesario diseñar esquemas que permitan instalar la infraestructura de transmisión y comunicación necesaria para el desarrollo exitoso de proyectos de energía eólica.

Por último, para lograr un desarrollo sostenible del crecimiento de la industria de las energías renovables en México, debemos implementar medidas que protejan la biodiversidad en las zonas de viento.



### 2.1. DIAGNÓSTICO

Considerando la capacidad energética del Sol, la cual perdurará durante millones de años, así como la privilegiada ubicación de México en el globo terráqueo, la cual permite que el territorio nacional destaque en el mapa mundial de territorios con mayor promedio de radiación solar anual (Figura 5), con índices que van de los 4.4 kWh/m<sup>2</sup> por día en la zona centro, a los 6.3 kWh/m<sup>2</sup> por día en el norte del país (Figura 6), resulta fundamental la adopción de políticas públicas que fomenten el aprovechamiento sustentable de la energía solar en nuestro país.

Existen dos tipos de energía solar, caracterizados por la tecnología en que basan el aprovechamiento de la radiación del sol: la fotovoltaica y la termosolar.

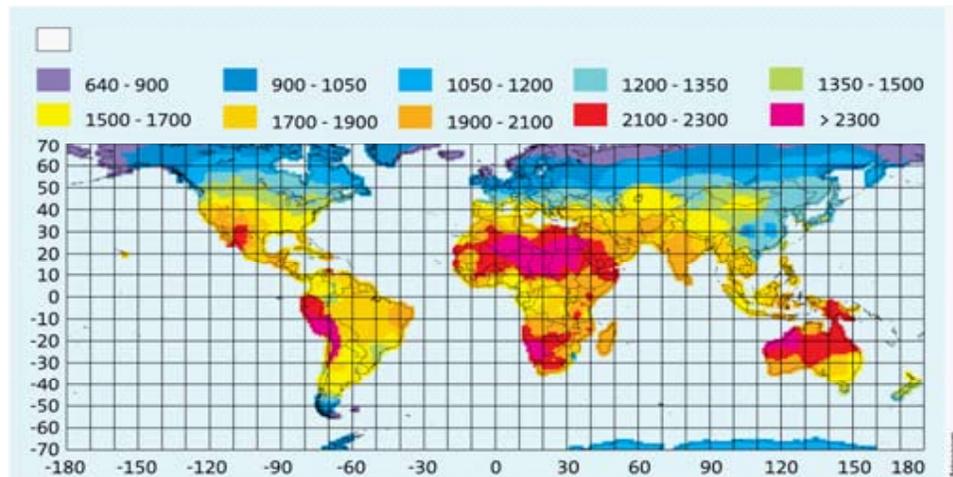


Figura 5: Mapa mundial de radiación solar anual promedio (kWh/m<sup>2</sup>)<sup>28</sup>.

<sup>28</sup> Meteotest; database Meteonorm. Disponible en: [www.meteonorm.com](http://www.meteonorm.com)



## 2. ENERGÍA SOLAR

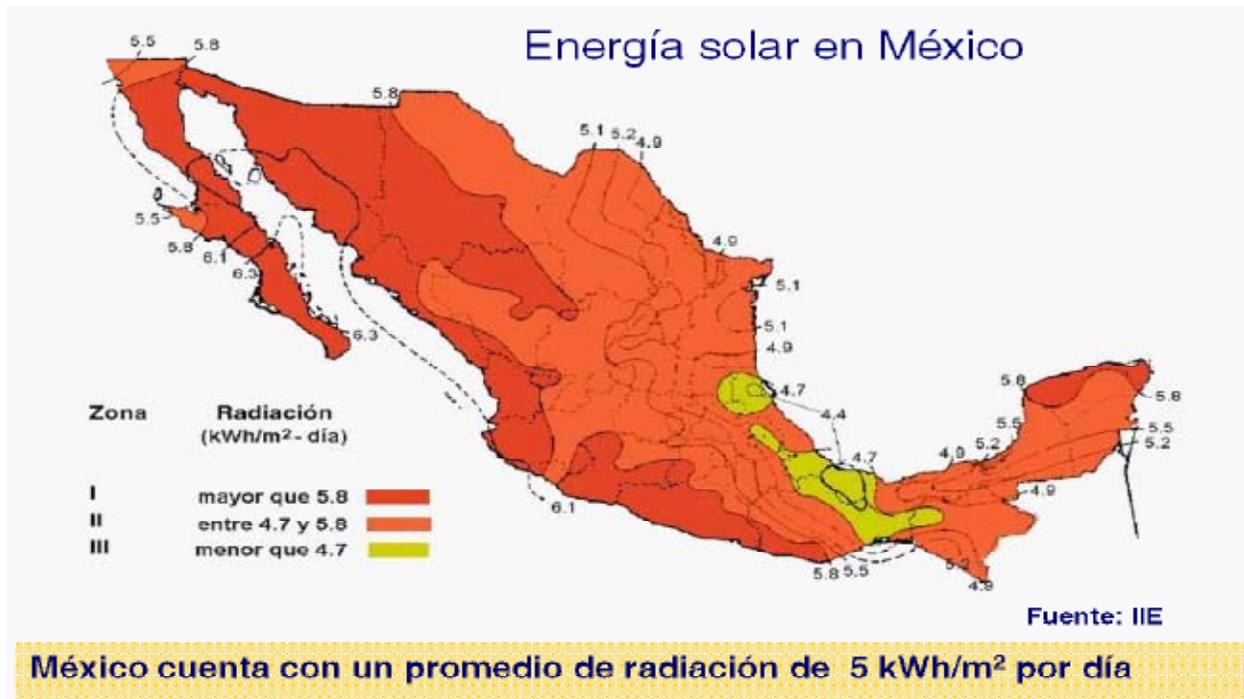


Figura 6: Mapa de radiación solar por día en el territorio nacional (kWh/m<sup>2</sup>)<sup>29</sup>.

a) En primer término, la energía solar fotovoltaica consiste en la transformación de la radiación solar en electricidad a través de paneles, celdas, conductores o módulos fotovoltaicos, hechos principalmente de silicio y formados por dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando electricidad. La capacidad de las celdas para convertir la radiación solar en electricidad, depende del material del que estén hechas (Figura 7).

<sup>29</sup> Instituto de Investigaciones Eléctricas. Disponible en: <http://genc.iie.org.mx/genc/siger/frames.asp?mcontador=21336&url=mapas1%2Ehtm>



Material de la célula	Superficie requerida para 1 kW <sub>p</sub>
Monocristalino	7 - 9 m <sup>2</sup> 
Policristalino	8 - 11 m <sup>2</sup> 
Diselenio de Indio-Cobre (CIS)	11 - 13 m <sup>2</sup> 
Teluro de Cadmio (CdTe)	14 - 18 m <sup>2</sup> 
Silicio amorfo	16 - 20 m <sup>2</sup> 

Figura 7: Eficiencia energética por material de celdas fotovoltaicas<sup>30</sup>.

Considerando la capacidad de generación de electricidad que poseen estos dispositivos, su principal uso se da en actividades que requieren poca potencia eléctrica, como estaciones meteorológicas o repetidoras de comunicaciones, o en lugares donde el acceso del Sistema Eléctrico Nacional se complica. Sin embargo, en la medida en que se promueva la utilización de la energía solar fotovoltaica, se consolidará la industria en la materia y se desarrollarán nuevas tecnologías para el incremento de las capacidades de generación eléctrica.

### Capacidad Instalada de la Energía Fotovoltaica

Se estima que la capacidad total de las instalaciones fotovoltaicas en México es de 18.5 MW, que generan en promedio 8,794.4 MWh por año.

<sup>30</sup> Solarpraxis AG. Disponible en: <http://www.solarpraxis.de/index.php?id=1021>



## 2. ENERGÍA SOLAR

En el mundo existe una capacidad instalada de generación de electricidad a partir de la tecnología fotovoltaica de más de 16,000 MW<sup>31</sup>.

En el caso de México, prácticamente todas las instalaciones fotovoltaicas que existen en el país se encuentran en comunidades rurales aisladas de la red eléctrica, y muchas de ellas fueron instaladas por medio de programas gubernamentales de electrificación rural, como el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO).

De 1993 a 2003, la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos en el país se incrementó de 7 a 15 MW, generando más de 8,000 MWh/año para electrificación rural, bombeo de agua y refrigeración, mientras que actualmente se estima que la capacidad total de estas instalaciones es de 18.5 MW, que generan en promedio 8,794.4 MWh por año<sup>32</sup>.

Considerando dichos avances, nuestro país destaca en el listado de los 15 países a nivel mundial con mayor capacidad instalada de energía fotovoltaica, tal como se observa en la siguiente tabla:

CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA AL 2006	
PAISES	(MW)
Alemania	2,831
España	175
Japón	1,776
EE.UU.	697
Australia	71
Holanda	52
Italia	45
Nueva Zelanda	36
Austria	35
Suiza	29
Luxemburgo	25
Francia	23
Canada	20
Mexico	18.5

Fuente: Sener con datos de la Agencia Internacional de Energía.

<sup>31</sup> REN21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables. Global Status Report. 2009 Update. Paris, France. 2009. Pág. 12.

<sup>32</sup> Secretaría de Energía. Balance Nacional de Energía 2007 (con información de la Asociación de Energía Solar A.C.). Disponible en: [http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE\\_y\\_DT/pub/Balance\\_2007.pdf](http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Balance_2007.pdf)



### Marco Jurídico Específico de la Tecnología Fotovoltaica

En lo relativo al marco jurídico para la interconexión de la electricidad generada a partir de esta fuente con el Sistema Eléctrico Nacional, los generadores deben celebrar un contrato con los suministradores del mismo, es decir, la Comisión Federal de Electricidad o Luz y Fuerza del Centro, cuyo formato fue publicado el 27 de junio de 2007 en el Diario Oficial de la Federación<sup>33</sup> (Anexo 2. Marco Jurídico).

b) En segundo término, la energía termosolar consiste en el aprovechamiento de la radiación solar para la captación y almacenamiento de calor. Consiste en colectores termosolares que reciben el calor de la radiación solar y que operan bajo alguna de las siguientes modalidades:

- Transmisión a un tanque de almacenamiento el cual envía el calor a su uso final.

El uso más común del calor derivado de la energía termosolar es para calentar fluidos en contenedores, el cual puede ser desde un calentador doméstico o una alberca, hasta algún contenedor de gran tamaño para la utilización del fluido caliente en alguna de las etapas de producción de una industria. Sin embargo, el calor almacenado también puede ser utilizado para otros fines, aun cuando no haya radiación solar, como la preparación de alimentos mediante estufas solares, o para su uso en sistemas de calefacción y aire acondicionado.

- Transmisión directa a un fluido para generar vapor de manera directa o indirecta.

Ésta se aprovecha de manera igualmente directa en procesos industriales, o bien, se hace pasar por turbinas para la generación de electricidad, inclusive a gran escala.

Los conceptos básicos de esta tecnología no son recientes, sin embargo en los últimos años se han emprendido en el mundo diversos esfuerzos en paralelo orientados a simplificar el diseño de los sistemas colectores de manera que los materiales, estructuras y componentes que los integran son ahora más ligeros, fáciles de ensamblar y en consecuencia, sustancialmente menos costosos. Esto ha detonado un renovado interés en esta tecnología, la cual empieza a aplicarse inclusive en la integración de nuevas plantas de generación eléctrica de varios cientos de Megawatts que generan electricidad exclusivamente con base en el vapor generado por estos sistemas solares.

Una limitante importante de esta tecnología en la actualidad, es que únicamente puede generar energía mientras esté disponible la radiación directa del sol. Sin embargo, existen importantes avances en el desarrollo de eficientes sistemas que permiten almacenar la energía generada en exceso durante el día y aprovecharla mientras ésta no se encuentra disponible, maximizando la continuidad de las operaciones de generación. Para este almacenaje existen

<sup>33</sup> Disponible en: <http://www.cre.gob.mx/documento/1220.pdf>



## 2. ENERGÍA SOLAR

diversas opciones como el de tanques aislados térmicamente para mantener la energía concentrada en agua caliente, o bien, la utilización de sales fundidas u otros materiales que pueden conservar la energía por muchas horas.

Para sistemas termosolares, a finales de 2004 se tenían instalados a nivel global 164 millones de m<sup>2</sup> de área de captación, correspondientes a una capacidad instalada de cerca de 115,000 MWh, mientras que en México se tenían instalados más de 650,000 m<sup>2</sup> de calentadores solares planos, generando más de 3.1 PJ por año para calentar agua. Actualmente existe una superficie total de 1 millón de m<sup>2</sup> de colectores, que producen aproximadamente 4.5 PJ por año<sup>34</sup>. Derivado de lo anterior, nuestro país se encuentra catalogado como uno de los primeros diez países productores de energía termosolar (Figura 8).

