

# **Propuesta para ampliar la mitigación de gases de efecto invernadero en el sector eléctrico de México**

**Energía, Tecnología y Educación, S.C.**

M. en C. Odón de Buen R.  
Fis. Judith Navarro  
Lic. Sergio Segura C.

Marzo de 2009

## **Agradecimientos**

Energía, Tecnología y Educación, S.C. agradece el apoyo de la Fundación William y Flora Hewlett para la realización del presente trabajo.

Igualmente, agradece la lectura, revisión y comentarios del Ing. Gabriel Quadri, del Ing. Leopoldo Rodríguez Olivé, de David Shields y del Lic. José Lara Torres.

Los contenidos de este informe son responsabilidad únicamente de Energía, Tecnología y Educación, S.C. y pueden ser reproducidos con el crédito correspondiente.

## Contenido

<b>CONTENIDO</b> .....	1
<b>PRÓLOGO</b> .....	1
<b>I. ANTECEDENTES LEGALES E INSTITUCIONALES.</b> .....	3
<b>II. SITUACIÓN DEL MERCADO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO</b> .....	6
1. Capacidad instalada para servicio público.....	6
2. Generación .....	6
3. Consumo final .....	7
4. Precios de la electricidad.....	7
<b>III. IMPACTOS AMBIENTALES DIRECTOS Y EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, DERIVADOS DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b> .....	10
1. Emisiones contaminantes e impactos.....	10
2. Emisiones de gases de efecto invernadero.....	12
Los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero..	13
<b>IV. POTENCIALES DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR ELÉCTRICO</b> .....	15
<b>V. APROVECHAMIENTO DEL AHORRO DE ENERGÍA, LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA COGENERACIÓN EN MÉXICO</b> ....	22
1. Ahorro de energía.....	22
2. Energías renovables .....	23
3. Cogeneración y autoabastecimiento .....	24
4. Impactos globales.....	25
<b>VI. MEJORES PRÁCTICAS EN POLÍTICAS PÚBLICAS.</b> .....	26
<b>VII. BARRERAS A LA IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES DE MITIGACIÓN</b> .....	31
1. Ahorro de energía.....	31
2. Energía renovable.....	31
3. Cogeneración y autoabastecimiento .....	33
<b>VIII. CO-BENEFICIOS DE LAS ACCIONES DE MITIGACIÓN EN EL SECTOR ELÉCTRICO</b> .....	26
<b>IX. OPCIONES DE POLÍTICA PÚBLICA</b> .....	34
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	48

## PRÓLOGO

A lo largo de más de cien años, México ha desarrollado un importante sistema eléctrico. A partir de la nacionalización del sector en 1960, y con el papel central y protagónico de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Luz y Fuerza del Centro (LFC), se ha logrado que, en términos generales, contemos con un servicio eléctrico de calidad.

Sin embargo, los modelos actuales de crecimiento y funcionamiento del sector ya no están en sintonía con los cambios que ocurren en esta industria en el mundo ni con las necesidades más amplias de México. En particular, son claras manifestaciones de esto:

- el que el sector eléctrico mexicano tenga una gran dependencia en combustibles fósiles para producir electricidad;
- el que, fuera del contexto de las dos empresas eléctricas nacionales, las empresas privadas se encuentren con innumerables barreras para desarrollar proyectos que cubren sus necesidades y que pueden aportar una mayor eficiencia en el uso de los combustibles;
- el que existan altos niveles de subsidio a ciertos conjuntos de usuarios (que promueven el desperdicio y que limitan los alcances de los programas de ahorro de energía eléctrica).

Así, por el lado de la oferta, aún dependemos en más de 70% de los combustibles fósiles para la generación de electricidad. Esta situación, además de lo que implica en costos para el sector y sus usuarios -cuando suben los precios del petróleo, gas y carbón-, también representa una alta intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero, aspecto en el que México previsiblemente asumirá compromisos internacionales que lo obligarán a modificar su canasta de energéticos primarios para la producción de electricidad.

Igualmente, el escaso aprovechamiento de las oportunidades de cogeneración (debido, principalmente, a restricciones en el marco legal), limita el incremento en los niveles de eficiencia de la generación eléctrica en el país, un uso más eficiente de la energía primaria y una mejor utilización de la infraestructura de redes eléctricas de transmisión y distribución.

Por el lado de la demanda, no obstante que en el país se ha desarrollado una variedad significativa de programas exitosos y de gran impacto en ahorro y uso eficiente de la energía, en los últimos años se han reducido los esfuerzos para seguir explotando un potencial que sigue siendo considerable. En este sentido, el principal obstáculo continúa siendo los subsidios generalizados que, se supone, fueron establecidos para proteger la economía de los más pobres, pero realmente sirven para pagar el desperdicio de muchos.

Ante este panorama, ENTE ha elaborado el presente estudio, que analiza tanto los potenciales como los obstáculos y, a la vez, hace una propuesta orientada a una mayor eficiencia en el uso final de la electricidad y al aprovechamiento más amplio de las energías renovables para la generación eléctrica.

De acuerdo con el resultado de los análisis, el llevar a cabo estas acciones tendrá un costo total de 66,000 millones de pesos a lo largo de doce años (hasta el 2021). Esto significa que, en promedio, el programa costaría poco más de 5.5 mil millones de pesos por año (que es equivalente a 4.2% de lo que se gasta en subsidios anualmente).

En este sentido, se sugieren tres opciones para financiarlo:

- Aprovechar los recursos del fondo de 3,000 millones de pesos al año que ha sido comprometido dentro de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Sin embargo, utilizar el fondo como única fuente de recursos no será suficiente, pues éstos deberán asegurarse por veinte años para cubrir las necesidades de este programa.
- Una segunda opción sería aprovechar una fracción de los subsidios que actualmente se otorgan al servicio eléctrico. Aquí lo que se sugiere es que, en un plazo no mayor a 24 meses, se empiece a transferir, hasta por diez años, 4.2% de los subsidios (cuyo total se estima en 130 mil millones de pesos anuales) e integrarlo a un fondo que sirva para financiar el programa.
- Una combinación de las dos anteriores opciones.

Es importante señalar que el programa permitiría reducir las emisiones anuales de gases de efecto invernadero (respecto de las que se estiman para generación eléctrica proyectada por la CFE para 2017), por cerca de 25 millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub> equivalente (18% del total para ese año).

Igualmente, las medidas que aquí se proponen tendrían un efecto significativo en la demanda de productos y servicios mexicanos y, por lo tanto, el empleo en México.

Por supuesto, estas acciones deben ir acompañadas por un ajuste y/o modificación de las leyes que regulan el sector eléctrico, en particular las que hoy día detienen el desarrollo cabal de la generación con energía renovable y la cogeneración.

En síntesis, ENTE pone este estudio sobre la mesa de los actores públicos y privados, y formula esta propuesta para ser considerada, debatida y, en su caso, aprovechada.

**Ing. Odón de Buen R.**

Presidente

Energía, Tecnología y Educación, S.C.

## I. Antecedentes legales e institucionales.

El marco jurídico mexicano establece el control de la mayoría de la industria de la energía en manos del Estado. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos indica que *"corresponde exclusivamente a la Nación, generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público"*. A su vez, en las leyes se establecen excepciones a lo que se considera servicio público, en particular la generación de energía eléctrica que realicen los llamados productores independientes para su venta a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción.

El Artículo 25 de la Constitución define el papel del Estado, al establecer que *"corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales"*

Asimismo, indica que *"el Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará al cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general en el marco de libertades que otorga esta Constitución"*, y que *"al desarrollo económico nacional concurrirán, con responsabilidad social, el sector público, el sector social y el sector privado, sin menoscabo de otras formas de actividad económica que contribuyan al desarrollo de la Nación"*.

El Artículo 28 aclara que *"no constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva"* en áreas consideradas estratégicas como petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radioactivos y generación de electricidad, para lo cual *"el Estado contará con los organismos y empresas que requiera para el eficaz manejo de las áreas estratégicas a su cargo y en las actividades de carácter prioritario donde, de acuerdo con las leyes, participe por sí o con los sectores social y privado."*

Por su parte la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica abre el espacio a la cogeneración y a la modalidad de autoabastecimiento (que puede ser realizada por cogeneración y/o energías renovables). El Artículo 36 de dicha Ley puntualiza que la Secretaría de Energía (Sener), *"considerando los criterios y lineamientos de la política energética nacional y oyendo la opinión de la CFE, otorgará permisos de autoabastecimiento, de cogeneración, de producción independiente, de pequeña producción o de importación o exportación de energía eléctrica"* [1].<sup>1</sup>

### **La Secretaría de Energía (Sener)**

Las funciones y atribuciones de la Secretaría de Energía (Sener) se establecen en el Artículo 33 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la cual señala que a esta dependencia corresponde, entre otros, la atención de los siguientes asuntos [2]:

---

<sup>1</sup> En esta Ley, la cogeneración es entendida como la que se realiza para generar energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, que 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."* A su vez, se entiende por autoabastecimiento la utilización de energía eléctrica para fines de autoconsumo, siempre y cuando dicha energía *"provenga de plantas destinadas a la satisfacción de las necesidades del conjunto de los copropietarios o socios."*

- Conducir la política energética del país.
- Ejercer los derechos de la Nación en materia de petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos y gaseosos; energía nuclear; así como respecto del aprovechamiento de los bienes y recursos naturales que se requieran para generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público.
- Conducir la actividad de las entidades paraestatales cuyo objeto esté relacionado con la explotación y transformación de los hidrocarburos y la generación de energía eléctrica y nuclear, con apego a la legislación en materia ecológica.
- Promover la participación de los particulares, en los términos de las disposiciones aplicables, en la generación y aprovechamiento de energía, con apego a la legislación en materia ecológica.
- Llevar a cabo la planeación energética a mediano y largo plazos, así como fijar las directrices económicas y sociales para el sector energético paraestatal.

### ***La Comisión Federal de Electricidad (CFE)***

La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica expresa que estará a cargo de la CFE "*la prestación del servicio público de energía eléctrica que corresponde a la Nación*" [1]. Igualmente, esta Ley indica que la Comisión es un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio, que tiene por objeto, entre otras actividades, las de:

- Prestar el servicio público de energía eléctrica.
- Exportar energía eléctrica y, en forma exclusiva, importarla para la prestación del servicio público.
- Formular y proponer al Ejecutivo Federal los programas de operación, inversión y financiamiento que a corto, mediano o largo plazos requiera la prestación del servicio público de energía eléctrica.

### ***Luz y Fuerza del Centro (LFC)***

En términos formales, Luz y Fuerza del Centro se creó el 9 de febrero de 1994 por decreto presidencial, con el objetivo de prestar el servicio público de energía eléctrica, principalmente en materia de distribución, en la región central del país, que abarca el Distrito Federal y parte de los estados de México, Morelos, Puebla e Hidalgo, contando con personalidad jurídica y patrimonio propio. En términos reales, Luz y Fuerza nace en 1881 como empresa privada y se convierte en pública en 1960 [3].

### ***La Comisión Reguladora de Energía (CRE)***

El papel fundamental de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) es el de regular la participación privada en el campo de la energía, y sus funciones básicas están marcadas en la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, la cual define que ésta tendrá por objeto promover el desarrollo eficiente de un conjunto de actividades, entre las que resaltan [4]:

- El suministro y venta de energía eléctrica a los usuarios del servicio público.
- La generación, exportación e importación de energía eléctrica, que realicen los particulares.
- La adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público.
- Los servicios de conducción, transformación y entrega de energía eléctrica, entre las entidades que tengan a su cargo la prestación del servicio público de energía eléctrica y entre éstas y los titulares de permisos para la generación, exportación e importación de energía eléctrica.

## II. Situación del mercado de la energía eléctrica en México.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es responsable de más de 95% de la generación de electricidad y de 75% de la distribución de esta energía. A su vez, Luz y Fuerza del Centro (LFC) distribuye 25% de la electricidad que se genera en México, principalmente a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y ciudades aledañas [5].