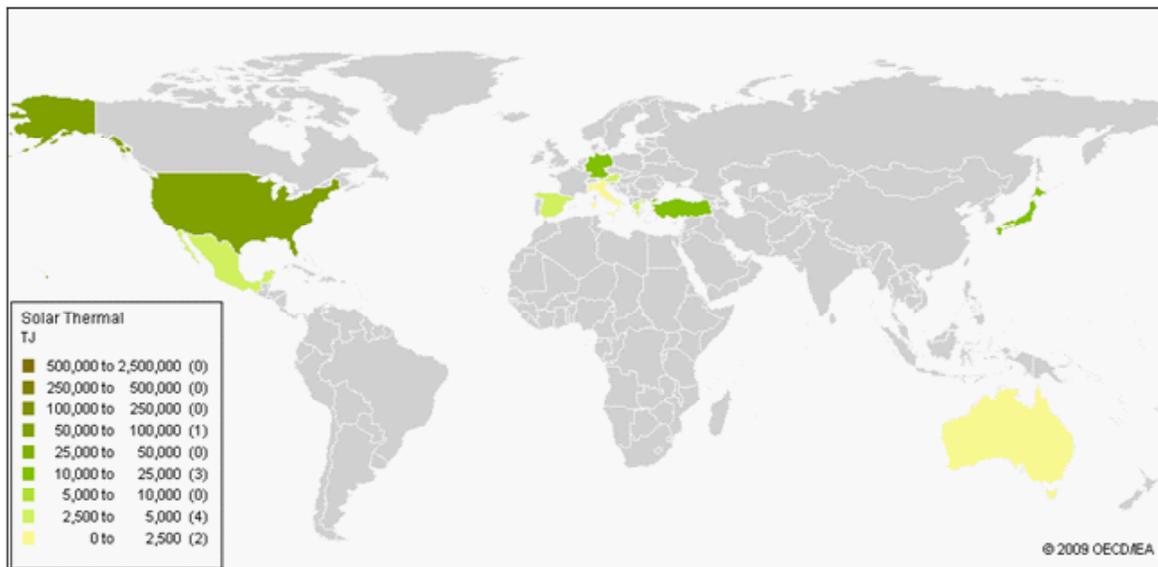


Figura 8. Países con mayor producción de energía termosolar (TJ)<sup>35</sup>.

### Capacidad Instalada de la Energía Termosolar

Nuestro país se encuentra catalogado como uno de los primeros diez países productores de este tipo de energía. Actualmente existe una superficie total de 1 millón de m<sup>2</sup> de colectores, que producen aproximadamente 4.5 PJ por año.

<sup>34</sup> Secretaría de Energía. Balance Nacional de Energía 2007. Disponible en: [http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE\\_y\\_DT/pub/Balance\\_2007.pdf](http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Balance_2007.pdf)

<sup>35</sup> Agencia Internacional de Energía. Disponible en: <http://www.iea.org/textbase/pm/maps/images/World/solarthermal.htm>



### Marco Jurídico Específico de la Tecnología Termosolar

El pasado 5 de febrero de 2009 fue publicada en el Diario Oficial de la Federación la Norma Técnica de Competencia Laboral (NTCL) NUSIM005.01 “Instalación del sistema de calentamiento solar de agua”, la cual tiene por objeto **“Servir como referente para la evaluación y certificación de las personas que instalan calentadores solares de agua cuyas competencias incluyen interpretar diagramas y manuales, preparar el área, materiales y herramientas para la instalación de sistemas de calentamiento solar de agua e instalar y poner en marcha componentes del sistema”**<sup>36</sup>.

Cabe destacar que, en el marco del proyecto denominado “IMPULSA”, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se encuentra desarrollando actualmente investigación y desarrollo tecnológico en materia de aprovechamiento de la energía solar, tanto con tecnología fotovoltaica como termosolar, para la desalación de agua en el norte del país.

Nuestro país cuenta con gran potencial para el desarrollo de la energía solar, reconocido a nivel mundial, por lo que su fomento y desarrollo resultarán fundamentales en los próximos años para la obtención de los beneficios energéticos, económicos, sociales y ambientales que conlleva.



<sup>36</sup> Diario Oficial de la Federación. Tomo DCLXV, No. 3. Correspondiente al jueves 5 de febrero de 2009.



### 2.2. ACCIONES DEL GOBIERNO

Tal como se mencionó, la mayor parte del desarrollo de la industria solar en México se ha dado a partir de proyectos de electrificación rural mediante la tecnología fotovoltaica, ante la necesidad del Estado de encontrar mecanismos viables para proporcionar el servicio eléctrico en las regiones más marginadas del país.

Como acciones de gobierno destacan los proyectos de Fomento a las Fuentes Alternas de Energía en los Agronegocios, y de Energías Renovables del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), los cuales son financiados con recursos del Global Environment Facility (GEF), el Banco Mundial y el programa Pro-Campo del Gobierno Federal, beneficiando a comunidades rurales remotas de los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz, con servicios energéticos de calidad.

En materia de energía termosolar, el principal instrumento de política de la presente administración lo constituye el Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México 2007-2012 (PROCALSOL)<sup>37</sup>, el cual tiene como objetivo impulsar el aprovechamiento de la energía solar en el país e impulsar el ahorro de energía en el calentamiento de agua de los sectores residencial, comercial, industrial y agrícola, sustituyendo los métodos tradicionales a base de combustibles fósiles por la radiación solar.

La principal meta del “Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México 2007-2012” (PROCALSOL) consiste en lograr un crecimiento de más de 600,000 m<sup>2</sup> de calentadores solares, a fin de contar con 1 millón 800 mil metros cuadrados de calentadores solares de agua instalados para el año 2012, distribuidos en los sectores de la construcción, residencial y agronegocios, tanto en nuevos como en los ya existentes<sup>38</sup>.

Por otro lado, podemos destacar que el Gobierno Federal, con apoyo del Banco Mundial, actualmente lleva a cabo el proyecto “Servicios Integrales de Energía”, el cual servirá como piloto para incentivar una política nacional de electrificación rural con energías renovables, dentro de las cuales la mayor participación es de energía solar.

<sup>37</sup> CONAE/ANES/GTZ. Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México 2007-2012 (PROCALSOL). México, 2007. Disponible en: <http://www.conae.gob.mx/work/images/Procalsol.pdf>

<sup>38</sup> *Ídem.*

## 2. ENERGÍA SOLAR



Finalmente, cabe mencionar que existe un proyecto de ciclo combinado, a cargo de la Comisión Federal de Electricidad, denominado “171 CC Agua Prieta II” (con campo solar), en el estado de Sonora. Consiste en un sistema solar integrado de ciclo combinado con tecnología de canales parabólicos solares, el cual se encuentra en etapa de licitación, esperándose que inicie operaciones en abril de 2012, con una capacidad bruta de 477 MW, de los cuales 10 MWT serán generados por el campo solar en el verano<sup>39</sup>.

El Proyecto 171 CC Agua Prieta II, en Sonora, consiste en un sistema solar integrado de ciclo combinado con tecnología de canales parabólicos solares. Se espera que inicie operaciones en 2012, con una capacidad bruta de 477 MW, de los cuales 10 MWT serán generados por el campo solar en el verano.

### Meta de calentadores solares instalados

Para el año 2012 la tecnología termosolar alcanzará 1 millón 800 mil metros cuadrados de calentadores solares de agua instalados.



<sup>39</sup> Comisión Federal de Electricidad. Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2009-2018, Pág. 3-29.



### 2.3. ACCIONES ESPECÍFICAS

Las acciones específicas para el desarrollo de la energía solar en México son las siguientes:

1. Establecer condiciones óptimas para la productividad y competitividad de la industria de la energía solar, atrayendo inversiones y generando empleos formales y de calidad;
2. Lograr la integración social, económica y tecnológica de las comunidades rurales a los sistemas de energía solar, a fin de elevar el nivel de desarrollo de su población, además de promover la capacitación en su utilización;
3. Utilizar preferentemente la energía eléctrica producida a partir de sistemas solares para el suministro de energía en zonas donde actualmente no llega la cobertura del Sistema Eléctrico Nacional;
4. Garantizar el cumplimiento de la normatividad ambiental en todas las etapas productivas de la industria de la energía solar;
5. Evaluar, en una perspectiva costo beneficio, la construcción de obras de infraestructura en materia de energía solar a mayor escala;



## 2. ENERGÍA SOLAR



6. Poner a disposición de los particulares las disposiciones legales conforme a las cuales se deben llevar a cabo las actividades relacionadas con la industria y, en su caso, otorgar asesoría técnica.

### 2.4. RETOS

Si bien las líneas de acción planteadas se orientan a la consecución de las metas expresadas de igual manera en el presente Programa, existen diversos obstáculos que complicarán el desarrollo de la energía solar en nuestro país. El principal lo constituye el costo de la tecnología, por lo que la investigación será una herramienta de la mayor importancia para lograr sistemas que impliquen una menor erogación por la instalación y una mayor eficiencia.





## 3. ENERGÍA MINIHIDRÁULICA



### 3.1. DIAGNÓSTICO

La energía minihidráulica es producida en instalaciones hidroeléctricas de capacidad limitada, utilizando la energía potencial o cinética generada por el agua que corre al salvar el desnivel natural o artificial existente entre dos puntos. Este proceso permite la transformación de dicha energía en electricidad, utilizando turbinas que se mueven mediante el volumen de agua que circula a través de éstas. La potencia mecánica producida por la corriente de agua es transmitida de la turbina a un generador eléctrico, mediante un eje giratorio.

Este tipo de energía se considera como renovable, pues no agota la fuente primaria al explotarla, y no implica la emisión de contaminantes o residuos.

Adicionalmente, por su escala limitada reduce los impactos sobre el ambiente, y permite aprovechar corrientes de agua poco caudalosas o donde no es posible la construcción de grandes instalaciones, lo que la convierte en una fuente dinámica y adaptable a las condiciones geográficas e hídricas de cada región del país.

De igual forma, contribuye a la diversificación de las fuentes primarias de energía, y permite acercarlas a los usuarios, lo que determina la gestión local del recurso y la prestación del servicio en zonas alejadas de la red de distribución. De esta forma, se reducen los costos e ineficiencias relacionadas a la conducción y distribución de la energía en grandes distancias.

Los principales beneficios económicos y sociales de esta fuente de energía son<sup>40</sup>:

- a) Reducción de riesgos por inundaciones;
- b) Mitigación de la erosión de las cuencas;
- c) Mejoramiento de las labores agrícolas;
- d) Desarrollo agroindustrial;
- e) Derrama económica por la construcción y operación, y
- f) Arraigo en las zonas rurales y capacitación.

<sup>40</sup> Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía, Pág. 11. Disponible en: <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/1601/1/images/minihidraulica.pdf>



## 3. ENERGÍA MINIHIDRÁULICA

La energía minihidráulica no constituye una novedad. A finales del siglo XIX y principios del XX se construyeron numerosas instalaciones minihidráulicas, aunque al terminar el siglo pasado, éstas fueron reemplazadas por centrales más grandes y con mayor capacidad de producción.

En 1960, cuando por decreto del Presidente Adolfo López Mateos se nacionalizó la industria eléctrica, pasaron a poder del Estado unas 60 centrales minihidráulicas con una capacidad de menos de 5 MW, que sumaban una potencia instalada total de 75 MW y eran operadas por diversas compañías en el centro y sur del territorio nacional. Sin embargo, posteriormente la legislación se modificó de tal forma que solamente a la Comisión Federal de Electricidad y a Luz y Fuerza del Centro se les permitió generar, transmitir y distribuir electricidad con fines públicos<sup>41</sup>.

### Marco Jurídico Específico

En lo relativo al marco jurídico que resulta aplicable a las instalaciones minihidráulicas, es necesario tomar en cuenta las normas relativas a las concesiones para el uso en generación de energía eléctrica contenidas en la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento. Para la generación de electricidad destinada a finalidades diferentes a la prestación del servicio público, se debe observar lo dispuesto en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Finalmente, la energía minihidráulica en nuestro país se encuentra acotada por la fracción II del artículo 1° de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, la cual establece que las instalaciones para su generación no podrán superar los 30 Megawatts de capacidad (Anexo 2. Marco Jurídico).

El panorama nacional de la minihidráulica se puede dividir en centrales públicas y privadas que se encuentran en operación y/o las que por alguna causa, están fuera de servicio. Actualmente se cuenta con 22 centrales privadas, 12 en operación, 2 inactivas y 8 en construcción, con permisos otorgados por la Comisión Reguladora de Energía con una capacidad instalada en operación de 83.5 MW (Tabla 1), así como 31 centrales públicas en operación de la Comisión Federal de Electricidad con una capacidad de 270 MW (Tabla 2). De estas últimas, sólo dos han sido construidas después de 1967: la central “Colina”, ubicada en San Francisco Conchos, Chihuahua, con una capacidad instalada de 3 MW y la central “Ixtaczoquitlán”, ubicada en Ixtaczoquitlán, Veracruz, con una capacidad instalada de 1 MW<sup>42</sup>. Asimismo, Luz y Fuerza del Centro cuenta con 11 instalaciones minihidráulicas de carácter público, que suman una capacidad de 23.4 MW (Tabla 3).

<sup>41</sup> *Ibidem*. Pág. 3.