### 1. Capacidad instalada para servicio público

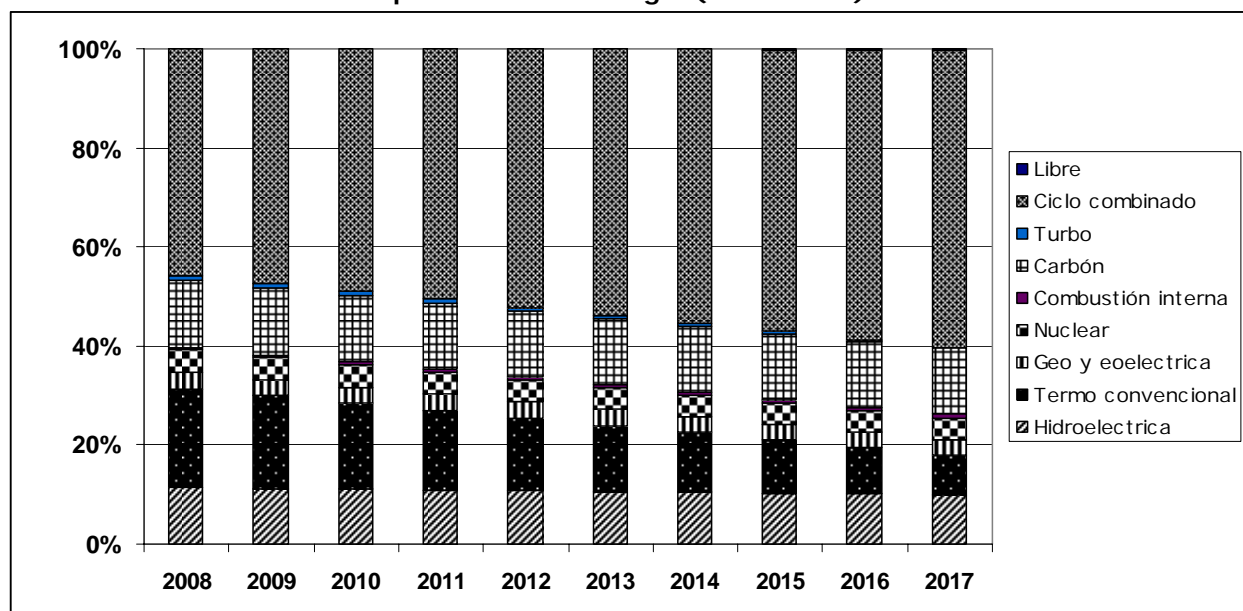
A diciembre de 2008, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), incluyendo los productores independientes que le venden capacidad y energía, contaba con una capacidad efectiva instalada cercana a los 50,000 MW, de los cuales cerca de 70% funcionan con algún tipo de hidrocarburo, ya que 11,500 MW son de los productores independientes (ciclo combinado a gas natural), 22,400 MW corresponden a las termoeléctricas de CFE que consumen hidrocarburos y 2,600 MW a carboeléctricas. Del resto, 11,050 MW son hidroeléctricas, 960 MW geotermoeléctricas; 1,365 MW de la nucleoelectrica y 85 MW de dos eoloeléctricas [6].

### 2. Generación

En México se generaron 234,000 GWh en 2008, de los cuales la CFE produjo 157 mil GWh, con 78% a partir de la quema de combustibles fósiles, 12% de hidroeléctrica, 6% de nuclear y 4% de geotermia [5] [6]. Los productores privados (que utilizan principalmente gas natural) generaron cerca de 74 mil GWh, mientras Luz y Fuerza del Centro (LFC) sólo generó cerca de 2 mil GWh [6].

Por su parte, los planes de la Sener, que indican la evolución esperada del sistema eléctrico nacional para los próximos diez años, muestran a un sector eléctrico dominado por plantas que aprovechan el gas natural (principalmente, a través de productores independientes) y una participación menor de energía renovable (con una intervención insignificante de la energía eólica) (Fig. 1).

Figura 1. Evolución esperada de los porcentajes de las componentes de generación eléctrica por fuente de energía (2008-2017)

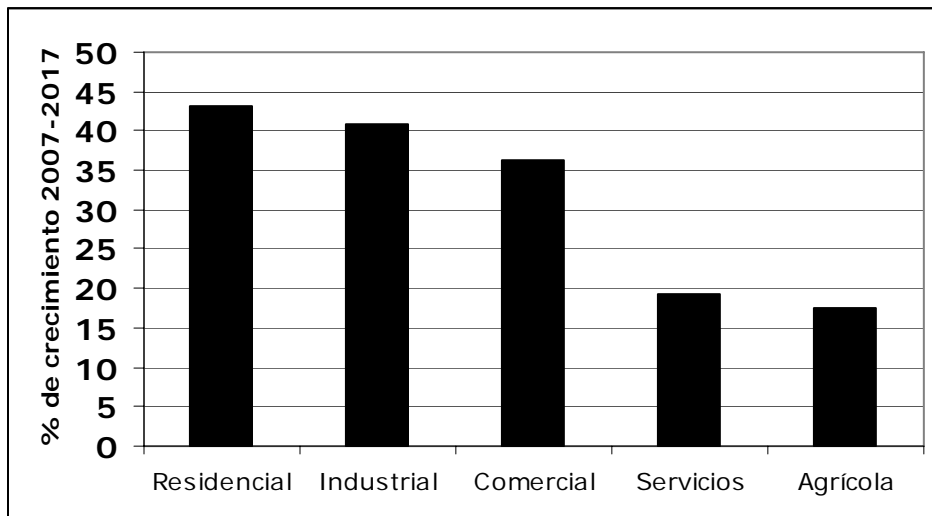


### 3. Consumo final

En lo que corresponde a consumo de electricidad, en el año 2008 se facturó en México la venta de poco más de 184 mil GWh, de los cuales, según la Sener, 38% correspondieron a instalaciones de mediana industria, 26% al sector residencial, 21% a instalaciones de gran industria y el resto, a instalaciones comerciales y agrícolas [5].<sup>2</sup>

En términos del crecimiento esperado entre 2007 y 2017 del consumo de electricidad por tipo de usuarios, se estima que el sector residencial crecerá cerca de 43%, seguido por el industrial con 41%, el comercial con 36%, el de servicios 19% y el agrícola con cerca de 17% (Figura 2).

**Figura 2. Crecimiento porcentual del consumo de electricidad por sectores (2007 a 2017), según la Sener.**



Fuente: Sener 2008 [7]

Sin embargo, es importante anotar que la contabilidad del consumo de energía de la Sener se basa en las categorías que define la Comisión Federal de Electricidad, y se ha identificado que en lo que se califica como "industrial" quedan incluidos todos los inmuebles que están conectados en media y alta tensión. Según estimaciones realizadas para 2005, cerca de 25,000 GWh contabilizados como "industrial" en realidad corresponden a instalaciones del sector "comercial" (inmuebles). Esto modifica de manera importante la ponderación de las estrategias consideradas para mitigar emisiones, aumentando la importancia de los edificios [8].

### 4. Precios de la electricidad

De acuerdo con la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica, la venta de ésta se rige por las tarifas que apruebe la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) [1]. Esta dependencia, con la participación de las secretarías de Energía y de Economía (SE), y a propuesta de la CFE, las fijará, ajustará o reestructurará de manera que tiendan a cubrir las

<sup>2</sup> Es importante precisar que, de acuerdo con estudios y estimaciones de ENTE, S.C., el consumo del sector servicios es significativamente mayor que lo que reporta la Sener; esto, debido a que en la contabilidad del sector industrial se incluye a grandes usuarios del sector servicios.

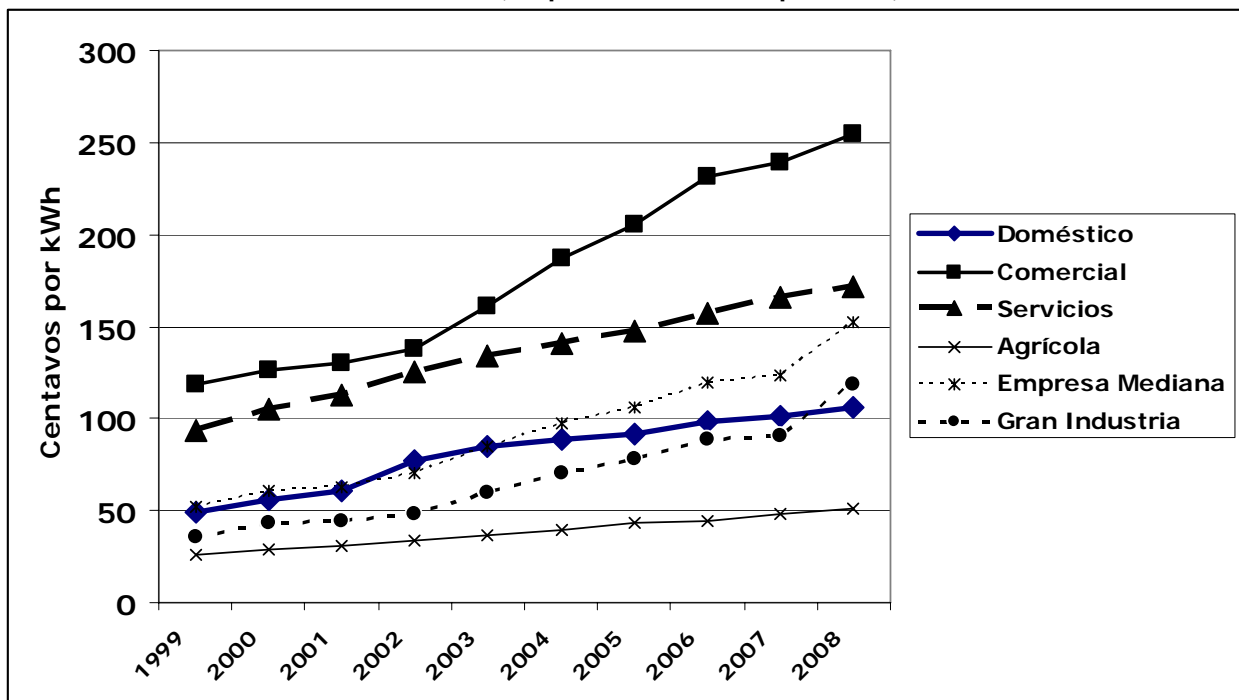
necesidades financieras y las de ampliación del servicio público, y el consumo racional de energía.

A su vez, el Reglamento de la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica detalla que las tarifas para venta de energía eléctrica, su ajuste, modificación o reestructuración, se establecerán con las modalidades que dicten el interés público y los requerimientos del servicio público. Igualmente, que en la estructura de las tarifas se podrá permitir que se distribuyan los costos mencionados entre los distintos usuarios, según se considere conveniente, a través de cargos fijos, cargos por demanda y cargos por energía consumida, entre otros [9].

Así, actualmente se aplican en México 22 tarifas definidas para todo el territorio nacional: 8 de ellas para el sector residencial, 7 para usuarios industriales y comerciales en media y alta tensión, 4 para bombeo agrícola, 3 para servicios municipales (alumbrado público y bombeo de agua) y el resto para pequeños comercios e industrias y servicios temporales [10].

Los precios de las tarifas varían según los tipos de usuarios, siendo los más bajos los que se aplican a los usuarios agrícolas y los más altos, a los servicios municipales (alumbrado público y bombeo de agua), los cuales se ubican bajo la categoría de "comercial" (Figura 3).