<sup>42</sup> Comisión Federal de Electricidad. Disponible en: <http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/generacionelectricidad/lisctralesgeneradoras/>

### 3. ENERGÍA MINIHIDRÁULICA



Tabla 1

CENTRALES MINIHIDRÁULICAS PRIVADAS						
PERMISIONARIO	CAP. AUTORIZADA (MW)	FECHA DE ENTRADA EN OPERACIÓN	ENERGÉTICO PRIMARIO	ACTIVIDAD ECONOMICA	ESTADO ACTUAL	UBICACION DE LA PLANTA
GENERADORA ELECTRICA SAN RAFAEL, S. DE R.L. DE C.V.	28.8	31/12/09	AGUA	MUNICIPAL	EN CONSTRUCCION	NAYARIT
ELECTRICIDAD DEL ISTMO, S. DE R. L. DE C.V.	20.0	31/12/08	AGUA	TEXTIL	EN CONSTRUCCION	OAXACA
COMPAÑIA DE ENERGIA MEXICANA, S.A. DE C.V.	30.0	20/11/08	AGUA	INDUSTRIAS DIVERSAS	EN CONSTRUCCION	PUEBLA
ENERGIA ESCALONA, S. DE R.L. DE C.V.	8.0	01/08/08	AGUA	INDUSTRIAS DIVERSAS	EN CONSTRUCCION	VERACRUZ
HIDROELECTRICA ARCO IRIS, S.A. DE C.V.	1.2	30/11/10	AGUA	INDUSTRIAS DIVERSAS	EN CONSTRUCCION	JALISCO
HIDROELECTRICA DE TACOTAN, S.A. DE C.V.	6.0	31/08/09	AGUA	PEQUEÑO PRODUCTOR	EN CONSTRUCCION	JALISCO
HIDROELECTRICA TRIGOMIL, S.A. DE C.V.	8.0	31/08/09	AGUA	PEQUEÑO PRODUCTOR	EN CONSTRUCCION	JALISCO
INDUSTRIAS WACK, S.A. DE C.V.	3.0	31/12/09	AGUA	INDUSTRIAS DIVERSAS	EN CONSTRUCCION	JALISCO
ENERGIA EP, S. DE R.L. DE C.V.	0.4	19/02/09	AGUA	INDUSTRIAS DIVERSAS	EN OPERACION	PUEBLA
<b>SUBTOTAL 1</b>	<b>105.4</b>					
PAPELERIA VERACRUZANA, S.A. DE C.V.	1.3	25/09/98	AGUA	PAPELERO	EN OPERACION	VERACRUZ
CERVECERIA CUAUHTEMOC-MOCTEZUMA, S.A. DE C.V., PLANTA ORIZABA	15.0	ANTES DE 92	AGUA Y GAS NATURAL	ALIMENTOS	EN OPERACION	VERACRUZ
COMPAÑIA INDUSTRIAL VERACRUZANA, S.A.	4.0	ANTES DE 92	AGUA Y GAS NATURAL	TEXTIL	EN OPERACION	VERACRUZ
HIDROELECTRICIDAD DEL PACIFICO, S.A. DE C.V.	9.2	01/04/03	AGUA	MAQUILADOR	EN OPERACION	JALISCO
HIDROELECTRICAS VIRITA, S.A. DE C.V.	2.6	ANTES DE 92	AGUA	TEXTIL	EN OPERACION	VERACRUZ
PROVEEDORA DE ELECTRICIDAD DE OCCIDENTE, S.A. DE C.V.	19.0	01/11/05	AGUA	MUNICIPAL	EN OPERACION	JALISCO
HIDROELECTRICA CAJON DE PEÑA, S.A. DE C.V.	1.2	01/09/08	AGUA	SERVICIOS	EN OPERACION	JALISCO
PROCESAMIENTO ENERGETICO MEXICANO, S.A. DE C.V.	11.3	pruebas	AGUA	INDUSTRIAS DIVERSAS	EN OPERACION	VERACRUZ
HIDRORIZABA II, S.A. DE C.V.	4.4	08/08/08	AGUA	INDUSTRIAS DIVERSAS	EN OPERACION	VERACRUZ
HIDRORIZABA, S.A. DE C.V.	1.6	03/11/08	AGUA	INDUSTRIAS DIVERSAS	EN OPERACION	VERACRUZ
DESARROLLOS MINEROS SAN LUIS, S.A. DE C.V.	13.9	31/07/08	AGUA Y DIESEL	MINERO	EN OPERACION	DURANGO
<b>SUBTOTAL 2</b>	<b>83.5</b>					
PROVEEDORA NACIONAL DE ELECTRICIDAD, S.A. DE C.V.	5.0	31/12/06	AGUA	MUNICIPAL	INACTIVO	JALISCO
ENERGIA NACIONAL, S.A. DE C.V.	2.5	31/01/06	AGUA	INDUSTRIAS DIVERSAS	INACTIVO	PUEBLA
<b>SUBTOTAL 3</b>	<b>7.5</b>					
<b>TOTAL</b>	<b>196.4</b>					



### 3. ENERGÍA MINIHIDRÁULICA

Tabla 2<sup>43</sup>

CENTRALES MINIHIDRÁULICAS PÚBLICAS COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD				
NOMBRE DE LA CENTRAL	NÚMERO DE UNIDADES	FECHA DE ENTRADA EN OPERACIÓN	CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA (MW)	UBICACIÓN
AMBROSIO FIGUEROA (LA VENTA)	5	31-MAY-1965	30.0	LA VENTA, GUERRERO
BARTOLINAS	2	20-NOV-1940	0.7	TACÁMBARO, MICHOACÁN
BOMBANÁ	4	20-MAR-1961	5.2	SOYALÓ, CHIAPAS
BOQUILLA	4	01-ENE-1915	25.0	SAN FRANCISCO CONCHOS, CHIHUAHUA
BOTELLO	2	01-ENE-1910	13.0	PANINDÍCUARO, MICHOACÁN
CAMILO ARRIAGA (EL SALTO)	2	26-JUL-1966	18.0	EL NARANJO, SAN LUIS POTOSÍ
CHILAPAN	4	01-SEP-1960	26.0	CATEMACO, VERACRUZ
COLINA	1	01-SEP-1996	3.0	SAN FRANCISCO CONCHOS, CHIHUAHUA
COLOTLIPA	4	01-ENE-1910	8.0	QUECHULTENANGO, GUERRERO
ELECTROQUÍMICA	1	01-OCT-1952	1.4	CD. VALLES, SAN LUIS POTOSÍ
ENCANTO	2	19-OCT-1951	10.0	TLAPACOYAN, VERACRUZ
ITZÍCUARO	2	01-ENE-1929	0.6	PERIBÁN LOS REYES, MICHOACÁN
IXTACZOQUITLÁN	1	10-SEP-2005	1.6	IXTACZOQUITLÁN, VERACRUZ
JOSÉ CECILIO DEL VALLE	3	26-ABR-1967	21.0	TAPACHULA, CHIAPAS
JUMATÁN	4	17-JUL-1941	2.2	TEPIC, NAYARIT
LUIS M. ROJAS (INTERMEDIA)	1	01-ENE-1963	5.3	TONALÁ, JALISCO
MICOS	2	01-MAY-1945	0.7	CD. VALLES, SAN LUIS POTOSÍ
MINAS	3	10-MAR-1951	15.0	LAS MINAS, VERACRUZ
MOCÚZARI	1	03-MAR-1959	9.6	ÁLAMOS, SONORA
OVIÁCHIC	2	28-AGO-1957	19.2	CAJEME, SONORA
PLATANAL	2	21-OCT-1954	9.2	JACONA, MICHOACÁN
PORTEZUELOS I	4	01-ENE-1901	2.0	ATLIXCO, PUEBLA
PORTEZUELOS II	2	01-ENE-1908	1.1	ATLIXCO, PUEBLA
PUENTE GRANDE	2	01-ENE-1912	11.8	TONALÁ, JALISCO
SALVADOR ALVARADO (SANALONA)	2	08-MAY-1963	14.0	CULIACÁN, SINALOA
SAN PEDRO PORÚAS	2	01-OCT-1958	2.6	VILLA MADERO, MICHOACÁN
SCHPOINÁ	3	07-MAY-1953	2.2	VENUSTIANO CARRANZA, CHIAPAS
TAMAZULAPAN	2	12-DIC-1962	2.5	TAMAZULAPAN, OAXACA
TEXOLO	2	01-NOV-1951	1.6	TEOCELO, VERACRUZ
TIRIO	3	01-ENE-1905	1.1	MORELIA, MICHOACÁN
ZUMPIMITO	4	01-OCT-1944	6.4	URUAPAN, MICHOACÁN

<sup>43</sup> Comisión Federal de Electricidad. Unidades Generadoras en Operación, Capacidad 2008, Sistema Eléctrico Nacional (Servicio Público), 20° Edición, Marzo de 2009.

### 3. ENERGÍA MINIHIDRÁULICA



Tabla 3<sup>44</sup>

CENTRALES MINIHIDRÁULICAS PÚBLICAS LUZ Y FUERZA				
NOMBRE DE LA CENTRAL	NÚMERO DE UNIDADES	FECHA DE ENTRADA EN OPERACIÓN	CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA (MW)	UBICACIÓN
ALAMEDA	3	01-ENE-1923	7.0	MALINALCO, ESTADO DE MÉXICO
TEZCAPA	2	01-ENE-1928	5.3	HUAUCHINANGO, PUEBLA
JUNADÓ	2	01-OCT-1910	3.0	TEPANGO, HIDALGO
TEMASCALTEPEC	4	16-ENE-1907	2.3	TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO
SAN SIMÓN	2	01-ENE-1903	1.3	TENANCINGO, ESTADO DE MÉXICO
FERNÁNDEZ LEAL	1	01-ENE-1926	1.1	N. ROMERO, ESTADO DE MÉXICO
CAÑADA	1	01-ENE-1910	1.0	TETEPANGO, HIDALGO
VILLADA	1	01-ENE-1928	1.0	N. ROMERO, ESTADO DE MÉXICO
TLILÁN	1	01-ENE-1928	0.7	N. ROMERO, ESTADO DE MÉXICO
ZEPAYAUTLA	1	01-ENE-1905	0.5	TENANCINGO, ESTADO DE MÉXICO
ZICTEPEC	1	01-ENE-1908	0.2	TENANGO A., ESTADO DE MÉXICO

Igualmente, se espera que los países latinoamericanos logren multiplicar por ocho la actual capacidad instalada en minihidráulica (de 2,800,000 a 22,000,000 de MWh/año), es decir su potencial económicamente explotado pasaría del 1.6% a un 12%. Esto requerirá cerca de 500 millones de dólares/año, lo que se ve como un gran reto<sup>45</sup>.

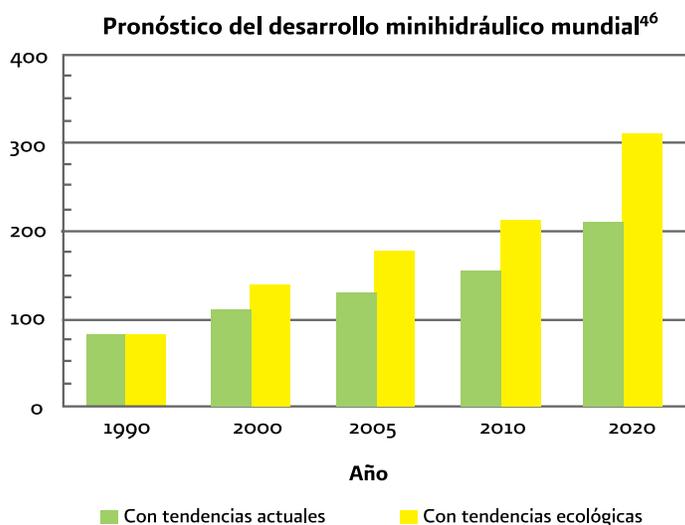


Figura 9: Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía.

<sup>44</sup> *Ídem.*

<sup>45</sup> Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía, *Op. Cit.* Pág. 32.

<sup>46</sup> *Ibidem.* Pág. 31.



### 3. ENERGÍA MINIHIDRÁULICA

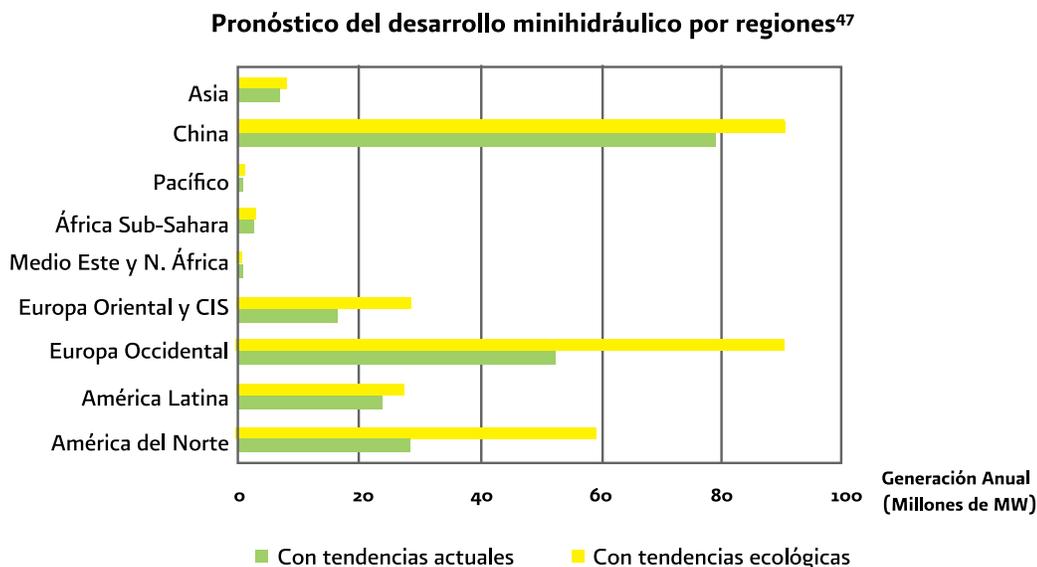


Figura 10: Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía.

En este sentido, si para el año 2020 la producción mundial de energía eléctrica con minihidráulica llega a los 240,000,000 de MWh/año, en términos de ahorro de combustible fósil y beneficios ecológicos se estima que se podría evitar la emisión de 200 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera<sup>48</sup>.