**Figura 3. Evolución de los precios promedio de la electricidad por tipo de usuario, México 1999-2007 (en pesos corrientes por kWh).**



Fuente: Sener 2008 [5]

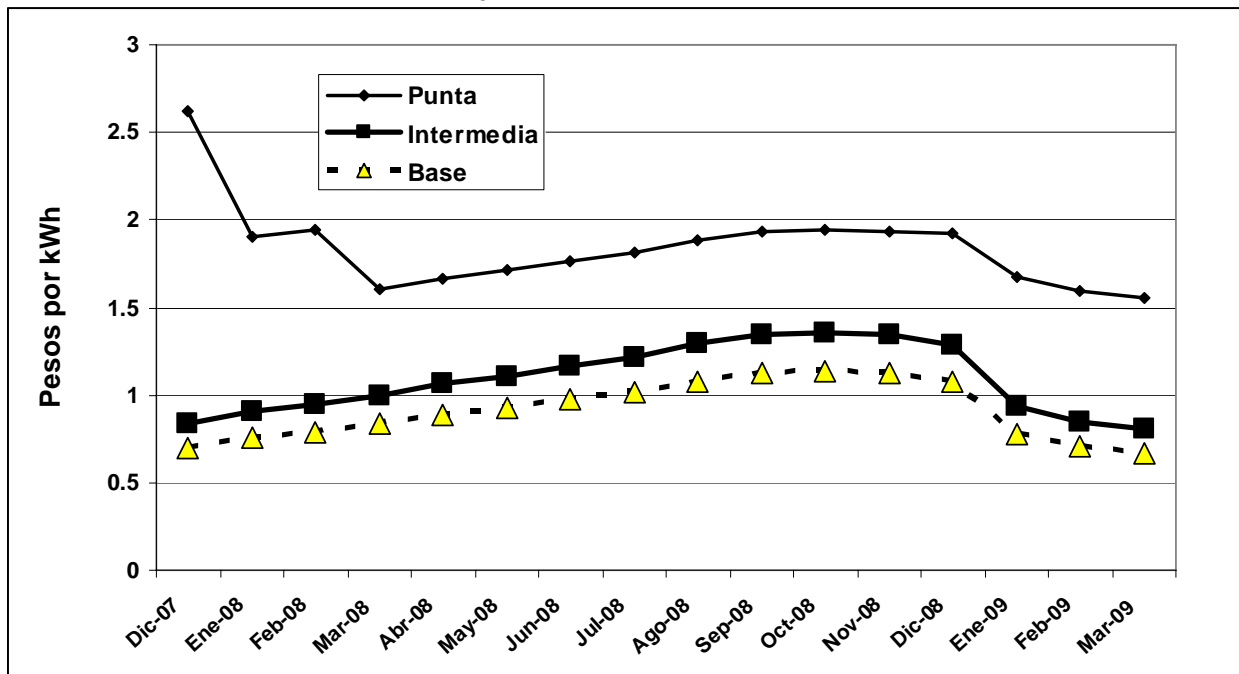
Las tarifas aplicables a la agricultura y al sector doméstico tienen subsidio y esto se refleja en el hecho de que los precios promedio de la electricidad para esos usuarios son menores (para el sector agrícola) o muy cercanos (sector doméstico) que lo que paga el sector industrial; ello, aun y cuando reciben la electricidad a nivel de distribución y en cantidades relativamente pequeñas.

Se estima que los subsidios que el Gobierno Federal otorgó a los consumidores finales de CFE a través de las tarifas eléctricas en 2008, alcanzaron los 86,834 millones de pesos, mientras que los otorgados por medio de la LFC se estiman en 46,397 millones de pesos, para un total cercano a los 130 mil millones de pesos [7].

En las tarifas para media y alta tensión, que son las que aplican para grandes comercios e industria, existen cobros por períodos horarios y por demanda. Estas tarifas eléctricas están indexadas a través de una compleja fórmula que depende de las variaciones ponderadas de los índices inflacionarios de sectores relacionados a equipos manufacturados y de las variaciones (ponderadas por su fracción de participación en la generación total de electricidad) de los precios internacionales de la canasta de combustibles fósiles utilizados para la generación de electricidad [10].

Para usuarios de media y alta tensión se aplican tarifas horarias que han tenido, desde hace ya varios años, un alto precio para la demanda en los períodos de punta, los cuales se extienden de dos a diez horas por día, según la estación, la región, el día de la semana y la hora del día. Estas tarifas — que reflejan costos marginales y se determinan a partir de factores que incluyen los precios internacionales de la mezcla de combustibles utilizados para la generación de electricidad en México — han llegado a estar muy cerca de los veinte centavos de dólar por kWh (0.20 \$US/kWh) para ciertas zonas del país, pero, por medidas del Gobierno Federal y por efecto de la reducción del precio internacional de los hidrocarburos, sus precios se han reducido significativamente en 2009 (Fig. 4) [11].

**Figura 4. Costo de kWh para usuarios en tarifa H-M (media tensión), según período de uso en el día para la Zona Central de México**



Fuente: CFE [10]

### **III. Impactos ambientales directos y emisiones de gases de efecto invernadero, derivados de la generación de energía eléctrica.**

#### **1. Emisiones contaminantes e impactos**

Como hemos referido anteriormente, una buena cantidad de la electricidad que se genera en México es resultado de la utilización de combustibles fósiles. En este sentido, la generación de electricidad aprovechando combustibles fósiles (carbón y petróleo) es una fuente significativa de contaminantes del aire.

Asimismo, las particulares características de los combustibles fósiles mexicanos -residuo de la refinación de crudos pesados y altos en contenido de azufre y asfaltenos - han motivado diversos estudios en torno a la valoración de la calidad de las emisiones de gases de combustión a la atmósfera [12].

De manera general, los impactos ambientales provocados por la generación en centrales eléctricas que utilizan combustibles fósiles, resultan de la emisión de los siguientes compuestos:

- **Bióxido de azufre**, que se transforma en ácido sulfúrico que forma parte de la lluvia ácida.
- **Óxidos de nitrógeno**, que también forman parte de la lluvia ácida y son precursores en la formación del ozono atmosférico.
- **Hidrocarburos no quemados y partículas suspendidas** (PM<sub>10</sub>), que forman parte de los elementos que integran el denominado "smog" fotoquímico.

#### ***Impactos ambientales asociados con la operación de las plantas de generación de electricidad.***

Otro elemento que ha sido ampliamente estudiado con relación a los impactos ambientales por la generación de electricidad, tiene que ver con las diferentes etapas que involucra el proceso de generación de electricidad (construcción y operación) de las centrales [13].

De manera general, los impactos ambientales están principalmente relacionados con efectos adversos locales (en las zonas de operación y poblaciones humanas cercanas a las centrales), así como los posibles efectos en la biodiversidad y la contaminación de agua, tanto utilizada en los procesos como los recursos hídricos (Tabla 1).

**Tabla 1. Impactos ambientales por operación de centrales eléctricas**

Tipo de central	Tipo de impactos ambientales
Carboeléctricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de superficie de tierra por apertura de minas, incluyendo daños al subsuelo e infraestructura urbana cercana</li> <li>• Contaminación del agua debido a flujo de agua residual de las minas</li> <li>• Contaminación del agua por residuos sólidos y líquidos de las plantas</li> <li>• Pérdida de bosques, cosechas y especies animales por absorción de gases contaminantes resultantes de la combustión de carbón de la planta</li> </ul>
Centrales de combustóleo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del agua por derrames en el transporte de combustible y accidentes</li> <li>• Contaminación del agua debido a residuos sólidos y líquidos resultantes de la operación de la planta</li> <li>• Pérdida de bosques, cosechas y especies animales por la absorción de gases contaminantes resultantes de la combustión de petróleo de la planta</li> </ul>
Centrales a gas natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de bosques, cosechas y especies animales por la absorción de gases contaminantes resultantes de la combustión de gas de la planta</li> </ul>
Nucleoeléctricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de superficies de tierra por minas de uranio</li> <li>• Contaminación del agua por derrame de líquidos en las minas</li> <li>• Efectos de radiación en especies vegetales y animales en el caso de accidentes severos</li> <li>• Calentamiento de agua por el calor de desecho</li> </ul>
Grandes centrales hidroeléctricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en el clima local y regional</li> <li>• Influencia en las reservas pesqueras</li> <li>• Manejo de agua y control de flujos de agua para otros usos</li> <li>• Influencia negativa en las tierras aledañas, que pueden sufrir sequías o inundaciones, con cambios significativos en los niveles y calidad de los mantos acuíferos subterráneos</li> </ul>

Fuente: IAEA, 1999 [13].

### ***Centrales de carbón***

La combustión del carbón tiene como consecuencia la emisión de partículas y ácidos de azufre. El carbón también contiene en disolución pequeños niveles de uranio, torio, isótopos radiactivos naturales que, al quemarse en grandes cantidades, arrojan este material a la atmósfera, provocando niveles de contaminación radiactiva local y global, bajos pero reales.

Igualmente, contiene indicios de elementos pesados tóxicos, tales como mercurio, arsénico y otros. El mercurio liberado a la atmósfera se acumula en ciertas cadenas alimenticias y afecta, de manera especial, ecosistemas acuáticos. El mercurio vaporizado en una planta de energía puede estar en suspensión en la atmósfera y circular por todo el mundo. Mientras que en el ambiente existe una sustancial cantidad de mercurio, donde el procedente de otras actividades humanas está mejor controlado, el de las plantas de energía constituye una fracción significativa del resto de emisiones.

### ***Smog y lluvia ácida***

En particular, el "smog" proviene de la reacción química de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) con los hidrocarburos no quemados. Su producción tiene dos causas principales: la primera de ellas es la oxidación del nitrógeno contenido en el aire como producto de la combustión (NO<sub>x</sub> térmico) y la segunda, la reacción del nitrógeno contenido en la composición del combustible (NO<sub>x</sub> del combustible).

Otro problema ambiental relacionado con la generación de electricidad es la lluvia ácida. Los principales compuestos relacionados con su formación son la emisión de altas

concentraciones de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y de NO<sub>x</sub>. Dichos compuestos reaccionan en las nubes formando una mezcla de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), los cuales se precipitan a través de la lluvia y nieve. También se deposita acidez en la superficie en forma de partículas secas que en contacto con la lluvia originan un medio corrosivo [14].

### ***Impactos a la salud y los ecosistemas***

Otro peligro relacionado con la combustión de carbón y otros combustibles fósiles tiene que ver con la emisión de partículas suspendidas en la atmósfera (materia particulada o partículas de materia, PM). Las PM son una causa de ciertos problemas graves para la salud humana, incluidas cardiopatías y enfermedades respiratorias. Tienen también efectos adversos en la vegetación y los materiales de las edificaciones, además de contribuir a la bruma regional y los problemas de visibilidad. Las partículas y las emisiones que contribuyen a su formación se transportan en el aire a grandes distancias.

### ***Impactos ambientales más allá de la generación local***

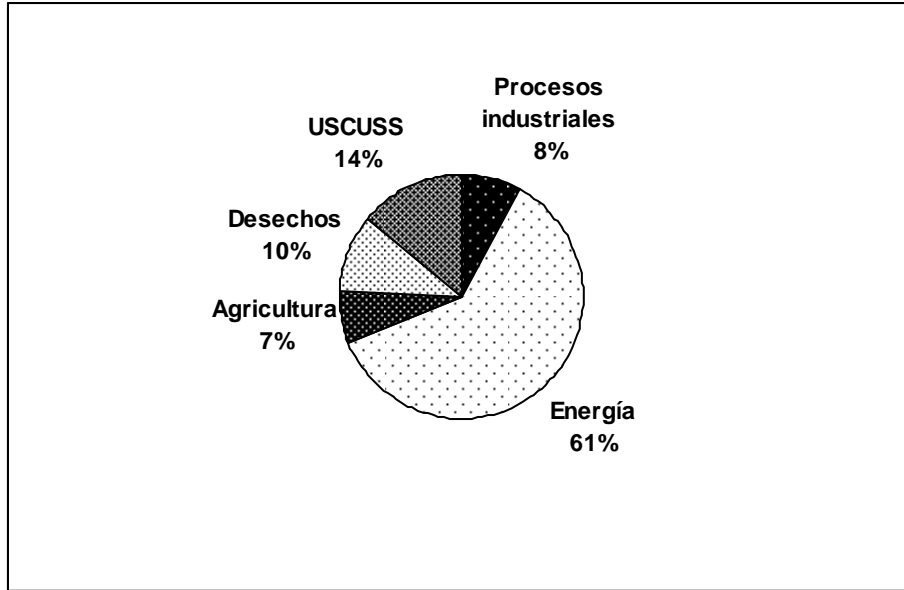
Los impactos ambientales asociados con las formas más convencionales de generación de electricidad no están limitados a las inmediaciones del lugar donde estas centrales operan [15]. La capacidad de transporte a distancias medianas y largas de los contaminantes emitidos por las centrales eléctricas —ozono de bajo nivel y sus precursores, como el óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), contaminación ácida, partículas y mercurio, por nombrar algunos— ha sido bien documentada.

También los contaminantes orgánicos persistentes pueden viajar miles de kilómetros, transportados por las corrientes de aire, desde su lugar de origen, antes de depositarse e incorporarse en la cadena alimentaria de comunidades distantes. Otras emisiones, por ejemplo, el CO<sub>2</sub> y los gases agotadores del ozono estratosférico, son de preocupación global, no importando en dónde se originen. Las centrales eléctricas pueden incluso generar efectos negativos en la vida silvestre lejos del sitio de la actividad, afectando especialmente a especies migratorias que dependen de corredores y ecosistemas especializados en múltiples regiones [16].

## **2. Emisiones de gases de efecto invernadero**

El Instituto Nacional de Ecología (INE) ha señalado, en el Inventario Nacional de Emisiones 1990-2002, que México tiene emisiones de gases de efecto invernadero de poco más de 643 mil Giga-gramos en bióxido de carbono equivalente[17]. Estas emisiones lo convierten en el país número 13 en el mundo en cuanto a emisiones anuales. De las emisiones cuantificadas, 61% proviene del sector de energía (Fig. 5).

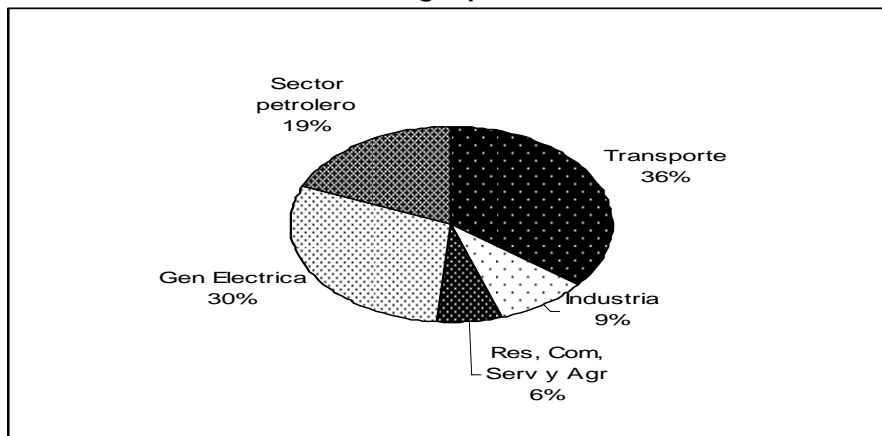
**Figura 5. Participación de fuentes en emisiones de gases de efecto invernadero en México, 2002.**



Fuente: INE [17]

En términos de la participación de los sectores en las emisiones de gases de efecto invernadero (en función de donde se emiten) resalta el transporte con 36%, seguido por la generación de electricidad (30%), el sector petrolero (19%), el sector industrial (9%) y el agregado de los sectores residencial, comercial y de servicios, y el agropecuario, con 6% (Fig. 6).

**Figura 6. Participación de emisiones de CO<sub>2</sub> del sector de energía por sectores, 2005.**

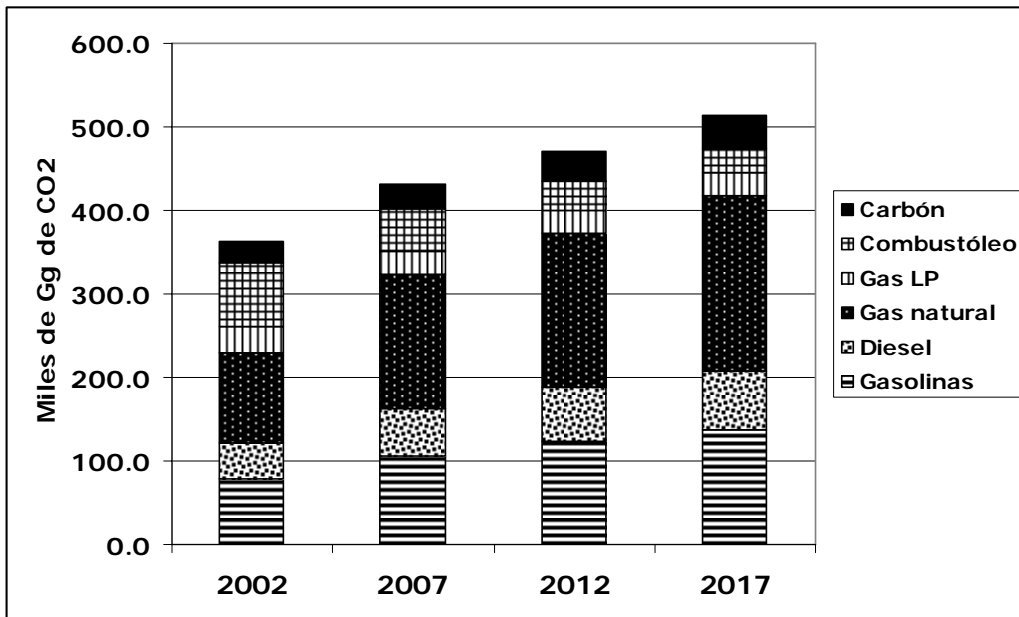


Fuente: Elaboración de ENTE, S.C., con base en datos de Sener [7, 18] e IPCC [19]

### ***Los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero por quema de combustibles fósiles***

De manera global, la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero por quema de combustibles fósiles al 2017, con base en las proyecciones de la Sener, prevé un crecimiento general de 41% en emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> para el sector de la energía en México respecto de 2002, resaltando los crecimientos de las emisiones de la gasolina (en 73%) y del gas natural (en 93%) (Fig. 7).

Figura 7. Participación en emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de combustibles fósiles, 2002-2017.

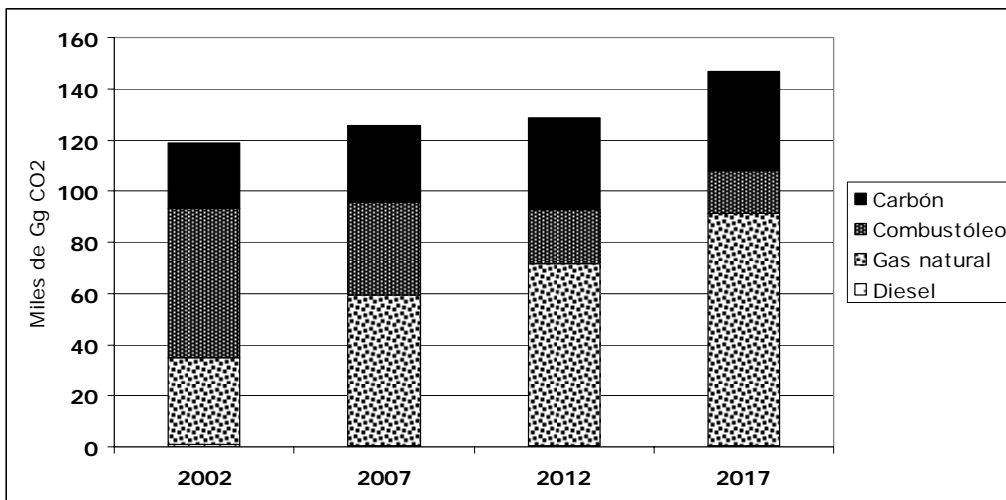


Fuente: Elaboración de ENTE, S.C., con base en datos de Sener [7, 18] e IPCC [19]

**Los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero por quema de combustibles fósiles en el Sistema Eléctrico Nacional**

El Sistema Eléctrico Nacional tiene actualmente emisiones cercanas a los 125 mil Gg de CO<sub>2</sub>. Con base en las proyecciones de la Sener por tipo de planta, las emisiones futuras se ubican en cerca de 150 mil Gg de CO<sub>2</sub> para el 2017 (un crecimiento de 20% en diez años) (Fig. 8).

Figura 8. Evolución de emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de combustibles fósiles en el Sistema Eléctrico Nacional 2002-2017.



Fuente: Elaboración de ENTE, S.C., con base en datos de Sener [7, 18] e IPCC [19]

## **IV. Potenciales de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector eléctrico.**

Las dos vías fundamentales para reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, son el aprovechamiento de las energías renovables y el ahorro y uso eficiente de la energía.

### **1. Energías Renovables**

#### ***Energía solar***

En México se han integrado—desde hace más de un par de décadas—mapas de radiación solar basados en imágenes provenientes de satélites y apoyados en algunas mediciones sistemáticas para algunas localidades. Este conocimiento grueso indica que más de la mitad del territorio nacional presenta una densidad energética de 5 kWh por metro cuadrado [20].

Las regiones del país que cuentan con los más altos niveles de insolación son el Noroeste (Península de Baja California y Sonora), el Sur (fuera de la zona húmeda del Golfo de México y la montañosa de transición entre el Golfo y la Altiplanicie Mexicana) y, prácticamente, toda la costa del Pacífico [20].

#### ***Energía eólica***

Se ha estimado—muy conservadoramente y con muy pocas evaluaciones—que el potencial eoloeléctrico de México alcanza los 5,000 MW. Sin embargo, de acuerdo con un estudio publicado por el *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) de los Estados Unidos—y realizado con sistemas de evaluación a partir de imágenes satelitales—el potencial para la región de La Ventosa en el Estado de Oaxaca es de más de 33,000 MW en cerca de 7,000 km<sup>2</sup> (que corresponden a 17% del territorio de ese estado del sur de México) [21]. Esto hace suponer que el potencial nacional ha sido subestimado y que la suma de recursos explotables sea de una magnitud superior, en varios órdenes, a las estimaciones conservadoras.

De acuerdo con algunas mediciones y las evidentes condiciones locales de viento intenso, entre las regiones que se consideran con mayor potencial se encuentran: La Ventosa, en Oaxaca; la costa de Quintana Roo; los alrededores de Pachuca, Hidalgo; el sur de Coahuila, el sur de la Península de Baja California y el Cerro de la Virgen en la Ciudad de Zacatecas [20].

#### ***Minihidráulica***

La minihidráulica también presenta altos índices de recurso aprovechable. Globalmente, este potencial se estima que es superior a los 11,500 MW, lo cual incluye plantas de varios cientos de MW. De acuerdo con la CFE, el potencial de generación de electricidad a través de plantas de menos de 5 MW (minihidráulicas) es de alrededor de 3,000 MW [20].

Por su parte, un estudio de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae), realizado en una región montañosa ubicada en partes de los estados de Puebla y Veracruz, detectó un potencial de 3,750 GWh/año en cerca de 400 MW [22]. A su vez, el aprovechamiento en canales de riego ha sido establecido, por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), por encima de los 200 MW.

## ***Biomasa***

Sin que exista una evaluación precisa del universo de posibilidades de la biomasa, se estima que México ofrece un amplio potencial de aprovechamiento de las diversas formas de este recurso. En el sector agroindustrial, y específicamente en la industria de la caña de azúcar, se ha establecido un potencial de generación de electricidad, a partir del bagazo de caña, superior a 3,000 GWh al año.

Asimismo, la Conae calcula que se pueden instalar 0.7 MW de capacidad por cada millón de tonelada de basura depositada en un relleno sanitario (sitio diseñado para confinar residuos sólidos urbanos sin agresión al entorno ecológico). El IIE ha estimado en 90 mil toneladas diarias la producción de residuos urbanos susceptibles de explotación para una capacidad de 300 MW. Igualmente, existe un potencial -apenas considerado- de aprovechamiento de residuos ganaderos. México tiene cerca de 3.5 millones de cabezas de ganado vacuno (cárnico y lechero) y, por lo menos, se generan 13 millones de toneladas de estiércol ganadero sin ningún aprovechamiento energético [23].

## ***Geotermia***

Según diversos estudios publicados en los últimos 15 años, y particularmente por la Gerencia de Geotermia del Instituto de Investigaciones Eléctricas, México podría contar con un potencial en energía geotérmica para la generación de electricidad, que podría estar entre 11 mil y 13 mil MW en campos de los estados de Baja California, Michoacán, Jalisco, así como otras regiones del centro y sur del país [24].

## **2. Cogeneración**

A partir de datos del Balance Nacional de Energía, los permisos otorgados por la Comisión Reguladora de Energía y el potencial elaborado por la Conae hace una década, se realizó un estimado de potenciales de cogeneración [25]. De lo anterior se desprende que existe en México un potencial de cogeneración que, por el lado optimista, llega a cerca de 13,500 MW. De este potencial resalta lo que se puede conseguir en instalaciones de Pemex (Petroquímica y Refinación) con cerca de 2,000 MW, además de existir oportunidades, superiores a 1,500 MW por sector, para las industrias del acero y química (Tabla 2).

**Tabla 2. Potencial de cogeneración en México**

<b>SECTOR</b>	<b>Potencial de Cogeneración (MW)</b>
<b>Industrial</b>	<b>10,267</b>
Siderurgia	2,395
Química	1,703
Azúcar	235
Cemento	732
Minería	769
Celulosa y Papel	496
Vidrio	542
Cerveza y Malta	278
Fertilizantes	57
Automotriz	49
Aguas Envasadas	150
Hule	107
Aluminio	22
Tabaco	4
Otras ramas	2,727
<b>Pemex</b>	<b>1,986</b>
Petroquímica	517
Refinación	1,469
<b>Comercial</b>	<b>1,210</b>
<b>Total</b>	<b>13,463</b>

Fuente: Elaboración de ENTE. Ver referencias [25] y [26]

### 3. Ahorro y uso eficiente de la energía

Aun cuando se dice que “la energía más barata es la que se ahorra” [27], el potencial de ahorro de energía que es rentable aprovechar está en función de un conjunto de variables muy particulares de la tecnología, el patrón de uso y el costo, ya sea de producirla o el precio al que se paga.