A nivel nacional se han dirigido esfuerzos para determinar el potencial minihidráulico de nuestro país. En este sentido, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (antes CONAE) estimó en 2005 el potencial hidroeléctrico nacional en 53,000 MW, de los cuales, para centrales con capacidades menores a los 10 MW, el potencial es de 3,250 MW.

#### Potencial estimado

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía estima que el potencial minihidráulico nacional es de 3,250 MW.

<sup>47</sup> Ídem.

<sup>48</sup> Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía, *Op. Cit.* Pág. 32.

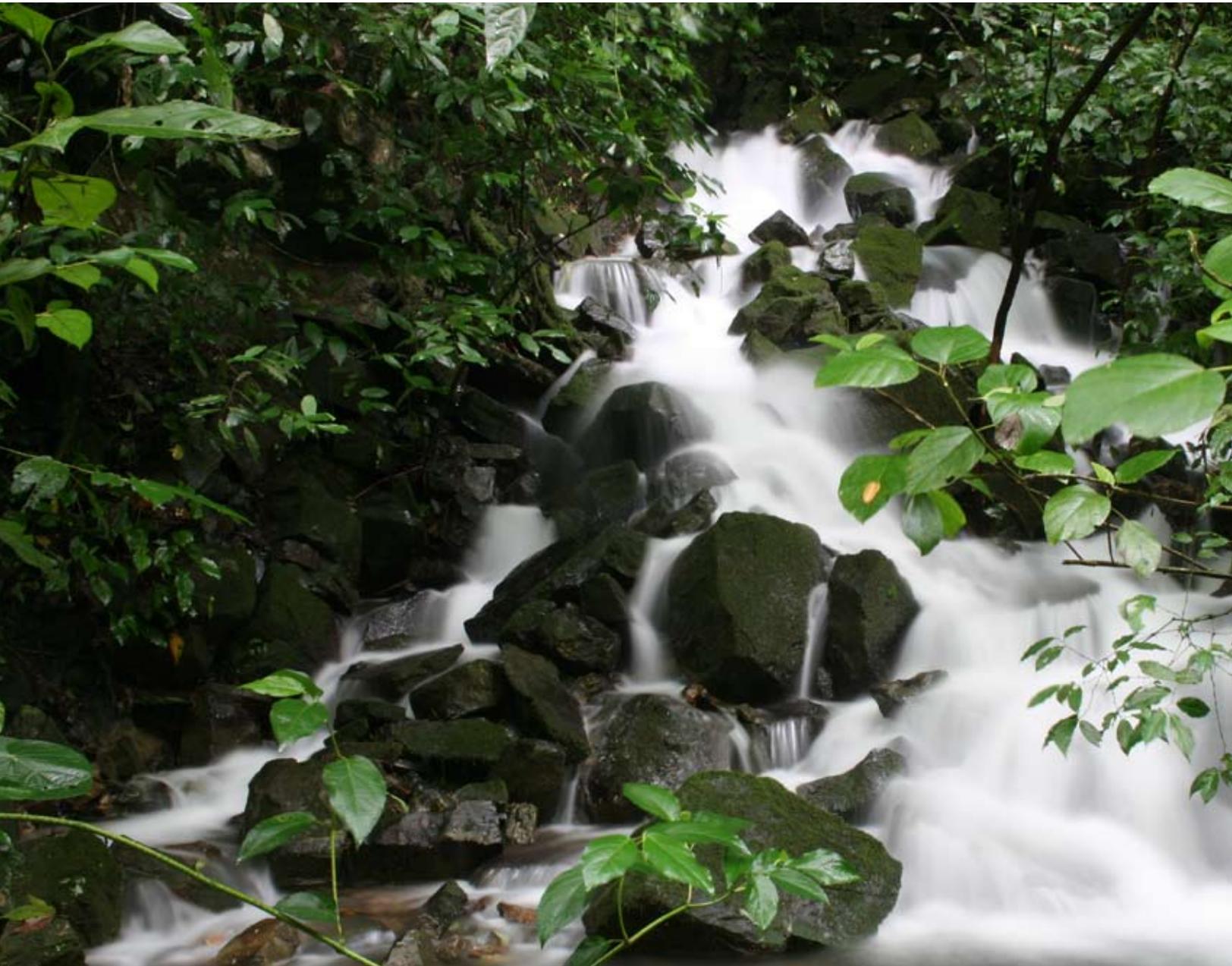
## 3. ENERGÍA MINIHIDRÁULICA



### 3.2. ACCIONES DEL GOBIERNO

Por su propia naturaleza, el desarrollo de las minihidráulicas requiere la coordinación de diferentes dependencias y entidades de la Administración Pública Federal; particularmente con la Comisión Nacional del Agua, Órgano Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, encargado de la gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes. Asimismo, para iniciar la política en materia de minihidráulicas, es necesario contar con información básica para su adecuado desarrollo.

De esta forma, la coordinación con la Comisión Nacional del Agua permitirá contar con estimaciones preliminares del potencial minihidráulico nacional.





## 3. ENERGÍA MINIHIDRÁULICA

### 3.3. ACCIONES ESPECÍFICAS

Las acciones específicas para el desarrollo de fuentes minihidráulicas son las siguientes:

1. Fortalecer las acciones de electrificación rural mediante fuentes minihidráulicas;
2. Evitar provocar impactos negativos al ambiente, los ecosistemas, la biodiversidad y las cuencas hidrológicas con la construcción de minihidroeléctricas;
3. Establecer la infraestructura necesaria para el aprovechamiento del potencial nacional proveniente de fuentes minihidráulicas, así como la necesaria para su interconexión con la red nacional;
4. Crear una base de información fiable que sustente las políticas, programas y acciones relativas al desarrollo de minihidráulicas, y
5. Fortalecer las capacidades nacionales de investigación y desarrollo tecnológico, en materia de minihidráulicas.





### 3.4. RETOS

Existen una serie de factores económicos, administrativos y sociales que dificultan el establecimiento de instalaciones minihidráulicas en el país. Entre éstas destacan las siguientes:

- La falta de información, educación y capacitación, respecto de costos, necesidades de infraestructura y experiencia;
- La falta de aceptación social por carencia de información a comunidades;
- La falta de capacidad y disposición de pago por la energía eléctrica, principalmente en zonas rurales marginadas, y
- La incertidumbre económica.



## 4. ENERGÍA GEOTÉRMICA



### 4.1. DIAGNÓSTICO

La energía geotérmica es la proveniente del núcleo de la Tierra en forma de calor, que se desplaza hacia arriba en el magma que fluye a través de fisuras en rocas y que alcanza niveles cercanos a la superficie, donde existen condiciones geológicas favorables para su acumulación. Este tipo de yacimiento está asociado a fenómenos volcánicos y sísmicos, cuyo origen común son los movimientos profundos que ocurren continuamente entre los límites de las placas.

La corteza terrestre no está formada por una sola estructura, sino que consta de varias partes llamadas placas tectónicas, las cuales están en constante movimiento a velocidades de unos cuantos centímetros por año. El origen de los sistemas geotérmicos está relacionado con el movimiento de las placas oceánicas y continentales, las cuales, al chocar o separarse, constituyen regiones geológicamente activas, lo que implica la colisión e introducción de una placa por debajo de otra, incrementando las temperaturas, y formando magma que puede llegar a la superficie para crear volcanes, o permitiendo que el magma del manto llegue cerca de la superficie cuando las placas presentan movimientos divergentes.

En la actualidad se han identificado cinco tipos de sistemas geotérmicos, los cuales se explican a continuación:

a) **Sistemas Hidrotermales.** Se caracterizan porque se alimentan con agua de la superficie de la tierra en forma de lluvia, hielo o nieve, la cual se infiltra lentamente en la corteza terrestre a través de poros y fracturas, penetrando a varios kilómetros de profundidad en donde es calentada por la roca, alcanzando en algunas ocasiones temperaturas de hasta 400 °C. En la actualidad estos sistemas son los únicos que se explotan comercialmente para la generación eléctrica;





## 4. ENERGÍA GEOTÉRMICA

b) Sistemas de Roca Seca Caliente. Se caracterizan por ser sistemas con alto contenido energético pero con poca o nula cantidad de agua. No se explotan comercialmente en la actualidad, pero se encuentra en desarrollo la tecnología que permita su aprovechamiento. El Instituto Norteamericano de Medición Geológica, a través de la Encuesta Geológica Estadounidense (U.S. Geological Survey) ha estimado que la energía almacenada en los yacimientos de roca seca caliente que se encuentran dentro de los 10 kilómetros superiores de la corteza terrestre, equivale a más de 500 veces la energía acumulada en todos los yacimientos de gas y de petróleo del mundo, lo que refleja el potencial del recurso<sup>49</sup>;

c) Sistemas Geopresurizados. Se caracterizan por ser sistemas que contienen agua y metano disuelto a alta presión (del orden de 700 bares de presión) y mediana temperatura (aproximadamente 150 grados Celsius). No se explotan comercialmente en la actualidad;

d) Sistemas Marinos. Se caracterizan por su alta entalpía (magnitud termodinámica) y localización en el fondo del mar. No se explotan comercialmente en la actualidad. Se han efectuado estudios preliminares en el Golfo de California<sup>50</sup> con algunas inmersiones en un submarino, logrando observar a 2600 metros de profundidad chimeneas naturales descargando chorros de agua a 350 °C, y

e) Sistemas Magmáticos. Se caracterizan por ser sistemas de roca fundida existentes en aparatos volcánicos activos o a gran profundidad, en zonas de debilidad cortical. No se explotan comercialmente en la actualidad, y algunos ejemplos de estos sistemas son el Volcán de Colima (México) y el Volcán Mauna Kea (Hawai). El atractivo más importante de este tipo de sistemas son las altísimas temperaturas disponibles ( 800 °C), lo cual cobra especial relevancia si consideramos que la eficiencia de las máquinas térmicas es proporcional a la temperatura máxima de su ciclo termodinámico. Sin embargo, en la actualidad no se cuenta con la tecnología y los materiales adecuados para resistir la corrosión y las altas temperaturas que permitan aprovechar la enorme cantidad de energía almacenada en las cámaras magmáticas de los volcanes activos.

Se tiene registro del aprovechamiento de la energía geotérmica en diversas actividades industriales como son: calefacción (Islandia, Estados Unidos de América, Nueva Zelanda), procesado de alimentos (Estados Unidos de América y Filipinas), lavado y secado de lana (China y Nueva Zelanda), fermentación (Japón), industria papelera (Australia, China y Nueva Zelanda), producción de ácido sulfúrico (Nueva Zelanda), manufactura de cemento (Islandia y China), o teñido de telas (Japón).

<sup>49</sup> Instituto de Investigaciones Eléctricas. Reporte de la Gerencia de Geotermia. Pág. 8.

<sup>50</sup> Mercado, S. Geotermoquímica de Manifestaciones Hidrotermales Marinas de Alta Temperatura. Geotermia, Revista Mexicana de Geoenergía, Vol. 9, No. 2, 1993. Págs. 155-164.

## 4. ENERGÍA GEOTÉRMICA



Los registros de 1999 indican que el uso de recursos geotérmicos de baja entalpía a nivel mundial fue de 16,209 MWT. El 37% de estos recursos se empleó en el calentamiento de espacios, 22% en balneología, 14% en bombas de calor, 12% en invernaderos, 7% en acuicultura, 6% en aplicaciones industriales y 2% en agricultura y otras aplicaciones<sup>51</sup>.

La generación de electricidad por medio de la energía geotérmica y, por lo tanto, la estimación del potencial aprovechable está íntimamente ligado con las condiciones naturales del yacimiento geotérmico utilizado para ese fin. La presión de entrada a las turbinas de vapor está determinada por la presión y la temperatura del yacimiento.

De manera indirecta y gracias a estimaciones e investigaciones realizadas en otros países para desarrollar el aprovechamiento de otro tipo de yacimientos, como es el de fracturamiento en roca seca caliente profunda, el Massachusetts Institute of Technology considera que Estados Unidos de América podría obtener 100,000 MW con esta tecnología, y que en México podría existir más de 20,000 MW de potencial geotérmico.

Al desarrollar e investigar las ventilas hidrotermales en el Golfo de California, su aprovechamiento podría significar más de 10,000 MW. Sin embargo, en la actualidad todavía no se ha desarrollado la tecnología que permitirá su aprovechamiento, por lo que se requiere continuar con esta línea de investigación y desarrollo de tecnología.

El primer reporte de la instalación y operación de una planta geotermoeléctrica data de principios de los años treinta, en el campo geotérmico de Larderello, Italia, mientras que en el continente americano la primera planta se instaló el 20 de noviembre de 1959, en el campo Pathé, en México, con una capacidad de 3.5 MW y operó hasta 1973, año en el que fue desmantelada. En la actualidad se exhibe como pieza de museo en el campo geotérmico de los Azufres, Michoacán.

Otro aspecto característico de las plantas geotermoeléctricas es su factor de planta de entre 80 y 90%, el cual es superior al compararlo con el factor de planta\* de 65% de las plantas térmicas convencionales. Adicionalmente la operación de dichas plantas requiere pequeñas cantidades de agua de enfriamiento, que no se considera que compita con el desarrollo de otras actividades regionales que requieran agua en sus procesos.

En el plano de cuidado al ambiente, las plantas geotermoeléctricas generan aproximadamente un sexto del CO<sub>2</sub>, comparado con las instalaciones que queman gas natural; asimismo, prácticamente no producen óxidos de nitrógeno o de azufre, por lo que se considera una fuente de energía limpia. Se estima que cada 1,000 MW generados con geotermia evitan la emisión anual a la atmósfera de aproximadamente 860 toneladas de diversas partículas contaminantes y de 3.5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub><sup>52</sup>.

<sup>51</sup> Lund J.W. y Freeston D.H. World-Wide Direct Uses of Geothermal Energy 2000. Proc. World Geothermal Congress 2000, Eds. Eduardo Iglesias, David Blackwell, Trevor Hunt, John Lund, Shiro Tamanyu y Keiji Kimbara, International Geothermal Association, New Zealand, 2000. Págs. 1-21.

<sup>52</sup> Instituto de Investigaciones Eléctricas. *Op. Cit* Pág. 19.

\* Se entiende como factor de planta la utilización efectiva de la capacidad de la planta en un tiempo determinado. Es el resultado de dividir la energía generada entre la capacidad instalada por el tiempo.



## 4. ENERGÍA GEOTÉRMICA

### Potencial estimado

La Comisión Federal de Electricidad estima que el potencial geotérmico en México es de 1,395 MW. Sin embargo, el sector académico calcula que dicho potencial pudiera ser mucho mayor.

### Capacidad Instalada

A nivel nacional se cuenta con 964.5 MW de capacidad instalada de energía geotérmica.

Actualmente existen alrededor de 10,000 MW<sup>53</sup> de capacidad instalada en el mundo, de los cuales a nivel nacional se cuenta con 964.5 MW<sup>54</sup> de capacidad instalada, misma que tiene una generación bruta de 7,057,768 de MWh, distribuida en cuatro centrales geotermoeléctricas en el país, las cuales se enlistan en la siguiente tabla:



<sup>53</sup> REN21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. *Op Cit.* 2009. Pág. 12.

<sup>54</sup> Comisión Federal de Electricidad. Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2009-2018 (POISE). Pág. 2-3.

## 4. ENERGÍA GEOTÉRMICA



DISTRIBUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE ENERGÍA GEOTERMOELÉCTRICA EN MÉXICO<sup>55</sup>

Nombre de la Central	Municipio	Entidad	Numero Unidades	Capacidad Efectiva (MW)	Generación Bruta (MWh)
Cerro Prieto	Mexicali	Baja California	13	720.0	5,176,200.00
Tres Vírgenes	Mulegé	Baja California Sur	2	10.0	42,050.0
Azufres	Cd. Hidalgo	Michoacán	15	194.5	1,516,620.0
Humeros	Chignautla	Puebla	8	40.0	320,970.0
		Total*	38	964.5	7,055,840.0

\* La suma de los parciales puede no coincidir debido al redondeo.

Sin embargo con el objetivo de incrementar la capacidad instalada de plantas geotérmicas, nacionalmente se cuenta con un catálogo de proyectos geotérmicos en estudio por parte de la Comisión Federal de Electricidad para su futuro desarrollo:

PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS EN ESTUDIO (COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD)

Proyecto	Unidades	Potencia por Unidad (MW)	Unidades x Potencia por Unidad (MW)	Entidad Federativa	Generación media anual (MWh)	Nivel de Estudio
Cerro Prieto V*	2	53.5	107.0	Baja California	745,000.0	L
Cerritos colorados 1ª etapa	1	26.6	27.0	Jalisco	186,000.0	P
Cerritos colorados 2ª etapa	2	26.6	53.0	Jalisco	372,000.0	P
Los Humeros Fase A*	1	28.0	28.0	Puebla	186,000.0	A
Los Humeros Fase B*	7	3.3	23.0	Puebla	156,000.0	F
Los Azufres III	2	50.0 y 25.0	75.0	Michoacán	559,000.0	F
Los Azufres IV	2	50.0 y 25.0	75.0	Michoacán	558,500.0	F
<b>Total</b>	<b>17</b>		<b>388.0</b>		<b>2,763,000.0</b>	

Donde: F es factibilidad; A es adjudicado; P es prefactibilidad, y L es en proceso de Licitación.

\*Proyectos que terminarán antes de 2012.

<sup>55</sup> Secretaría de Energía. Prospectiva del Sector Eléctrico 2007-2017. México, 2008. Disponible en: [http://www.energia.gob.mx/webSener/res/PE\\_y\\_DT/pub/Prospectiva%20SE%202008-2017.pdf](http://www.energia.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Prospectiva%20SE%202008-2017.pdf).



## 4. ENERGÍA GEOTÉRMICA

### Proyectos en ejecución

El grupo IMPULSA IV del Instituto de Ingeniería de la UNAM realiza proyectos de investigación y desarrollo para aprovechamiento de pozos geotérmicos de baja temperatura para desalación de agua y generación eléctrica en pequeña escala. Asimismo estudia la posibilidad de obtener energía submarina de chimeneas hidrotermales, con un equipo denominado “La Puerca”.



## 4. ENERGÍA GEOTÉRMICA



### 4.2. ACCIONES DEL GOBIERNO

Durante el actual gobierno se tienen considerados los siguientes proyectos en materia de geotermia:

- a) El proyecto Cerro Prieto-V, en el estado de Baja California, comprende dos unidades a condensación de 53.5 MW cada una, que están programadas para construirse en 2009 y entrar en operación comercial hacia el mes de abril de 2012, reemplazando dos unidades de 37.5 MW;
- b) El proyecto Los Humeros II, en el estado de Puebla, consta de dos etapas, aunque ambas están programadas para entrar en operación comercial a partir de octubre de 2011. La primera etapa está compuesta por una unidad a condensación de 28 MW, y otra de 23 MW, que aprovecharán el vapor de baja presión que actualmente descargan a la atmósfera. Las dos etapas del proyecto representarán un incremento neto de 46 MW en Los Humeros;
- c) Los Azufres, en el estado de Michoacán, es un tercer proyecto conformado por dos etapas, cada una de 75 MW, y
- d) En el campo de Cerritos Colorados, la Comisión Federal de Electricidad ha evaluado un potencial de 75 MW. El proyecto incluye también la construcción de una línea de transmisión en 69 kiloVolts (kV), de más de 14 kilómetros de longitud. El plan ya cuenta con la Manifestación de Impacto Ambiental ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.





## 4. ENERGÍA GEOTÉRMICA

### 4.3. ACCIONES ESPECÍFICAS

A continuación se presentan las acciones específicas:

1. Desarrollo del mapa nacional de potencial geotérmico;
2. Modelación geológica y localización de nuevos pozos;
3. Diseño de programas de investigación y desarrollo tecnológico;
4. Establecer criterios de sustentabilidad para la construcción, operación y cierre de plantas geotérmicas;
5. Publicación en medios electrónicos de información sobre las líneas de investigación más relevante en geotermia;
6. Evaluación del potencial de nuevos sitios para su aprovechamiento, y
7. Promover el aprovechamiento industrial y agroindustrial de los yacimientos geotérmicos para aplicaciones térmicas y eléctricas, integrando un mapa de potenciales detallado.

### 4.4. RETOS

En los próximos años se requerirá hacer un esfuerzo muy importante para el desarrollo de la geotermia. En este sentido, será primordial el apoyo de la comunidad científica y de todos aquellos interesados en incorporar nuevas tecnologías. Por ello, hay que estudiar permanentemente los impactos que se pueden producir por filtraciones, dispersión, y ruido, y encontrar la mejor tecnología para evitar estos efectos adversos.

Además, hay que estudiar e investigar las implicaciones sociales y jurídicas relacionadas con el desarrollo a una mayor escala de este tipo de proyectos.

# 5. ENERGÍA DE LA BIOMASA



## 5.1. DIAGNÓSTICO

La energía de la biomasa es aquella que se obtiene de productos y residuos animales y vegetales. Así, la energía contenida en la leña, los cultivos energéticos, el carbón vegetal, los residuos agrícolas, los residuos urbanos y el estiércol puede ser calificada como energía de la biomasa y clasificarse como formas primarias a los recursos forestales y como formas secundarias a los residuos forestales, agrícolas, ganaderos y urbanos.

Desde el punto de vista energético, la biomasa se puede aprovechar de dos maneras: quemándola para producir calor o transformándola en combustible (sólido, líquido o gaseoso) para su transporte y/o almacenamiento.

El mundo depende de la biomasa para obtener cerca de 11% de su energía. Se estima que 46 Exajoules (EJ) de la energía primaria global se derivan de la biomasa: 85% por uso "tradicional" (leña y estiércol para combustible doméstico) y 15% en uso industrial de combustibles, procesos de Calor y Energía Combinados (CHP), y electricidad<sup>56</sup>.

Para transformar la biomasa se utilizan varios procesos, los cuales pueden ser de cuatro tipos:

- a) Físicos, que son los procesos en los que se actúa físicamente sobre la biomasa e incluyen al triturado, astillado, compactado e incluso secado;
- b) Químicos, que son los procesos relacionados con la digestión química, generalmente mediante hidrólisis, pirolisis y/o gasificación;
- c) Biológicos, que ocurren por la acción directa de microorganismos o de sus enzimas, generalmente llamado fermentación. Son procesos relacionados con la producción de ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas y polímeros, y
- d) Termoquímicos, en los que la transformación química de la biomasa ocurre al someterla a altas temperaturas (300°C - 1500°C).

Para generar electricidad se utilizan sistemas que son prácticamente convencionales, ya sean calderas para producir vapor que se conectan a turbinas o motores de combustión interna. Ambos equipos se conectan mecánicamente a un generador eléctrico.

<sup>56</sup> Red Mexicana de Bioenergía. Libro Blanco de Bioenergía en México, 2005, Pág. 1.



## 5. ENERGÍA DE LA BIOMASA

Se estima que un metro cúbico de leña es suficiente para permitir que 5 personas tengan suficiente calor para calentar agua para 108 baños de 15 minutos cada uno<sup>57</sup>.

Gracias a la presencia de bacterias, los desechos orgánicos húmedos contenidos en los rellenos sanitarios producen metano. En este sentido, se estima que un relleno sanitario con 5.6 millones de toneladas de residuos sólidos produce suficiente biogás para alimentar una planta de 5 MW de capacidad durante 10 años<sup>58</sup>.

Con un estimado de 14,000 MW de capacidad instalada alrededor del mundo, la biomasa es la mayor fuente de potencia para generación de energía eléctrica con energías renovables, después de la hidroeléctrica. Estados Unidos de América es el más grande generador de potencia a través de biomasa con 7,000 MW instalados. Las expectativas de crecimiento de la generación con biomasa alrededor del mundo son de más de 30,000 MW para el año 2020. China y la India son considerados candidatos para instalar sistemas con biomasa de manera masiva. Las estimaciones muestran que para el 2015 China deberá tener entre 3,500 y 4,100 MW instalados, y la India entre 1,400 y 1,700 MW. Esto representa un crecimiento acelerado de sus niveles actuales de capacidad instalada de 154 y 59 MW respectivamente<sup>59</sup>.

Otros países que muestran un promisorio crecimiento por la variedad de sus sistemas de biomasa son Brasil, Malasia, Filipinas, Indonesia, Australia, Canadá, Inglaterra, Alemania y Francia.

### Potencial estimado

El potencial de la bioenergía en México se estima entre 2,635 y 3,771 Petajoules al año<sup>60</sup>. En el sector agroindustrial de la caña de azúcar, se ha calculado un potencial de generación de electricidad, a partir del bagazo de caña, superior a 3,000,000 de MWh al año<sup>61</sup>.

<sup>57</sup> CONAE. Semblanza de las Energías Renovables en México y el Mundo. Pág. 3.

<sup>58</sup> CONAE. *Op. Cit.* Pág. 4.

<sup>59</sup> *Ibidem.* Pág. 9.

<sup>60</sup> Red Mexicana de Bioenergía. *Op. Cit.* Pág. Xi.

<sup>61</sup> CONAE. *Op. Cit.* Pág. 13.

## 5. ENERGÍA DE LA BIOMASA



Del potencial estimado, entre 27 y 54% proviene de los combustibles de madera, 26% de los agro-combustibles y 0.6% de los subproductos de origen municipal<sup>62</sup>. Se estiman además 73 millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales con potencial energético, y aprovechando los residuos sólidos municipales de las 10 principales ciudades para la generación de electricidad a partir de su transformación térmica, se podría instalar una capacidad de 803 MW y generar 4,507 MWh/año<sup>63</sup>.

Por otro lado se estima que las comunidades rurales aisladas del país, satisfacen la mayor parte de sus necesidades energéticas con biomasa, principalmente con leña la cual provee cerca del 75% de la energía de los hogares.

### Proyectos en ejecución

El proyecto de Bioenergía de la empresa Sistemas de Energía Internacional S.A. de C.V., en Monterrey, N.L., es el primero en el país que aprovecha el biogás liberado por un relleno sanitario para entregar energía eléctrica a la red, con una capacidad de 12.7 MW. El proyecto está registrado en la junta ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio de las Naciones Unidas. Se estima que el proyecto reducirá 1.6 millones de toneladas equivalentes de bióxido de carbono.

### Marco Jurídico Específico

En lo relativo al marco jurídico que resulta aplicable a la producción de energía a partir de biomasa, encontramos las disposiciones legales contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, con sus respectivos reglamentos, así como algunas Normas Oficiales Mexicanas en materia de residuos sólidos urbanos. Por otra parte, son aplicables las normas contenidas en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (Anexo 2. Marco Jurídico).

<sup>62</sup> Red Mexicana de Bioenergía. *Op. Cit.* Pág. Xi.