Así, los potenciales de ahorro y uso eficiente de la energía dependen de un conjunto de variables, pero en particular de las características de potencia eléctrica de los equipos instalados, de sus horas de uso por día y de las horas en las que ocurre ese uso (en la medida en que se esté sujeto a tarifas horarias). Igualmente, deben tomarse en cuenta el costo del reemplazo y las características de potencia eléctrica de los equipos nuevos y más eficientes, así como las tarifas a las que esté sujeto el usuario y la tasa de retorno que espere de sus inversiones.

#### **Sector doméstico**

Uno de los sectores donde mayor impacto han tenido las políticas públicas de ahorro de energía es el doméstico, que integra a más de 27 millones de usuarios y donde, por la implantación de Normas de Eficiencia Energética y de programas de la CFE y del FIDE, se ha reducido de manera sensible el consumo de electricidad por el uso de equipos eléctricos, como los refrigeradores, lámparas, aires acondicionados y lavadoras de ropa.

Sin embargo, en los hogares mexicanos existe todavía un importante potencial de ahorro de energía en general; esto, en la medida en que las mejoras se han dado en el proceso de recambio natural de los equipos (como es el caso de los refrigeradores) y de programas que no han sido generalizados a todo el territorio nacional (como es el caso de los programas de recambio de lámparas y de aires acondicionados). Asimismo, existe un potencial específico y poco explotado, que es el relativo a la climatización, lo cual incluye no sólo los equipos de enfriamiento y calentamiento, sino también los materiales de la envolvente de la vivienda.

A continuación se presentan estimados de potenciales de ahorro de energía para el sector doméstico en iluminación, refrigeración y acondicionamiento de aire.

- Iluminación. Sustituyendo en cada hogar cinco focos incandescentes de 60 Watts que se usan cinco horas por día, por igual número de lámparas compactas fluorescentes de 15 Watts en el 100% de los hogares, se lograría un ahorro cercano a 11,740 GWh al año.
- Refrigeración. Si en 40% de los hogares se cambiara el refrigerador antiguo por uno nuevo - y suponiendo, en promedio, un refrigerador mediano (de 15 pies cúbicos) con diez años de antigüedad y un consumo promedio de 1,000 kWh/mes-, se ahorrarían 400 kWh/mes de consumo para el universo de casas donde se lleve a cabo el cambio. Esto representaría un ahorro de cerca de 6,900 GWh al año.
- Acondicionamiento de aire. Considerando que la mitad de los usuarios eléctricos del país están en zonas de clima cálido, que el 20% de este subconjunto utiliza actualmente equipos de aire acondicionado (poco más de 2.7 millones de hogares) y que, a su vez, este universo se puede dividir en tres grupos por los rangos de consumo, se estima que, con inversiones que van desde 8 hasta 16.2 mil pesos (que incluyen aislamiento térmico y sustitución de equipos por otros más chicos y de mayor eficiencia), se tiene un potencial global explotable cercano a 2,750 GWh/año.

### ***Sector comercial y de servicios***

En el sector comercial los potenciales más significativos se encuentran en la iluminación y en la climatización. En particular, es preciso resaltar que el consumo de energía eléctrica del sector servicios en México no está correctamente contabilizado, ya que el principal parámetro con el que se clasifican los consumos eléctricos de los diferentes sectores se basa, fundamentalmente, en los niveles de tensión a los que se vende la electricidad. Muchas instalaciones de gran tamaño y consumo considerable de electricidad, que corresponden al sector comercial o de servicios, son contabilizadas como "industria" en los documentos estadísticos oficiales.

Así, considerando que cerca de 25,000 GWh contabilizados al sector industrial corresponden en realidad al sector servicios, se estima que este sector consumió poco más de 38 mil GWh en electricidad durante el año 2007.

A continuación se presentan estimados de potenciales de ahorro de energía eléctrica en el sector servicios en lo que corresponde a iluminación y acondicionamiento de aire.

- Iluminación. Si a 50% del número estimado de instalaciones del sector servicios se le cambian 10 luminarias que operan con lámparas fluorescentes tipo T12 de 4x40 watts con balastro electromagnético, por equipos tipo T8 3x32 W con balastro electrónico, se ahorrarían cerca de 750 GWh/año.
- Acondicionamiento de aire. Si asumimos que 330,000 instalaciones del sector servicios

tienen sistemas de aire acondicionado con un tamaño promedio de 10 toneladas de refrigeración y con eficiencias de 1.7 kW/Ton, y que éstos fuesen sustituidos por sistemas más eficientes de 0.9 kW/Ton, el potencial estimado de ahorro sería cercano a los 590 GWh/año.

### **Sector industrial**

En el sector industrial, el principal uso de la electricidad es el que se lleva a cabo en los motores. De acuerdo con el estudio "*Improving the penetration of energy efficient motors and drives*", cerca de 70% del consumo eléctrico del sector industrial se da en motores. Considerando los datos de consumo de energía eléctrica del sector industrial en México (poco más de 77 mil GWh), se estima, con base en el estudio referido, que cerca de 54 mil GWh se destinan a la operación de motores.

Asimismo, utilizando valores de este estudio para ponderar el consumo de energía por motores industriales en México, se calcula que existen poco más de un millón 300 mil motores eléctricos operando en el sector industrial nacional. Ahora bien, suponiendo que 50% de este universo es modificado para usar los modelos más eficientes (con la norma NEMA), el potencial de ahorro por cambio de motores en el sector industrial es cercano a los 1,900 GWh/año (Tabla 3).

**Tabla 3. Potencial de ahorro de energía y monetario por cambio de motores eléctricos, según su capacidad.**

Tamaño (kW)	Consumo (GWh)	No. de motores	Eficiencia		Ahorro	
			Promedio	NEMA	Por equipo (MWh/año)	Total (GWh/año)
0-0.75	488	376,575	0.65	0.82	0.41	78
0.75-4	3,685	529,003	0.67	0.87	2.39	632
4-10	4,248	243,853	0.82	0.9	1.89	230
10-30	7,458	100,004	0.88	0.92	3.68	184
30-70	11,300	31,524	0.91	0.94	12.57	198
70-130	6,565	17,040	0.92	0.95	13.22	113
130-500	13,052	16,945	0.92	0.96	34.88	295
500-	9,692	1,803	0.93	0.96	180.67	163
<b>TOTAL</b>	<b>56,488</b>	<b>1,316,748</b>	-	-	-	<b>1,892</b>

Fuente: Elaboración de ENTE, S.C.

### **Potenciales de ahorro de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas**

Con base en las estimaciones anteriores, se considera que en México se puede ahorrar, de manera técnica y económicamente factible, cerca de 25,000 GWh de electricidad, lo que equivale a 10% de lo que se prevé será el consumo de electricidad en 2017. (Tabla 4).

**Tabla 4. Ahorros estimados en consumo final por sectores y usos finales**

<b>Sector/ Medidas</b>	<b>Consumo del concepto (GWh)</b>
<b>RESIDENCIAL</b>	<b>21,661</b>
Iluminación	11,740
Conservación de alimentos	6,862
Acondicionamiento ambiental	3,059
<b>COMERCIAL</b>	<b>1,336</b>
Iluminación	749
Acondicionamiento ambiental	587
<b>INDUSTRIAL</b>	<b>1,892</b>
Motores eléctricos	1,892
<b>TOTAL</b>	<b>24,889</b>

Para lograr los ahorros y reducciones de emisiones señaladas arriba, se considera que sería necesario invertir, por parte del sector público y como incentivo para la compra de los equipos más eficientes, poco más de 54 mil millones de pesos (Tabla 5).

**Tabla 5. Inversiones estimadas para medidas de ahorro de energía**

Sector	Medidas	Costo equipo(s) (US\$)	Unidades (Miles)	% Subsidio	Inversión Total MM\$ (1)	Periodo de recuperación de inversión simple del usuario	Costo de mitigación (US\$/TonCO <sub>2</sub> )
Residencial (2)	Iluminación	25	142,953	50	4,825	0.2	-234.9
	Refrigerador	400	11,436	50	30,878	2.3	-147.0
	Aislamiento y A/C eficiente (Alto)	1,200	286	50	2,316	2.7	-148.8
	Aislamiento y A/C eficiente (Medio)	900	858	50	5,211	2.8	-146.6
	Aislamiento y A/C eficiente (Bajo)	600	1,715	50	6,948	2.5	-154.9
Comercial y de servicios	Luminarias	650	16,763	20	2,942	0.8	-191.1
	AC	1,111	335	10	503	3.9	-169.1
Industrial	0-0.75 kW	311	188	5	40	4.8	-38.6
	0.75-4 kW	474	264	5	85	1.3	-92.0
	4-10 kW	1,059	122	5	87	3.6	-57.1
	10-30 kW	2,170	50	5	73	3.8	-54.3
	30-70 kW	4,881	16	5	52	2.5	-73.7
	70-130 kW	7,407	9	5	43	3.6	-57.1
	130-500 kW	12,593	8	5	72	2.3	-76.3
	>500 kW	14,815	1	5	9	0.5	-103.2
<b>TOTAL</b>					<b>54,081</b>		

(1) Se considera una tasa de cambio de 13.5 pesos por US\$.

(2) Se considera una tarifa no subsidiada de 2 pesos por kWh

## **V. Aprovechamiento del ahorro de energía, las energías renovables y la cogeneración en México.**

### **1. Ahorro de energía**

Desde 1989, en México se han ido estableciendo instituciones y poniendo en funcionamiento programas y proyectos que han tenido resultados importantes. Dentro de las acciones que han contribuido a esta reducción de la intensidad energética en el país, resaltan las que han sido iniciativas de sector público y que se mencionan a continuación.

#### ***Normas Oficiales Mexicanas para la eficiencia energética***

En México están en vigor 18 NOM que se aplican a más de 5 millones de unidades de equipos y sistemas que se venden cada año en el territorio nacional. La existencia de las NOM se ha reflejado en un ahorro de energía muy significativo. Un estudio realizado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) ubicó en más de 52,000 millones de kWh el impacto de cuatro equipos eléctricos (motores, refrigeradores, aires acondicionados y lavadoras de ropa) [28].

#### ***El Horario de Verano***

El Horario de Verano se implantó en México en 1996 y los beneficios alcanzados a lo largo de doce años de aplicación de esta medida, hasta fines de 2007, eran del orden de 13,542 GWh acumulados de consumo [29].

#### ***El programa de ahorro de energía en inmuebles de la Administración Pública Federal***

Este es un programa obligatorio que se establece en 1999 para los inmuebles más grandes de la Administración Pública Federal y que opera la Conae. Para el año 2006 se había incorporado a más de 2,000 edificios públicos. El programa, que hace obligatorio el informe sobre la evolución de los consumos eléctricos de los inmuebles y de las medidas realizadas, ahorra cada año cerca de 211 GWh de consumo de electricidad [30].

#### ***ASI***

Este programa se aboca al financiamiento de la instalación masiva de aislamiento térmico, así como de equipos eficientes, tales como aires acondicionados, refrigeradores y lámparas compactas fluorescentes en casas de usuarios con altos consumos de Mexicali, Baja California. Los créditos otorgados por el FIPATERM en forma acumulada hasta el primer trimestre de 2004, ascendieron a 94 mil.

#### ***ILUMEX***

Bajo el liderazgo de CFE y con el apoyo del *Global Environmental Facility* (GEF) del Banco Mundial, se diseñó e implantó en México, en 1995, un programa de gran alcance, orientado a la instalación de lámparas compactas fluorescentes, que se aplicó en Jalisco y Nuevo León. Como resultado de este programa, se instalaron más de dos y medio millones de lámparas compactas fluorescentes, con lo que se logró un ahorro de más de 300 millones de kWh y una reducción significativa de gases de efecto invernadero [31].