<sup>63</sup> CONAE. Disponible en: <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4830/2/ERM06.pdf>



## 5. ENERGÍA DE LA BIOMASA

Por otro lado, el procesamiento industrial de la caña de azúcar requiere de energía térmica para los procesos de calentamiento y concentración, energía mecánica para las molindas y demás sistemas de accionamiento directo (como bombas y ventiladores de gran tamaño) y energía eléctrica para usos diversos, tales como bombeos, sistemas de control e iluminación.

Para poder cumplir con esta demanda energética, en las plantas de azúcar y de etanol se realiza la producción simultánea de estos diferentes tipos de energía, todas extraídas del mismo combustible, el bagazo de caña. Esta tecnología es denominada cogeneración y aprovecha el calor liberado por la combustión de dicho bagazo, produciendo vapor de alta presión que puede generar electricidad y energía mecánica y, adicionalmente, vapor residual a baja presión, el cual sirve para usos térmicos.

De la experiencia brasileña se estima que en condiciones normales se requieren cerca de 0.016 MWh por tonelada de caña para la preparación y molienda, y cerca de 0.012 MWh por tonelada de caña adicionales en servicios de energía eléctrica, lo que significa que plantas con capacidad de generación superior a 0.028 MWh, por cada tonelada de caña tendrán excedentes de energía que pudiesen ser comercializados en el Sistema Eléctrico Nacional<sup>64</sup>.



<sup>64</sup> Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico y Social y Centro de Gestão de Estudos Estratégicos. Bioetanol de Caña de Açúcar: energia para el desarrollo sostenible, 2008. Pág. 111.

# 5. ENERGÍA DE LA BIOMASA



## 5.2. ACCIONES DEL GOBIERNO

Durante el actual gobierno se han impulsado proyectos y estrategias fundamentadas en el cuidado y mejor aprovechamiento de los recursos naturales, que permiten reincorporar el bagazo de caña a la cadena productiva. De esta forma, dentro del esquema de cogeneración, la Comisión Reguladora de Energía ha otorgado los siguientes permisos para instalar plantas de generación eléctrica a partir de biomasa y biogás, los cuales se enlistan a continuación:

PERMISIONARIO	CAPACIDAD AUTORIZADA (MW)	UBICACION DE LA PLANTA	TECNOLOGÍA
INGENIO PLAN DE SAN LUIS, S.A. DE C.V.	9.0	SAN LUIS POTOSI	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO PRESIDENTE BENITO JUAREZ, S.A. DE C.V.	9.0	TABASCO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
COMPAÑIA INDUSTRIAL AZUCARERA SAN PEDRO, S.A. DE C.V.	10.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EMILIANO ZAPATA, S.A. DE C.V.	8.6	MORELOS	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SAN MIGUELITO, S.A. DE C.V.	5.2	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
IMPULSORA DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN, S.A. DE C.V.	24.2	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO LAZARO CARDENAS, S.A. DE C.V.	5.5	MICHOACAN	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
AZSUREMEX, S.A. DE C.V.	2.5	TABASCO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO DE PUGA, S.A.	18.5	NAYARIT	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO TALA, S.A. DE C.V. (ANTES INGENIO JOSE MARIA MARTINEZ, S.A. DE C.V.)	12.0	JALISCO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SAN FRANCISCO AMECA, S.A. DE C.V.	4.5	JALISCO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EL MOLINO, S.A. DE C.V.	10.0	NAYARIT	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO TAMAZULA, S.A. DE C.V.	10.5	JALISCO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
PROZUCAR, S.A. DE C.V.	10.5	SINALOA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO ALIANZA POPULAR, S.A. DE C.V.	6.4	SAN LUIS POTOSI	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EL DORADO, S.A. DE C.V.	9.6	SINALOA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO TRES VALLES, S.A. DE C.V.	12.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EL HIGO, S.A. DE C.V.	12.0	VERACRUZ	BAGAZO DE CAÑA
INGENIO ADOLFO LOPEZ MATEOS, S.A. DE C.V.	13.5	OAXACA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO DE HUIXTLA, S.A. DE C.V.	9.6	CHIAPAS	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
COMPAÑIA AZUCARERA LA FE, S.A. DE C.V.	9.5	CHIAPAS	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO MELCHOR OCAMPO, S.A. DE C.V.	6.1	JALISCO	BAGAZO DE CAÑA
COMPAÑIA AZUCARERA DE LOS MOCHIS, S.A. DE C.V.	14.0	SINALOA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SAN RAFAEL DE PUCTE, S.A. DE C.V.	9.0	QUINTANA ROO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
COMPAÑIA AZUCARERA INDEPENDENCIA, S.A. DE C.V.	9.6	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO, BAGAZO DE CAÑA Y DIESEL
BSM ENERGIA DE VERACRUZ, S.A. DE C.V.	12.7	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO NUEVO SAN FRANCISCO, S.A. DE C.V.	6.5	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO LA JOYA S.A. DE C.V.	7.2	CAMPECHE	COMBUSTÓLEO, BAGAZO DE CAÑA Y DIESEL
INGENIO LA MARGARITA S.A. DE C.V.	7.3	OAXACA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO MAHUIXTLAN S.A. DE C.V.	3.3	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EL POTRERO S.A.	10.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO LA PROVIDENCIA S.A. DE C.V.	7.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SAN JOSÉ DE ABAJO S.A. DE C.V.	8.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA



## 5. ENERGÍA DE LA BIOMASA

INGENIO LA GLORIA S.A.	21.5	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO DE ATENCINGO S.A. DE C.V.	15.0	PUEBLA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EL REFUGIO S.A. DE C.V.	4.0	OAXACA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
CENTRAL MOTZORONGO S.A. DE C.V.	20.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SAN MIGUEL DEL NARANJO S.A. DE C.V.	9.3	SAN LUIS POTOSI	BAGAZO DE CAÑA
FABRICA MEXICANA DE PAPEL S.A. DE C.V.	18.8	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SAN NICOLAS S.A. DE C.V.	5.4	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO DEL CARMEN S.A.	6.8	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO PLAN DE AYALA S.A. DE C.V.	16.0	SAN LUIS POTOSI	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SANTA CLARA S.A. DE C.V.	7.6	MICHOACAN	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
AZUCARERA DE LA CHONTALPA S.A. DE C.V.	3.8	TABASCO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO QUESERIA S.A. DE C.V.	5.5	COLIMA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
COMPAÑIA INDUSTRIAL AZUCARERA S.A. DE C.V.	5.5	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EL MODELO S.A.	9.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
FOMENTO AZUCARERO DEL GOLFO S.A.	8.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
COMPAÑIA AZUCARERA LA CONCEPCION S.A. DE C.V.	4.2	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
<b>SUBTOTAL 1</b>	<b>473.7</b>		
BIOENERGIA DE NUEVO LEON S.A. DE C.V.	12.7	NUEVO LEON	BIOGAS
CONSERVAS LA COSTEÑA S.A. DE C.V. Y JUGOMEX S.A. DE C.V.	1.0	ESTADO DE MEXICO	BIOGAS Y GAS NATURAL
SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY, INSTITUCION PUBLICA DESCENTRALIZADA DEL GOB. DEL EDO. DE N.L., PLANTA DULCES NOMBRES	9.2	NUEVO LEON	BIOGAS
SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY, INSTITUCION PUBLICA DESCENTRALIZADA DEL GOB. DEL EDO. DE N.L., PLANTA NORTE	1.6	NUEVO LEON	BIOGAS
<b>SUBTOTAL 2</b>	<b>24.5</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>498.2</b>		



# 5. ENERGÍA DE LA BIOMASA



## 5.3. ACCIONES ESPECÍFICAS

Las acciones específicas para el desarrollo de la biomasa deben encaminarse a integrarla como una oferta energética importante, tanto en su aprovechamiento directo como combustible, así como para la generación eléctrica. La biomasa representa una actividad que puede coadyuvar al desarrollo rural del país, integrando criterios de sustentabilidad y desarrollo que la consoliden como una verdadera fuente alternativa de energía, dado el potencial de México ante su privilegiada ubicación geográfica.

Dichas acciones específicas son las siguientes:

1. Evaluar ampliamente en todo el territorio nacional el potencial energético para el aprovechamiento de biomasa;
2. Establecer los criterios de sustentabilidad y recomendaciones que permitan su aprovechamiento sin afectar los ecosistemas;
3. Impulsar el desarrollo de técnicas y tecnologías que permitan ampliar la participación de la biomasa en el Balance Energético Nacional, a través de la elaboración de un censo de los diferentes insumos existentes y su posible desarrollo;
4. Analizar la integración de la generación distribuida con energía de biomasa dentro de los programas de expansión del sector eléctrico, para sistemas remotos y para sistemas híbridos, y
5. Realizar talleres regionales para el análisis de los aspectos relevantes para el diseño, licitación, financiamiento, construcción y operación de los sistemas para el aprovechamiento de la biomasa.





## 5. ENERGÍA DE LA BIOMASA

### 5.4. RETOS

Aprovechar el contenido energético de la biomasa para la generación de calor o electricidad es una actividad indispensable que permitirá estimar los retos en materia de investigación y desarrollo tecnológico, para el aprovechamiento y desarrollo de las fuentes de energía renovable. Asimismo, la integración de las fuentes de energía renovable a los sistemas eléctricos convencionales constituye un desafío tecnológico en aspectos de control y administración.

La diversificación de las fuentes de energía primaria, representa una oportunidad para el fortalecimiento de la seguridad energética de la nación. Sin embargo, para su implementación, se debe buscar el balance de los costos y efectos que pueden tener sobre las empresas del sector energía y los efectos en el consumidor final.



Los elementos clave sobre seguridad energética que se deben considerar en el establecimiento de un contexto para el desarrollo de la industria renovable nacional incluyen:

- Viabilidad para la incorporación dentro del Sistema Eléctrico Nacional;
- Diferentes escenarios para la participación de la generación con biomasa en el sistema eléctrico nacional de acuerdo a sus posibles evoluciones;
- Evolución de las opciones tecnológicas dentro de los escenarios de producción;
- Conocimiento, experiencia y capacidades disponibles a nivel local, regional y nacional;
- Implicaciones de la eficiencia energética en la producción, transformación y generación de energía con biomasa;
- Costos y precios de la logística de producción, generación y comercialización de la energía de la biomasa, y
- Evaluación de las diferentes tecnologías para el tratamiento de basura y residuos, a efecto de determinar si se pueden considerar como fuentes de energía renovables.

## 5. ENERGÍA DE LA BIOMASA



Las energías renovables son aquellas que se regeneran y son tan abundantes que se espera que perduren por cientos de años. Así mismo, se consideran de libre disposición, que se distribuyen en amplias zonas y que tienen impactos ambientales poco significativos. Entre las energías renovables se encuentran la eólica, solar, minihidráulica, oceánica, geotermia y bioenergía.

Las razones que han impulsado a las diversas naciones a promover el desarrollo de fuentes de energías renovables comprenden: la seguridad energética, el desarrollo rural, y la reducción de los impactos ambientales originados por el consumo de combustibles fósiles.

Las energías renovables a nivel mundial representan el 18%<sup>65</sup> de la generación eléctrica, (la mayoría de esta participación considera las energías hidráulica y eólica) mientras que, la contribución al suministro térmico de éstas es de un 24%<sup>66</sup>.

El potencial de producción de energía por medio de celdas fotovoltaicas es bastante prometedor y la capacidad de generación es de alrededor de 16,000 MW<sup>67</sup>. Por el contrario, la energía termosolar está aún en desarrollo. Actualmente cuenta con una capacidad instalada de 354 MW<sup>68</sup>, y se espera que para el 2010 alcance 2,000 MW<sup>69</sup>.

En relación a la energía hidráulica, globalmente se cuenta con una capacidad de generación eléctrica de alrededor de 170,000 MW, de la cual, la mayor parte está instalada en países asiáticos.

En cuanto a la energía eólica, la capacidad mundial de generación es de 121,000 MW<sup>70</sup>, destacando como principales productores: España, Alemania, Estados Unidos de América, la India y China.

La producción de electricidad a través de la energía geotérmica, alcanzó 60,000,000 de MWh<sup>71</sup> en 2006, sobresaliendo México como uno de los diez mayores productores de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

La biomasa, por su parte, es la fuente que contribuye en mayor medida a la producción de energía primaria, aunque solamente el 7% es usada para generar electricidad, alrededor de 239,000,000 de MWh<sup>72</sup>. Por el contrario, la energía oceánica es la que menos contribuye a la generación de electricidad, ya que su tecnología apenas comienza a desarrollarse.

<sup>65</sup> Agencia Internacional de Energía. *Op. Cit.*

<sup>66</sup> Greenpeace. *Op. Cit.*

<sup>67</sup> REN21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. *Op. Cit.* Pág. 12.

<sup>68</sup> *Ibidem.* Pág. 170.

<sup>69</sup> *Ídem.*

<sup>70</sup> World Wind Energy Association 2008. *Op Cit.* Pág. 4.

<sup>71</sup> Agencia Internacional de Energía. *Op. Cit.* Pág. 170.

<sup>72</sup> Agencia Internacional de Energía. *Op. Cit.* Pág. 171.

## VII. RESUMEN

Para nuestro país, algunos de los beneficios que aportarán las energías renovables son la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles, el desarrollo del campo, el mejoramiento de la calidad del aire, una mayor conservación de los recursos naturales, la creación de empleos y el desarrollo científico y tecnológico, entre otros.

Actualmente, México cuenta con alrededor de 1,924.8 MW de capacidad instalada de generación eléctrica con base en energías renovables, que incluye la capacidad destinada al servicio público, cogeneración y autoabastecimiento, representando el 3.3% de la capacidad instalada total en el servicio público del país<sup>73</sup>.