## Programa de Incentivos de FIDE

Este es un programa que contó con recursos provenientes de un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que se utilizaron para otorgar bonificaciones económicas a los usuarios que adquirieran tecnologías de alta eficiencia. Con este programa se logró transformar el 100% del mercado de motores trifásicos de inducción, el 40% de los sistemas de iluminación (lámparas fluorescentes tipo T-8 y balastos de bajas pérdidas) y el 80% de los equipos de aire comprimido con capacidades mayores a 20 HP [32].

## 2. Energías renovables

Información de la Secretaría de Energía indica que en el año 2007 se generaron 27,042 GWh como hidroelectricidad y 7,704 GWh en plantas geotérmicas [5]. La energía eólica tuvo en el mismo año una participación menor, con una generación de 248 GWh.

A su vez, de acuerdo con cifras oficiales de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), en febrero de 2009 se tenía un total de 87 permisos para generación privada que aprovechan energías renovables, equivalentes a 2,263.5 MW (Tabla 6) [33].

**Tabla 6. Permisos para plantas con energías renovables**

<i>Estado</i>	<i>No</i>	<i>Capacidad (MW)</i>	<i>Promedio por planta (MW)</i>
En operación	14	135.5	9.6
En construcción	21	1,641.7	78.2
Híbridos <sup>1</sup>	50	463.7 <sup>2</sup>	0.8
Inactivos	2	22.6	11.2
<b>TOTAL</b>	<b>87</b>	<b>2,263.5</b>	<b>26.0</b>

<sup>1</sup> Proyectos que aprovechan parcialmente energías renovables y combustibles fósiles. Todos estos proyectos se encuentran en operación.

<sup>2</sup> Al no tener datos detallados sobre la capacidad en energías renovables y combustibles fósiles de estos proyectos, se considera un 50% de energías renovables.

En este total se consideran los permisos que utilizan parcialmente energías renovables (bagazo de caña, agua y biogás) y combustibles fósiles (combustóleo, diésel o gas natural).

Asimismo, en términos de aprovechamiento por tecnología, las cifras oficiales dan cuenta de lo siguiente:

- Energía eólica. Como se ha referido, la CFE tiene en operación dos centrales eolieléctricas para un total de 85.48 MW de capacidad en La Venta, Oaxaca. En Guerrero Negro, en la península de Baja California, opera desde diciembre de 1998 una central eólica con una capacidad de 600 kW [6]. Asimismo, en algunos estados de la República, tales como Chihuahua y Sonora, se utilizan sistemas eólicos para bombeo mecánico de agua.
- Minihidráulica. Aparte de los permisos para el sector privado antes referidos, en México existen minicentrales en operación de la CFE y Luz y Fuerza del Centro. Su potencia conjunta asciende a 36.78 MW, con una generación estimada en 125.65 GWh [5].
- Geotermia. La capacidad instalada de este rubro es de 960 MW, principalmente, en Baja California, donde el campo Cerro Prieto (720 MW) representa el 75% de la capacidad de generación [34]. El restante 25% está localizado en los estados de Michoacán (Los Azufres, con 194.5 MW), Puebla y Baja California Sur.

Sistemas fotovoltaicos. Según el Balance Nacional de Energía 2004, para ese año se tenían instalados 16.1 MW [35].

### 3. Cogeneración y autoabastecimiento

Para febrero de 2008, la CRE reporta 737 permisos para generación privada de energía eléctrica, con una capacidad total de 24,717 MW (incluyendo productores independientes que venden toda su energía y capacidad a la CFE y los relativos a importación y exportación de energía eléctrica). De este total, la mayor parte de los permisos (620) corresponden a plantas de cogeneración y autoabastecimiento, por un total de 8,609 MW [33].

#### **Cogeneración**

En cuanto a cogeneración, la CRE reporta 57 permisos para 2,845 MW (Tabla 7) [33].

**Tabla 7. Permisos para cogeneración registrados a febrero de 2008**

<i>Estado</i>	<i>No</i>	<i>Capacidad (MW)</i>	<i>Promedio por planta (MW)</i>
En operación	37	1,447	39.1
En construcción	4	98	24.5
Pemex	15	1,185	79
Inactivos	1	115	114.5
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>2,845</b>	<b>49.9</b>

Fuente: CRE 2008 [33]

Es importante señalar que siete de los permisos (por 550 MW) corresponden a plantas que ya operaban en 1992, es decir, que no fueron instaladas en función de los cambios a la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica que entraron en vigor ese año. Por lo mismo, del total de plantas de cogeneración, lo que corresponde a las que entraron en funcionamiento desde la expedición de dicha Ley, es de 1,655 MW.

También debe puntualizarse que 15 permisos por 1,185 MW son para plantas de Pemex, que se registraron como de cogeneración en 2008. La mayoría de estas plantas operaba con permisos de autoabastecimiento y se cambiaron a la modalidad de cogeneración para aprovechar las modificaciones a leyes relacionadas con Pemex, y le han permitido formalizar su conexión a CFE y realizar la venta de excedentes a ésta última (lo cual es posible con los permisos de cogeneración). Esto significa que, en realidad, las plantas de cogeneración instaladas de permisionarios privados, a partir de la ley de 1992, es poco mayor a 1,700 MW (de un potencial de hasta 15,000 MW que la Conae estimó en 1996) [36].

#### **Autoabastecimiento**

En lo que corresponde a autoabastecimiento, se tenían registrados 563 permisos (febrero de 2008) para una capacidad total de 5,764 MW y una capacidad promedio de 10.2 MW por permiso (Tabla 8) [33].

**Tabla 8. Permisos para autoabastecimiento registrados en 2007**

<i>Estado</i>	<i>No</i>	<i>Capacidad (MW)</i>	<i>Promedio por planta (MW)</i>
En operación	525	3,731	7.1
En construcción	32	2,007	24.5
Inactivos	6	26	4.5
<b>TOTAL</b>	<b>563</b>	<b>5,764</b>	<b>10.2</b>

Sin embargo, sólo 65% (3,731 MW) de esa capacidad se encontraba en operación. De las plantas “en construcción” o “por iniciar obras”, 1,175 MW corresponden a proyectos eólicos que no se han podido desarrollar.

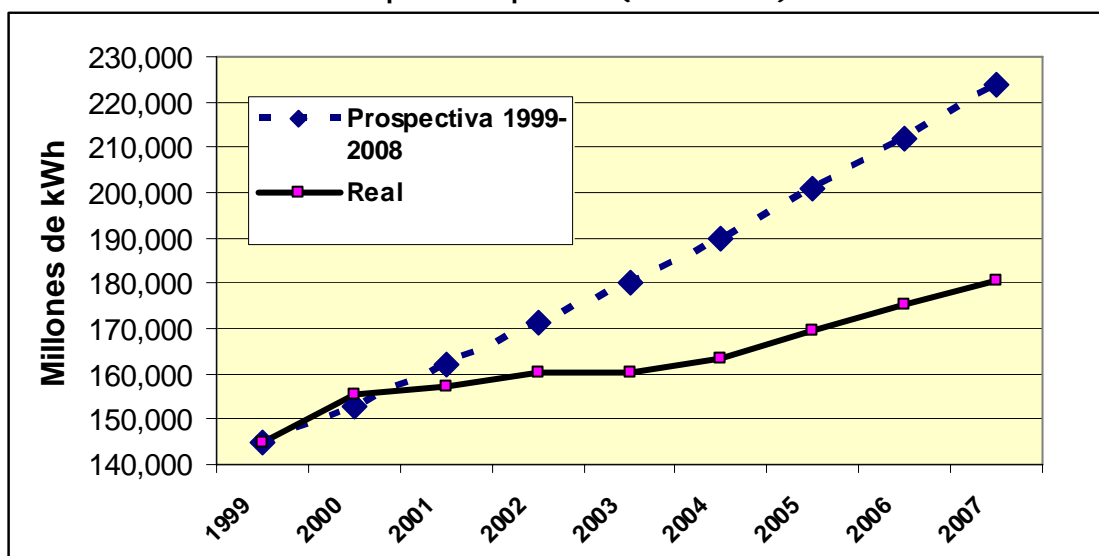
Un dato que también debe resaltarse es el de la capacidad promedio de las plantas en construcción (de 24.5 MW/permiso), el cual es tres veces mayor que el de las plantas en operación (7.1 MW/permiso). Igualmente, que 61 de los permisos (por 1,043 MW) pertenecen a plantas operando antes de 1992.

#### 4. Impactos globales

Los impactos globales de algunas de las acciones arriba señaladas han sido importantes y se reflejan en los datos globales del sector eléctrico nacional.

En particular, los valores estimados de consumo de electricidad para 2007 calculados en 1998 (cuando apenas entraban en funcionamiento las NOM de eficiencia energética), resultaron cerca de 20% mayores a lo que finalmente se consumió en el país (Fig. 14).

**Figura 14. Crecimiento programado en 1998 y crecimiento real del consumo de energía eléctrica para uso público (1999-2007).**



Fuente: Elaboración de ENTE, S.C., con base en las Prospectivas del Sector Eléctrico 1999-2008 y 2007-2017 [7] y datos de la CFE.

Además de los efectos de los programas de ahorro de energía y del aumento en la generación que no es para servicio público (autoabastecimiento), este menor crecimiento del consumo de energía se debió a un crecimiento económico también menor al esperado.

## VI. Co-beneficios de las acciones de mitigación en el sector eléctrico.

Las políticas y medidas destinadas a mitigar gases de efecto invernadero pueden aportar otros beneficios y costos sociales (también llamados subsidiarios o co-beneficios y costos). Diversos estudios han emprendido análisis para evaluar esos impactos.

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el término *co-beneficio* se refiere a aquellos beneficios de las políticas que son implementadas por varias razones al mismo tiempo –incluyendo la mitigación del cambio climático. El término *co-impacto* también es utilizado en un sentido más genérico para cubrir los lados positivos y negativos de los beneficios.

Asimismo y aun cuando se puede percibir de manera evidente que la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> globales es el principal motor para llevar a cabo acciones orientadas a mitigar el cambio climático, sus efectos tienen igual relevancia en lo que se refiere a disminución de contaminantes locales.

Ahora bien, en términos de las acciones para la reducción de emisiones en el sector eléctrico, el análisis de co-beneficios resulta complicado, en tanto que la mayor parte de la electricidad generada para uso final ocurre fuera de la zona de consumo. No obstante, hemos advertido en un capítulo anterior que los impactos ambientales, y en particular la emisión de gases contaminantes y partículas derivados de la generación de electricidad, se pueden ver reflejados en otras zonas más allá del área que circunda las centrales de generación, a pesar de que no sean cuantificables ni medibles con precisión.

Por ello, en una determinación de los co-beneficios de las acciones de mitigación por reducción del consumo de energía eléctrica o por eficiencia energética, es posible que la disminución de contaminantes locales (particularmente en el aire bajo la forma de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub>) resulte menor a la de otras medidas, como la mitigación en el sector transporte que sí tiene efectos directos sobre la contaminación local del aire.

Dicho lo anterior, podemos definir los siguientes tipos de co-beneficios asociados a las acciones de mitigación del sector eléctrico:

- **Por la contaminación derivada de la operación de centrales convencionales y generación de electricidad**, partiendo del hecho de que se reducirá el consumo de combustibles fósiles para la generación de electricidad y, por ende, las emisiones de otros gases contaminantes y partículas.
  - Disminución de la lluvia ácida.
  - Menos smog fotoquímico.
  - Reducción en los efectos para la salud humana, particularmente en enfermedades respiratorias y cardiopatías.
  - Menor contaminación del agua, tanto en la operación de las plantas como en la contaminación de ecosistemas acuáticos.
  - Disminución de los efectos adversos para ecosistemas vegetales y animales, derivados de la menor absorción de emisiones contaminantes.

- **Económicos**, considerando que la implementación de medidas y políticas de mitigación, particularmente el uso de tecnologías que permiten la eficiencia energética en equipos y sistemas de uso final de energía, trae consigo el ahorro en términos de reducción de los costos para usuarios finales por concepto de la factura eléctrica.
  - En sectores productivos.
  - En el sector residencial.
  - En el sector comercial y de servicios.
- **En la seguridad en el suministro de energía**, por la diversificación de fuentes de energía para la generación de electricidad.
- **En la generación de empleos**, por la integración en la cadena productiva nacional de empresas de servicios y fabricación de equipos y sistemas eficientes en el uso de electricidad y para la generación de energía eléctrica aprovechando energías renovables.
- **En la productividad y competitividad de sectores industriales y comerciales**, por el aprovechamiento de oportunidades de cogeneración y autoabastecimiento, incluyendo la utilización de energías renovables en procesos intensivos de uso de electricidad, así como en:
  - La reducción de la “huella de carbono” de las empresas.
  - En la disminución de la vulnerabilidad regulatoria asociada con el castigo a productos con alto contenido de carbono en ciertos mercados de exportación, como la Unión Europea.