Para promover el uso de energías renovables, el Gobierno Federal cuenta con diversos programas de apoyos, entre los que destacan los siguientes:

- “Proyecto de Servicios Integrales de Energía”: tiene como propósito dotar de electricidad a un aproximado de 2,500 comunidades rurales;
- “Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala”: busca apoyar a México para desarrollar un proyecto de energía renovable interconectado con base en criterios comerciales de 100 MW;
- “Programa Transversal de Vivienda Sustentable”: prevé la incorporación de energías renovables y estrategias de uso racional de los recursos para fomentar las viviendas sustentables, e
- “Hipoteca verde”: comprende un crédito que incluye un monto para la compra de una vivienda ecológica.

En cuanto al marco jurídico Nacional, las reformas a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica de 1992, abrieron espacios para las fuentes de energía renovables. Asimismo, las normas que aplican a este tipo de fuentes de energía son:

- El Contrato de Interconexión para Fuentes de Energías Renovables;
- Ley del Impuesto Sobre la Renta;
- Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, y
- Legislación ambiental.

<sup>73</sup> Secretaría de Energía, con información de la Comisión Reguladora de Energía y de la Comisión Federal de Electricidad. Unidades Generadoras en Operación, año 2008, Sistema Eléctrico Nacional (Servicio Público), 20ª Edición, Marzo de 2009. Este indicador comprende el total de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, incluyendo proyectos destinados al servicio público y permisos para generación eléctrica, de acuerdo con los criterios y restricciones definidos en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. No se incluyen proyectos para exportación ni importación de energía eléctrica.

El presente programa deriva de un mandato de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, y su misión es la incorporación de las energías renovables a la matriz energética nacional, y tiene como visión lograr una verdadera transición energética. El uso de energías renovables, junto con otras iniciativas asociadas al uso eficiente de la energía colaborará en la reducción de emisiones del sector eléctrico<sup>74</sup>.

## INDICADORES DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OBJETIVO 2012	DESGLOSE
Alcanzar el 7.6% en la capacidad instalada mediante fuentes de energía renovable en el país <sup>75</sup> .	Energía Eólica 4.34% Energía Minihidráulica 0.77% Energía Geotérmica 1.65% Biomasa y Biogás 0.85%
Alcanzar entre el 4.5% y 6.6% en la generación eléctrica total mediante fuentes de energía renovable en el país <sup>76</sup> .	Energía Eólica: (1.74 - 2.91) Energía Minihidráulica: (0.36 - 0.61) Energía Geotérmica: (2.19 - 2.74) Biomasa y Biogás: (0.19 - 0.32)
Ampliar la cobertura del servicio eléctrico en comunidades rurales utilizando energías renovables.	Lograr 2,500 comunidades electrificadas mediante fuentes de energía renovable a través del Proyecto de Servicios Integrales de Energía, el cual tendrá una duración de 5 años a partir de su inicio.

Para lograr estos objetivos se proponen líneas de acción derivadas de las siguientes estrategias: Fomento a la Información, Elaboración de Mecanismos para el Aprovechamiento de Fuentes de Energía Renovable, Electrificación utilizando Energías Renovables, Desarrollo y Promoción, Infraestructura y Regulación, Investigación y Desarrollo Tecnológico.

<sup>74</sup> En el Programa Especial de Cambio Climático se precisará la meta específica de reducción de emisiones de gases efecto invernadero, por la utilización de energías renovables.

<sup>75</sup> Secretaría de Energía, *Op. Cit.* Este indicador comprende el total de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, incluyendo proyectos destinados al servicio público y permisos para generación eléctrica, de acuerdo con los criterios y restricciones definidos en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. No se incluyen proyectos para exportación ni importación de energía eléctrica. En el Programa Sectorial de Energía 2007-2012, se hace referencia a una meta del 26% de capacidad a partir de renovables para el 2012 ya que, a diferencia de la meta establecida en el presente programa, ésta incluye proyectos hidroeléctricos de más de 30 MW.

<sup>76</sup> *Ídem.* Este indicador comprende el total de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, incluyendo proyectos destinados al servicio público y permisos para generación eléctrica, de acuerdo con los criterios y restricciones definidos en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. No se incluyen proyectos para exportación ni importación de energía eléctrica. Se utilizan rangos en esta meta debido a que el total de generación eléctrica dependerá directamente de las condiciones climáticas de cada región.

## VII. RESUMEN

La mayor parte de las energías renovables siguen teniendo costos iniciales elevados, pero existen indicios de que su costo se reducirá en los próximos años. Asimismo, las energías renovables representarán beneficios económicos para el país, al introducir nuevas actividades productivas a la economía nacional. Finalmente, a dichos beneficios habrá que sumar los beneficios obtenidos de las externalidades positivas generadas por su uso.



## I. CONCEPTOS GENERALES

### 1. TRANSICIÓN ENERGÉTICA

La historia nos cuenta cómo los sistemas de energía han jugado un papel predominante definiendo el estilo de vida de las sociedades participado en dar forma a los estilos de vida de las sociedades.

Las necesidades energéticas se definen por tres factores principales: crecimiento poblacional, desarrollo económico y avance tecnológico<sup>77</sup>, incluyendo nuevas tecnologías, aumento de eficiencia y la reducción en el tamaño de los sistemas de generación eléctrica. Es importante comprender la manera en que estas tres fuerzas se combinan y se conjuntan en un desarrollo histórico que nos ha llevado hasta la situación actual.

Antes de la revolución industrial, los sistemas energéticos estaban basados en la utilización de los flujos de energía naturales en pequeña escala (molinos de viento, fuerza de los ríos, etc.) y en el uso de energía animal y humana para atender las necesidades energéticas de calor, luz y trabajo mecánico. Las densidades energéticas, es decir, la cantidad de energía utilizable en un área determinada, y la disponibilidad de las fuentes de energía eran limitadas por los factores específicos de localización geográfica.

Desde entonces, dos grandes transiciones le han dado forma a los cambios estructurales en los sistemas energéticos:

a) La primera transición fue iniciada por una innovación tecnológica radical en el uso del carbón como fuente de energía para el motor de vapor. El ciclo de vapor representa la primera conversión de fuentes de energía fósil en trabajo. Permitió que el abastecimiento de energía fuera independiente de la localización geográfica, ya que el carbón podía ser transportado y almacenado; asimismo, permitió densidades energéticas que antes eran factibles solamente en lugares donde hubiera abundancia de energía hidráulica.

Los motores de vapor comenzaron su introducción masiva para bombear agua en las minas de carbón, lo que facilitó el incremento en la producción de éste. Los motores de vapor móviles a bordo de barcos o de locomotoras permitieron la primera revolución en los sistemas de transporte. Las redes de ferrocarriles se extendieron a los lugares más remotos de la tierra y la navegación cambió su base de veleros a vapores.

<sup>77</sup> Nakicenovic, Nebojsa, Arnulf Gröbler y Alan Mc Donald –editores-. Global Energy Perspectives.UK, 1998 Ver en: Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República y Centro de Investigación en Energía UNAM. Nuevas Energías Renovables: Una Alternativa Energética Sustentable para México. 2004 Pág. 4.

La energía hidráulica fue el principal motor de la industrialización en nuestro país en el siglo XIX; ingenios azucareros y fábricas de hilados y tejidos utilizaron las ruedas hidráulicas, para después dar paso a las turbinas hidráulicas.

Hacia los inicios del siglo XX el carbón había remplazado las fuentes de energía tradicionales que no eran de origen fósil y daba satisfacción a casi todas las necesidades de fuentes de energía de las regiones industrializadas.

b) La segunda transición fue la diversificación de tecnologías para el uso final de la energía. La innovación de mayor relevancia fue la introducción de la electricidad como la primera energía que podía ser transmitida fácilmente convertida en luz, calor o trabajo en el punto de su utilización, la cual era generada en un punto remoto a través de sistemas de mediana y, posteriormente, gran escala.

Otra innovación clave fue el motor de combustión interna, que revolucionó la movilidad colectiva e individual mediante el uso de automóviles, autobuses y aeroplanos. Esta “transición de diversificación” fue impulsada por grandes innovaciones tecnológicas en el uso final de la energía: la bombilla eléctrica, el motor eléctrico, el motor de combustión interna y el aeroplano. Sin embargo, los cambios en las fuentes de energía tuvieron un impacto igualmente importante: el petróleo pasó de ser una curiosidad muy cara, al final del siglo XIX, a tener la posición dominante como fuente de energía a nivel mundial.

## **2. ENERGÍAS RENOVABLES**

México posee una sociedad de consumo y de creciente expansión. Hoy en día, donde el consumo de energía es inevitable, es importante analizar la dependencia que tenemos principalmente del petróleo y del gas natural, en nuestro consumo energético. Con el objetivo de reducir los riesgos inherentes al alto consumo de dichos combustibles fósiles, se busca diversificar la matriz energética incluyendo una mayor participación de fuentes renovables y usando de manera óptima las fuentes de energía y combustibles.

Las energías renovables se basan en los flujos y ciclos implícitos en la naturaleza. Son aquéllas que se regeneran y son tan abundantes que perdurarán por cientos o miles de años, por lo tanto, se consideran inagotables, de libre disposición, se distribuyen en amplias zonas y tienen impactos ambientales poco significativos. Entre las energías renovables encontramos:

### **a) Energía eólica:**

En esta fuente de energía renovable, la energía cinética del viento generada por la distribución desigual de presión en la atmósfera es transformada en energía mecánica y eléctrica, a través de turbinas eólicas.

# ANEXO 1

## b) Energía solar:

En este tipo de energía, la radiación solar que se recibe en la superficie terrestre puede convertirse en energía térmica y/o eléctrica mediante las siguientes tecnologías: colector solar plano, sistemas fototérmicos de concentración, y sistemas fotovoltaicos<sup>78</sup>.

## c) Energía hidráulica:

En ésta, se aprovecha la energía potencial y cinética del agua a través de represas y turbinas hidráulicas, que la pueden transformar en energía mecánica y luego eléctrica al conectarse a un generador<sup>79</sup>.

## d) Energía oceánica:

En los océanos podemos encontrar energía en el oleaje, las mareas, las corrientes submarinas permanentes y en la diferencia térmica asociada a la profundidad, así como la salinidad. La energía de las olas puede ser aprovechada por medio de dispositivos flotantes de distintos tipos. Para el aprovechamiento de la energía de las mareas se construyen diques en estuarios o lagunas costeras con turbinas hidráulicas. Las corrientes submarinas pueden aprovecharse mediante turbinas similares a las eólicas. El diferencial térmico de los océanos se puede aprovechar para generar electricidad por medio de máquinas térmicas; y por último el diferencial de concentración de sal es una fuente potencial de energía<sup>80</sup>.

## e) Geotermia:

Esta energía proviene del núcleo de la tierra (magma y materia incandescente)<sup>81</sup>, y se puede utilizar para generar electricidad o bien para aplicaciones térmicas como calefacción, procesos industriales o agroindustriales<sup>82</sup>.

## f) Bioenergía:

La biomasa es la materia orgánica contenida en productos de origen vegetal y animal (incluyendo desechos orgánicos) que puede ser capturada y usada como una fuente de energía química almacenada. La bioenergía resulta cuando los combustibles de la biomasa son usados para fines energéticos<sup>83</sup>.

<sup>78</sup> Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República, Centro de Investigación en Energía UNAM. Nuevas Energías Renovables: Una Alternativa Energética Sustentable para México. 2004. Pág.32.

<sup>79</sup> *Ibidem*. Pág. 45.

<sup>80</sup> Muchas de estas fuentes se encuentran en etapas conceptuales o en modelos experimentales.

<sup>81</sup> Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República. *Op. Cit.* Pág. 49.

<sup>82</sup> Agencia Internacional de Energía, Renewables in global energy supply 2007. Pág. 23.

<sup>83</sup> Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República. *Op. Cit.* Pág. 23.

Aparte, el uso sustentable de la energía consiste en aprovechar de la manera más eficiente los recursos energéticos disponibles a partir de tecnologías que vinculan procesos térmicos/eléctricos, que mejoran el desempeño de tecnologías anteriores y que permiten reducciones en las necesidades de combustibles sin afectar el resultado de los procesos productivos.

Estas fuentes representan una respuesta importante a la demanda generalizada de un modelo sustentable que, además de mitigar los efectos del sector energético en el ambiente, contribuyen a reducir los riesgos asociados con la volatilidad de precios, diversificando el portafolio energético. De igual manera, es relevante la contribución de estas fuentes al desarrollo social en áreas donde la energía convencional es económicamente inviable: zonas rurales que se encuentran apartadas de la red eléctrica.

Los combustibles de origen fósil han sido muy útiles en el desarrollo de nuestra sociedad, y en particular para México, han sido una base para el desarrollo de la nación. Durante las últimas décadas, las fuentes de energía fósil han tenido un papel dominante en la matriz energética de nuestro país y de casi todas las economías del mundo. Sin embargo, la diversificación de dichas fuentes y su uso óptimo favorecerán la seguridad energética al disminuir nuestra dependencia de una sola fuente de energía.