## VII. Mejores prácticas en políticas públicas.

Es importante considerar, como referencia para la propuesta de políticas públicas, lo que la experiencia internacional recomienda.

### *Energías renovables*

En particular, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) ha generado un conjunto de recomendaciones de política que pueden ser implementadas de manera sectorial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, en lo que corresponde a la oferta de energía (Tabla 9a).

**Tabla 9a. Políticas, medidas e instrumentos que han mostrado ser efectivos desde una perspectiva ambiental (IPCC)**

Sector	Acciones	Restricciones u oportunidades en México
Oferta de energía	Reducción de los subsidios a los combustibles fósiles	Depende del Gobierno Federal
	Impuestos o cargos por carbono a combustibles fósiles	Pudiesen ser aplicados localmente
	Tarifas de compra (feed-in tariffs) para tecnologías de energía renovable	Dependen del Gobierno Federal
	Obligaciones de energía renovable	
	Subsidios a los productores	
Manejo de residuos	Obligaciones o incentivos al uso de energía renovable	Dependen del Gobierno Federal

Fuente: IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

De manera general, para ampliar el aprovechamiento de las energías renovables en la generación de electricidad se identifican cuatro categorías de instrumentos aplicados en diversas partes del mundo, las cuales se describen brevemente a continuación.

- *Portafolio Estándar de Energías Renovables.* Este instrumento—conocido en inglés como *Renewable Portfolio Standard*—es uno de los más comunes en mercados eléctricos reestructurados en los Estados Unidos, y consiste en la obligación, para los distribuidores de energía eléctrica, de que un porcentaje mínimo de toda la energía eléctrica vendida al menudeo provenga de energía renovable [37]. De esta manera, las empresas distribuidoras tienen que establecer contratos de largo plazo con generadores de energía renovable o, a través de un sistema dentro del universo de empresas eléctricas en el territorio de un país, comprar certificados intercambiables que sirven para acreditar el cumplimiento del porcentaje.
- *Cargos a usuarios para fondos de fomento.* En este caso, el instrumento es un cargo obligatorio, ya sea fijo o por unidad consumida (kWh), que es aplicado a todos los usuarios de un sistema eléctrico. Los recursos recaudados a través de ese cargo son integrados a un fondo que es utilizado para cubrir una parte del costo de producción de energías renovables o para otros elementos de fomento definidos por la autoridad que maneja el fondo [38]. Generalmente, se utilizan para dar incentivos por producción a los generadores. Este es el instrumento que se aplica en California, Estados Unidos.

- Sobreprecio con obligación de compra de renovables. Es un instrumento utilizado en Europa, por medio del cual las empresas distribuidoras compran a un precio más elevado la electricidad generada con ER. Este precio más elevado se establece por la autoridad como un sobreprecio, que es un porcentaje del precio promedio de la electricidad en el mercado [38]. Esto va acompañado por la obligación para las empresas distribuidoras de comprar toda la energía que se hace disponible a la red, es decir, no hay límite para la energía comprada. Este sobreprecio puede variar de acuerdo con la forma de energía renovable.
- Precio Verde. Se basa en las preferencias de los usuarios finales de electricidad y consiste en que éstos paguen el costo total de la energía eléctrica que ellos deciden comprar como energía renovable [38].

También se considera como una posible categoría de acciones las que tienen que ver con el desacoplamiento de las ganancias de las empresas eléctricas del crecimiento de sus ventas.

En Estados Unidos, donde las empresas eléctricas privadas son reguladas en los ámbitos estatales por comisiones específicas, se han desarrollado mecanismos para que el beneficio que representa el ahorro de energía para la sociedad, vaya acompañado de algún tipo de incentivo a la empresa eléctrica.

De acuerdo con un informe del *American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE)*, publicado en octubre de 2006, hay tres preocupaciones financieras para las empresas eléctricas al cubrir costos y operar programas de ahorro de energía [39]:

- (1) Asegurar la recuperación de los costos directos de los programas.
- (2) Enfrentar los incentivos negativos de “ingresos perdidos”, que resultan de las mejoras en la eficiencia energética de los equipos de los usuarios.
- (3) Lograr que los accionistas de la empresa ganen porque los programas de ahorro de energía se lleven a cabo exitosamente.

En este contexto, la primera preocupación se resuelve con un aumento de las tarifas, ya sea explícitamente (con un cargo especial) o integrado en la tarifa global.

Para la segunda preocupación (relativa a los “ingresos perdidos”), las formas de resolverlo son más complejas. Una de ellas consiste en que se les pague directamente a las empresas eléctricas lo que no han ganado. Esto es lo que, de alguna manera, hace la SHCP y el Congreso de la Unión cuando le dan presupuesto adicional a la CFE.

Es la tercera preocupación (lograr que los accionistas de la empresa ganen por los programas de ahorro de energía) la que ha dado lugar a los mecanismos más efectivos. De los más comunes — aplicados por las comisiones reguladoras estatales en Estados Unidos — resaltan [39]:

- Permitir que las empresas recuperen la inversión que hacen en los programas de ahorro, mediante una tasa de retorno equivalente a la que tienen por inversiones en capital orientadas a la oferta.
- Permitir a la empresa eléctrica mantener parte de la ganancia de las medidas de ahorro de energía realizadas junto con los usuarios.

- Reconocer económicamente el cumplimiento de metas de ahorro (y, en su caso, castigar el incumplimiento).

### **Ahorro de energía**

A su vez, en el tema de ahorro de energía, el IPCC ha generado también un conjunto de recomendaciones de política (Tabla 9b).

**Tabla 9b. Políticas, medidas e instrumentos que han mostrado ser efectivos desde una perspectiva ambiental (IPCC)**

<b>Sector</b>	<b>Acciones</b>	<b>Restricciones u oportunidades en México</b>
<b>Edificios (sector residencial y comercial)</b>	Normas y etiquetado para electrodomésticos	Ya existen y dependen del Gobierno Federal, pero pueden ser utilizadas localmente para compras
	Reglamentos de construcción y certificación	Hay una norma federal, pero su aplicación incumbe a los gobiernos locales
	Programas de administración por el lado de la demanda	De clara aplicación a nivel local
	Programas de liderazgo del sector público, incluyendo compras	De clara aplicación en los ámbitos nacional y local
	Incentivos para empresas de servicios energéticos (ESCOs)	Aplicables localmente
<b>Industria</b>	Provisión de información de referencia (benchmarks)	Aplicable localmente
	Estándares de desempeño	Aplicables localmente
	Subsidios y créditos fiscales	Aplicables localmente
	Permisos de emisión intercambiables	Dependen del Gobierno Federal
	Acuerdos voluntarios	De clara aplicación a nivel local
<b>Manejo de residuos</b>	Obligaciones o incentivos al uso de energía renovable	Dependen del Gobierno Federal

Fuente: IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

## VIII. Barreras a la implementación de acciones de mitigación.

Un elemento esencial en la implementación de acciones y políticas de mitigación tiene que ver con la identificación de las barreras económicas, institucionales o políticas, que es preciso remover a fin de lograr una aplicación efectiva de dichas medidas.

En México se ha identificado un conjunto de barreras que inciden sobre el ahorro de energía y el aprovechamiento de las energías renovables. A continuación se da una descripción general de estas barreras.

### 1. Ahorro de energía

- Precios de la energía que no reflejan sus verdaderos costos. Las políticas de precios establecidas por el Gobierno Federal otorgan subsidios a ciertos sectores, en particular al agrícola (para bombeo de agua) y el residencial (en electricidad para regiones de clima cálido). Estos subsidios llegan a representar más de 50% del costo real, lo que hace que la rentabilidad de posibles medidas de ahorro de energía se reduzca a niveles de rentabilidad poco aceptables por los usuarios de energía.
- Altos costos de transacción (reales y percibidos). Para saber qué inversiones hacer para ahorrar energía, es preciso realizar algún tipo de diagnóstico energético, que permita cuantificar las inversiones necesarias y los ahorros que resultarían de esas inversiones. Efectuar estos estudios tiene un costo—costo de transacción—que, muchas veces, es relativamente alto con relación a las expectativas de ahorro, por lo que es común que este importante paso—que lleva a iniciar el proceso para ahorrar energía—no se dé.
- Desconocimiento y desconfianza en la tecnología. A pesar de que existe una gran variedad de posibles medidas de ahorro de energía con calidad y resultados evidentes, los posibles usuarios de estas tecnologías desconocen sus posibilidades, lo que los hace escépticos ante la oferta de las mismas en el mercado. A esto se añade el hecho de que en el mercado suele haber proveedores de tecnologías que ofrecen resultados extraordinarios, pero que sólo realizan algún tipo de fraude, lo que genera desconfianza sobre aquellas tecnologías que sí cumplen con lo que ofrecen.
- Poco desarrollo de mercados financieros asociados al ahorro de energía. A pesar de la rentabilidad de muchas medidas de ahorro de energía y del volumen que pudiese tener un mercado financiero relacionado, en México no existen ventanillas especializadas en los bancos para este tipo de proyectos. En buena medida, esto se debe a que, con frecuencia, las medidas son de poco valor relativo y los posibles intermediarios—que agregan proyectos para obtener financiamientos a niveles aceptables por los bancos—no se han desarrollado en México.
- Predominio del interés del que construye sobre el que opera. Una barrera muy común estriba en el hecho de que los usuarios de energía dan prioridad a tener el servicio energético sobre el hacerlo más eficiente. Esto es muy claro en empresas industriales, pero también se refleja en todo tipo de usuarios, por lo que la atención al ahorro de energía sólo aparece cuando se presentan aumentos significativos en los precios de los energéticos, existen problemas de capacidad o hay que cumplir con alguna normatividad ambiental que tiene que ver con la quema de combustibles.

### 2. Energía renovable

- Altos costos de transacción para proyectos de energías renovables. Los proyectos de

aprovechamiento de energías renovables se enfrentan a costos relativamente mayores de desarrollo que los convencionales a partir de combustibles fósiles. Esto se debe, entre otras razones, a que: (1) aun cuando muchos de los proyectos de energías renovables son pequeños, tienen que cumplir el mismo conjunto de trámites que los de mayor escala; (2) las evaluaciones de impacto ambiental son más complejas que las de proyectos que utilizan combustibles fósiles, ya que los de energías renovables ocupan extensiones amplias, con variedades de flora y fauna que deben ser consideradas en las evaluaciones; y (3) hay poca experiencia para este tipo de evaluaciones (y, por lo mismo, una alta discrecionalidad en los términos de la realización de las mismas).

- Altos costos de porteo en niveles de transmisión y distribución. Actualmente, los costos de porteo para pequeños proyectos son elevados.
- Pagos por energía vendida a la red, basados en costos marginales de corto plazo. Los costos marginales de corto plazo sólo reflejan los de operación del sistema y no los de nuevas inversiones, por lo que sus valores no son atractivos para quienes invierten en proyectos que tienen excedentes que pueden ser entregados a la red.
- Discrecionalidad en trámites y permisos de interconexión, que frecuentemente imponen requerimientos desproporcionados e injustos con cargo al desarrollador. Existen ejemplos de costos elevados, como resultado de requisitos de infraestructura, exigidos por las empresas eléctricas y mucho mayores de lo necesario.
- Falta de infraestructura para la evacuación de la energía cuando los centros de consumo están ubicados lejos de los sitios con potencial para generación con energía renovable. En una fracción importante de casos, la infraestructura de transmisión no coincide con la localización de los recursos de energía renovable, por lo que esto se vuelve un cuello de botella.
- Insuficiente información sobre los recursos de energías renovables. La falta de datos confiables, precisos y a partir de series de tiempo de unos cuantos años, son una barrera muy importante para proyectos de ER ya que, al aumentar la incertidumbre sobre la disponibilidad y calidad de la “materia prima” de estos proyectos, crece también su riesgo financiero y, por lo tanto, el pago de intereses y la rentabilidad del proyecto.
- Precios de los energéticos que no reflejan todos sus costos. En México se vende la electricidad, por debajo de su costo real, a usuarios residenciales y agrícolas, lo cual reduce notablemente la rentabilidad (desde la perspectiva del usuario) en proyectos realizados en esos sectores.
- Incertidumbre en los precios de los energéticos. Por un lado, las fuertes variaciones de los precios de los combustibles fósiles alimentan la incertidumbre en la toma de decisiones de largo plazo para proyectos de energías renovables, además del impacto negativo en las condiciones de su financiamiento. Por otro lado, los cambios en las tarifas eléctricas, en particular las horarias, también traen consigo incertidumbre a las corridas financieras de los proyectos de autoabastecimiento de electricidad.
- La preeminencia, en los hechos, de la política energética sobre la política ambiental. En México, la política energética está, en los hechos, por encima de la política ambiental, en particular porque, a final de cuentas, la primera busca reducir costos que permitan el desarrollo económico, que es una prioridad por encima de la necesidad de cubrir los pasivos ambientales de ese desarrollo.

- Tendencia a privilegiar la extensión de la red sobre el aprovechamiento de energías renovables. Es un hecho reconocido que, para muchos puntos donde actualmente no se cuenta con servicio eléctrico, resulta más barato acceder a energía eléctrica generada mediante sistemas aislados que funcionan con energías renovables, que a partir de una extensión de la red centralizada. No obstante, quienes toman las decisiones de electrificación rural siguen privilegiando la extensión de la red, porque esa es la capacidad técnica de la que disponen y consideran que constituye la alternativa más económica, en vez de aprovechar las ER.
- Poco desarrollo de cadenas de suministro y servicio de sistemas que aprovechan la energía renovable en zonas fuera de la red eléctrica. En México no existe suficiente capacidad en cadenas de suministro y servicio de sistemas aislados, lo cual ha sido un factor para encarecer y/o impedir el desarrollo de proyectos técnicamente sustentables.

### 3. Cogeneración y autoabastecimiento

- Excedentes de energía sujetos a despacho. Las bases generales de las reglas del despacho de la CFE — que establecen la compra de lo más barato - , las condiciones propias de los procesos de los usuarios que pueden tener excedentes — y que tienen procesos continuos—, así como los precios a los que pueden ofrecer los excedentes — que son relativamente altos como para poder competir con las plantas más baratas —, hacen que, en los hechos, la gran mayoría de los proyectos de cogeneración no consideren la posibilidad de tener excedentes para la red, lo que, generalmente, reduce su tamaño y los convierte en proyectos de autoabastecimiento.
- Pagos por energía vendida a la red basados en costos marginales de costo plazo. De los excedentes de la cogeneración sólo se paga por energía y con un precio basado en una fracción de los costos marginales de corto plazo, lo que hace poco atractivo el invertir para tener excedentes.
- Incertidumbre en tarifas eléctricas. Las tarifas eléctricas están sujetas a cambios que son definidos por el Gobierno Federal y que se realizan en función de las necesidades de la propia CFE o de políticas de apoyo a los usuarios finales, sin considerar los efectos que pueden tener sobre los proyectos de cogeneración y autoabastecimiento.
- Incertidumbre en suministro y precio del gas natural. El hecho de que México sea hoy deficitario en gas natural y que dependa del suministro de regiones con alta volatilidad de precios, da lugar a una gran incertidumbre que afecta las decisiones de inversión en proyectos que utilizan este combustible, cuyo uso es muy común en los de cogeneración.
- La Ley no permite compraventa entre particulares. Esto significa que quienes tienen proyectos de autoabastecimiento y cogeneración no pueden comercializar libremente sus excedentes de energía eléctrica.

## IX. Opciones de política pública.

ENTE identificó el siguiente conjunto de propuestas, que permitirían aplicar políticas de mitigación en el sector eléctrico y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en este importante sector:

- **Utilizar los subsidios a la energía para invertir en equipos y materiales más eficientes.** Los subsidios que el Gobierno Federal otorga a los consumidores finales son de un orden cercano a los 130 mil millones de pesos [7]. Este monto de recursos, que es significativo (particularmente, en el sector residencial, que es al que se asigna más de la mitad del total de subsidios) sólo fomenta el desperdicio ya que no da una señal correcta a esos usuarios. Así, esos subsidios pueden ser aprovechados para invertir en eficiencia, no para pagar el desperdicio de energía.
- **Establecer un régimen de incentivos para el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de energías renovables.** Con base en las mejores prácticas internacionales y a través de leyes y sus respectivos reglamentos, aplicar un conjunto de incentivos que promueva y facilite el aprovechamiento de energías renovables para la generación de electricidad.
- **Fortalecer y ampliar la normalización para la eficiencia energética en inmuebles (residenciales y no residenciales).** Actualmente, el tipo de instalaciones que determinan el crecimiento y el comportamiento de la demanda eléctrica son los espacios construidos (que utilizan energía, principalmente, para iluminación y confort) y que permanecen operando más de 30 años. El no poner algún tipo de límite a los malos diseños sólo compromete, durante esos 30 años, un uso ineficiente e innecesario de energía.
- **Apoyar las inversiones en infraestructura de transmisión, que permitan el aprovechamiento de grandes reservas de energía renovable.** Más allá de subsidios, los proyectos eólicos de autoabastecimiento estarían mejor apoyados con inversiones públicas en infraestructura para “exportar” la energía excedente de las zonas de producción a los centros de consumo (como es el caso de La Ventosa en Oaxaca).
- **Fomentar la cogeneración y trabajar en el desarrollo de las reglas y la infraestructura para la generación distribuida.** Hoy día, la generación in-situ, que puede ser por cogeneración o por energías renovables, puede ser mucho más económica que la generación centralizada y transportada a grandes distancias. Igualmente, la generación in-situ puede apoyar a reducir pérdidas y mejorar la calidad de la energía eléctrica en zonas de alta concentración de usuarios. Sin embargo, el sistema eléctrico no está equipado para aprovecharla y hay que establecer las normas técnicas y la infraestructura para lograrlo.
- **Utilizar el poder de compra del gobierno (federal, estatal y municipal) para desarrollar el mercado de productos y servicios relacionados con el ahorro de energía y energías renovables.** Así como se obliga a las instalaciones del gobierno federal a pagar tarifas 2.5 veces por arriba del resto de los usuarios, se puede obligar también a que los organismos y las dependencias gubernamentales compren equipos eficientes y/o que aprovechen energías renovables.
- **Apoyar el fortalecimiento de la capacidad institucional de las agencias responsables de promover el ahorro de energía eléctrica y el**

**aprovechamiento de energías renovables.** La definición de acciones de política de fomento para el ahorro de energía en el uso final, así como la promoción del aprovechamiento de los potenciales de energía renovable, descansan sobre una estructura institucional débil y con escasos recursos financieros. Por lo mismo, es preciso fortalecer la labor de instituciones como la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, la Comisión Reguladora de Energía y la propia Secretaría de Energía. Asimismo, es conveniente crear y fortalecer comisiones estatales con funciones de fomento y facilitación de programas y proyectos de aprovechamiento de energías renovables y uso eficiente de la energía.

- **Establecer fondos de garantía para proyectos de ahorro de energía basados en desempeño.** Las inversiones en ahorro de energía y su uso más eficiente son un buen negocio. A su vez, los retornos de la inversión dependen del desempeño de las medidas. Una forma de asegurar buenos proyectos son los contratos de desempeño, que pagan a terceros que invierten en las medidas en función de lo que se ahorra. Sin embargo, la banca comercial castiga plenamente la incertidumbre, lo cual afecta la rentabilidad de las medidas al demandar mayores retornos que en otras inversiones menos rentables (pero más seguras). Por lo tanto, el que el estado establezca fondos de garantía para este tipo de arreglos y proyectos puede reducir los costos, ampliar la rentabilidad de las medidas y, por lo mismo, ampliar significativamente el ahorro de energía.
- **Fomentar y establecer redes de productos y servicios que abaraten el aprovechamiento productivo de la energía renovable en el sector rural.** Extender la red eléctrica más allá de dos kilómetros es más caro que instalar un sistema fotovoltaico (que es la más cara de las alternativas de generación con energía renovable), así como crear redes de productos y servicios asociados a la tecnología de energía renovable, son acciones que podrían reducir su costo en forma significativa, lo que permitiría disponer de energía eléctrica más barata para usos productivos en el sector rural de México.
- **Establecer mecanismos que promuevan el desacoplamiento del crecimiento de la demanda de los ingresos de las empresas eléctricas.** Generar incentivos para que las empresas eléctricas promuevan y participen de las acciones de mitigación, a través de: (a) permitir que las empresas eléctricas recuperen la inversión que hacen en los programas de ahorro de energía con una tasa de retorno equivalente a la que tienen por inversiones orientadas a la oferta; (b) dejar que las empresas eléctricas mantengan parte de los ingresos generados por las medidas de ahorro de energía realizadas junto con los usuarios; y (c) reconocer económicamente el cumplimiento de metas de ahorro (y, en su caso, castigar el incumplimiento).

Todo lo anterior requiere del establecimiento y/o reforzamiento de un conjunto de instrumentos de política pública, que van desde la modificación de las tarifas eléctricas hasta cambios en la Ley de Servicio Público de la Energía Eléctrica (Tabla 11).

**Tabla 11. Acciones, actores e instrumentos de política propuestos.**

<b>No</b>	<b>Acciones</b>	<b>Actores responsables</b>	<b>Aliados</b>	<b>Instrumentos</b>
1	Utilizar los subsidios a la energía para invertir en equipos y materiales para un uso más eficiente de la misma.	SHCP y Sener	Fabricantes y distribuidores de materiales y equipos. Colegios de profesionistas. Grupos ambientalistas.	Tarifas eléctricas (1)
2	Establecer un régimen de incentivos para el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de energías renovables.	Congreso de la Unión, SHCP, Sener y CFE.	Desarrolladores de proyectos de energías renovables. Grupos ambientalistas.	Legislación
3	Fortalecer y ampliar la normalización para la eficiencia energética en inmuebles (residenciales y no residenciales).	Gobiernos municipales. Empresas eléctricas.	Sener y Conae Fabricantes y distribuidores de materiales y equipos. Colegios de profesionista.	Normas Oficiales Mexicanas. Reglamentos de construcción locales. Procedimientos administrativos. (2)
4	Apoyar las inversiones en infraestructura de transmisión, que permitan el aprovechamiento de grandes reservas de energía renovable.	Congreso de la Unión, SHCP, Sener y CFE.	Desarrolladores de proyectos de energías renovables. Gobiernos estatales y municipales. Grupos ambientalistas.	Ley del Presupuesto (3)
5	Fomentar la cogeneración y trabajar en el desarrollo de las reglas y la infraestructura para la generación distribuida.	SHCP, Sener y CRE.	Desarrolladores de proyectos de cogeneración y autoabastecimiento. Fabricantes de materiales y equipos eléctricos.	Leyes. Normas técnicas. Incentivos fiscales. (4)
6	Utilizar el poder de compra del gobierno (federal, estatal y municipal) para desarrollar el mercado de productos y servicios relacionados con el ahorro de energía y energías renovables.	Presidencia de la República, SHCP y SE.	Fabricantes y distribuidores de materiales y equipos. Desarrolladores de proyectos de aprovechamiento de energías renovables.	Decreto presidencial. (5)
7	Apoyar a los estados de la República a establecer las comisiones estatales, que promuevan la identificación y aprovechamiento de oportunidades de ahorro de energía y energías renovables.	Sener, Conae, Congreso de la Unión y gobiernos estatales.	Gobiernos estatales. Colegios de profesionistas.	Ley del Presupuesto. (6)
8	Establecer fondos de garantía para proyectos de ahorro de energía basados en desempeño.	Sener, SHCP y Conae.	Fabricantes y distribuidores de materiales y equipos. Colegios de profesionistas.	Fideicomisos.
9	Fomentar y establecer redes de productos y servicios, que abaraten el aprovechamiento productivo de la energía renovable en el sector rural.	Sener, SE y SAGARPA.	Fabricantes y distribuidores de materiales y equipos. Grupos ambientalistas. Empresas con gran capacidad de distribución (p. ej.: Bimbo y Coca Cola). ONGs orientadas al desarrollo rural.	Gestión gubernamental. Fideicomisos.
10	Establecer mecanismos que promuevan el desacoplamiento del crecimiento de la demanda de las ganancias de las empresas eléctricas.	Congreso de la Unión, SHCP y Sener.	Fabricantes y distribuidores de materiales y equipos.	Leyes y reglamentos.

(1) El