## Marco jurídico

Además de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, el marco jurídico de estas fuentes de energía incluye las siguientes disposiciones:

Ordenamiento	Artículo
Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica	<p><b>ARTICULO 3o.-</b> No se considera servicio público:</p> <p>I.- La generación de energía eléctrica para <b>autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción;</b></p> <p>II.- La generación de energía eléctrica que realicen los <b>productores independientes</b> para su venta a la Comisión Federal de Electricidad;</p> <p>III.- La generación de energía eléctrica para su <b>exportación</b>, derivada de <b>cogeneración, producción independiente y pequeña producción;</b></p> <p><b>ARTICULO 36.-</b> La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, considerando los criterios y lineamientos de la política energética nacional y oyendo la opinión de la Comisión Federal de Electricidad, otorgará <b>permisos de autoabastecimiento, de cogeneración, de producción independiente, de pequeña producción o de importación o exportación de energía eléctrica</b>, según se trate, en las condiciones señaladas para cada caso:</p> <p>I.- De <b>autoabastecimiento</b> de energía eléctrica destinada a la satisfacción de necesidades propias de personas físicas o morales, siempre que no resulte inconveniente para el país a juicio de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Para el otorgamiento del permiso se estará a lo siguiente:</p> <p>a) Cuando sean varios los solicitantes para fines de autoabastecimiento a partir de una central eléctrica, tendrán el carácter de copropietarios de la misma o constituirán al efecto una sociedad cuyo objeto sea la generación de energía eléctrica para satisfacción del conjunto de las necesidades de autoabastecimiento de sus socios. La sociedad permissionaria no podrá entregar energía eléctrica a terceras personas físicas o morales que no fueren socios de la misma al aprobarse el proyecto original que incluya planes de expansión, excepto cuando se autorice la cesión de derechos o la modificación de dichos planes; y</p>

	<p><b>b)</b> Que el solicitante ponga a disposición de la Comisión Federal de Electricidad sus excedentes de producción de energía eléctrica, en los términos del artículo 36-Bis.</p> <p><b>II.- De Cogeneración</b>, para generar energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambos; cuando la energía térmica no aprovechada en los procesos se utilice para la producción directa o indirecta de energía eléctrica o cuando se utilicen combustibles producidos en sus procesos para la generación directa o indirecta de energía eléctrica y siempre que, en cualesquiera de los casos:</p> <p><b>a)</b> La electricidad generada se destine a la satisfacción de las necesidades de establecimientos asociados a la cogeneración, siempre que se incrementen las eficiencias energética y económica de todo el proceso y que la primera sea mayor que la obtenida en plantas de generación convencionales. El permisionario puede no ser el operador de los procesos que den lugar a la cogeneración.</p> <p><b>b)</b> El solicitante se obligue a poner sus excedentes de producción de energía eléctrica a la disposición de la Comisión Federal de Electricidad, en los términos del artículo 36-Bis.</p> <p><b>III.- De Producción Independiente</b> para generar energía eléctrica destinada a su venta a la Comisión Federal de Electricidad, quedando ésta legalmente obligada a adquirirla en los términos y condiciones económicas que se convengan. Estos permisos podrán ser otorgados cuando se satisfagan los siguientes requisitos:</p> <p><b>a)</b> Que los solicitantes sean personas físicas o personas morales constituidas conforme a las leyes mexicanas y con domicilio en el territorio nacional, y que cumplan con los requisitos establecidos en la legislación aplicable;</p> <p><b>b)</b> Que los proyectos motivo de la solicitud estén incluidos en la planeación y programas respectivos de la Comisión Federal de Electricidad o sean equivalentes. La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, conforme a lo previsto en la fracción III del artículo 3o., podrá otorgar permiso respecto de proyectos no incluidos en dicha planeación y programas, cuando la producción de energía eléctrica de tales proyectos haya sido comprometida para su exportación; y</p>
--	--

	<p>c) Que los solicitantes se obliguen a vender su producción de energía eléctrica exclusivamente a la Comisión Federal de Electricidad, mediante convenios a largo plazo, en los términos del artículo 36-Bis o, previo permiso de la Secretaría en los términos de esta Ley, a exportar total o parcialmente dicha producción.</p> <p><b>IV.- De pequeña producción</b> de energía eléctrica, siempre que se satisfagan los siguientes requisitos:</p> <p>a) Que los solicitantes sean personas físicas de nacionalidad mexicana o personas morales constituidas conforme a las leyes mexicanas y con domicilio en el territorio nacional, y que cumplan con los requisitos establecidos en la legislación aplicable;</p> <p>b) Que los solicitantes destinen la totalidad de la energía para su venta a la Comisión Federal de Electricidad. En este caso, la capacidad total del proyecto, en un área determinada por la Secretaría, no podrá exceder de 30 MW; y</p> <p>c) Alternativamente a lo indicado en el inciso b) y como una modalidad del autoabastecimiento a que se refiere la fracción I, que los solicitantes destinen el total de la producción de energía eléctrica a pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que carezcan de la misma y que la utilicen para su autoconsumo, siempre que los interesados constituyan cooperativas de consumo, copropiedades, asociaciones o sociedades civiles, o celebren convenios de cooperación solidaria para dicho propósito y que los proyectos, en tales casos, no excedan de 1 MW;</p> <p><b>V.- De importación o exportación</b> de energía eléctrica, conforme a lo dispuesto en las fracciones III y IV del artículo 3o., de esta Ley.</p> <p>En el otorgamiento de los permisos a que se refiere este artículo, deberá observarse lo siguiente:</p> <p>1) El ejercicio autorizado de las actividades a que se refiere este artículo podrá incluir la conducción, la transformación y la entrega de la energía eléctrica de que se trate, según las particularidades de cada caso;</p>
--	---

	<p>2) El uso temporal de la red del Sistema Eléctrico Nacional por parte de los permisionarios, solamente podrá efectuarse previo convenio celebrado con la Comisión Federal de Electricidad, cuando ello no ponga en riesgo la prestación del servicio público ni se afecten derechos de terceros. En dichos convenios deberá estipularse la contraprestación en favor de dicha entidad y a cargo de los permisionarios;</p> <p>3) La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, oyendo la opinión de la Comisión Federal de Electricidad, podrá otorgar permiso para cada una de las actividades o para ejercer varias, autorizar la transferencia de los permisos e imponer las condiciones pertinentes de acuerdo con lo previsto en esta Ley, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas, cuidando en todo caso el interés general y la seguridad, eficiencia y estabilidad del servicio público;</p> <p>4) Los titulares de los permisos no podrán vender, revender o por cualquier acto jurídico enajenar capacidad o energía eléctrica, salvo en los casos previstos expresamente por esta Ley; y</p> <p>5) Serán causales de revocación de los permisos correspondientes, a juicio de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, el incumplimiento de las disposiciones de esta Ley, o de los términos y condiciones establecidos en los permisos respectivos.</p>
<p>Metodología para La Determinación de los Cargos por Servicios de Transmisión de Energía Eléctrica para Fuentes de Energía Renovable</p>	<p>El presente documento tiene por objeto establecer la Metodología de Transmisión para Fuente de Energía Renovable que deberán seguir la Comisión Federal de Electricidad y Luz y Fuerza del Centro al calcular los cargos correspondientes a solicitudes de Servicios de Transmisión.</p>
<p>Contrato de Interconexión para Fuentes de Energías Renovables</p>	<p>El objeto de este Contrato es realizar y mantener durante la vigencia del mismo, la interconexión entre el Sistema y la Fuente de Energía Renovable; así como establecer las condiciones generales para los actos jurídicos que celebren las Partes relacionados con la generación y, en su caso, con la transmisión a sus Puntos de Carga. Para los casos de Permisionarios que entreguen energía eléctrica exclusivamente a instalaciones de municipios, o de entidades federativas o del gobierno federal con cualquier energía renovable del tipo intermitente o no intermitente, será aplicable el presente Contrato y Convenios asociados</p>

## ANEXO 2

<p>Convenio para el Servicio de Transmisión de Energía Eléctrica para Fuentes de Energía Renovables</p>	<p>Objeto del Convenio. Establecer las bases, procedimientos, términos y condiciones para que el Suministrador proporcione al Permisionario el Servicio de Transmisión, para transportar la energía eléctrica de éste, que le entregue el Permisionario en el Punto de Interconexión, hasta el (los) Punto(s) de Carga con los siguientes límites de transmisión asociados a cada Punto de Carga en particular.</p>
<p>Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos</p>	<p><b>Artículo 12.-</b> Para los efectos de la presente Ley, la SENER tendrá las siguientes facultades:</p> <p><b>III. Otorgar y revocar permisos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución por ductos, así como la comercialización de Bioenergéticos;</b></p>
<p>Ley del Impuesto sobre la Renta</p>	<p><b>Artículo 40.</b> Los por cientos máximos autorizados, tratándose de activos fijos por tipo de bien son los siguientes:</p> <p><b>XII. 100% para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables.</b></p> <p>Para los efectos del párrafo anterior, 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.</p>

	<p>Lo dispuesto en esta fracción será aplicable siempre que la maquinaria y equipo se encuentren en operación o funcionamiento durante un periodo mínimo de 5 años inmediatos siguientes al ejercicio en el 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 por 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 el que operó o funcionó la maquinaria y equipo.</p>
<p>Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente</p> <p>(Evaluación del Impacto Ambiental)</p>	<p><b>ARTÍCULO 28.-</b> La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará 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 medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:</p> <p><b>II.-</b> Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;</p> <p><b>XI.</b> Obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación;</p> <p><b>ARTICULO 5.</b> Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:</p>

## ANEXO 2

<p>Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Impacto Ambiental</p>	<p><b>K) INDUSTRIA ELÉCTRICA:</b></p>
	<p>I. Construcción de plantas nucleoelectricas, <b>hidroeléctricas</b>, carboeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas o termoeléctricas, convencionales, de ciclo combinado o de unidad turbogás, <b>con excepción de las plantas de generación con una capacidad menor o igual a medio MW, utilizadas para respaldo en residencias, oficinas y unidades habitacionales;</b></p> <p>II. Construcción de estaciones o subestaciones eléctricas de potencia o distribución;</p> <p>III. Obras de transmisión y subtransmisión eléctrica, y</p> <p>IV. Plantas de cogeneración y autoabastecimiento de energía eléctrica mayores a 3 MW.</p> <p>Las obras a que se refieren las fracciones II a III anteriores no requerirán autorización en materia de impacto ambiental cuando pretendan ubicarse en áreas urbanas, suburbanas, de equipamiento urbano o de servicios, rurales, agropecuarias, industriales o turísticas.</p>
<p>Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente  (Áreas Naturales Protegidas)</p>	<p><b>ARTÍCULO 64.-</b> En el otorgamiento o expedición de permisos, licencias, concesiones, o en general de autorizaciones a que se sujetaren la exploración, explotación o aprovechamiento de recursos en áreas naturales protegidas, se observarán las disposiciones de la presente Ley, de las leyes en que se fundamenten las declaratorias de creación correspondiente, así como las prevenciones de las propias declaratorias y los programas de manejo.</p>
<p>Ley de Aguas Nacionales</p>	<p><b>ARTÍCULO 80.</b> Las personas físicas o morales deberán solicitar <b>concesión</b> a “la Comisión” cuando requieran de la <b>explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales con el objeto de generar energía eléctrica</b>, en los términos de la ley aplicable en la materia.</p> <p><b>No se requerirá concesión</b>, en los términos de los reglamentos de la presente Ley, para la <b>explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales en pequeña escala para generación hidroeléctrica</b> conforme a la ley aplicable en la materia.</p>
	<p><b>ARTÍCULO 81.</b> La explotación, el uso o aprovechamiento de aguas de subsuelo en estado de vapor o con temperatura superior a ochenta grados centígrados, cuando se pueda afectar un acuífero, requerirán de la <b>concesión</b> previa para generación <b>geotérmica</b> u otros usos, además de evaluar el impacto ambiental.</p>

<p>Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales</p>	<p><b>ARTICULO 119.-</b> En las solicitudes de concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales para la producción de fuerza motriz o energía eléctrica, el solicitante deberá presentar a “La Comisión” el proyecto constructivo que trate de desarrollar, la aplicación que se le dará, el sitio de devolución del agua y las acciones a realizar en materia de control y preservación de la calidad del agua y en materia de impacto ambiental, prevención y control de avenidas, y la no afectación de los flujos de las corrientes.</p> <p><b>ARTICULO 120.-</b> No se requerirá de concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de agua, en los términos del artículo 80 de la “Ley”, cuando sea para generación de energía hidroeléctrica en pequeña escala, entendida como tal aquella que realizan personas físicas o morales aprovechando las corrientes de ríos y canales, sin desviar las aguas ni afectar su cantidad ni calidad, y cuya capacidad de generación no exceda de 0.5 Megavatios.</p> <p>Sin perjuicio de lo anterior, las personas físicas o morales a que se refiere este precepto deberán cumplir, en todo caso, con lo dispuesto en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento.</p> <p><b>ARTICULO 121.-</b> “La Comisión” podrá aprovechar las aguas nacionales y la infraestructura hidráulica federal para generar energía eléctrica destinada a la prestación de los servicios hidráulicos federales a su cargo, y disponer de los excedentes, en los términos que señale la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica y su reglamento, conforme a lo dispuesto en el artículo 79 de la “Ley”.</p> <p><b>ARTICULO 122.-</b> “La Comisión” otorgará a la Comisión Federal de Electricidad sin mayor trámite, la asignación de aguas nacionales para la generación de energía eléctrica con base en la programación hidráulica a que se refiere el Título Tercero de la “Ley” y a las reservas decretadas para tal uso conforme al Título Quinto de la misma.</p>
	<p><b>ARTICULO 123.-</b> La coordinación en los estudios y programación que realicen la Comisión Federal de Electricidad y “La Comisión”, en los términos del artículo 78 de la “Ley”, se realizará en el seno de su respectivo órgano de gobierno y consejo.</p>

**MÉXICO**

[www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx)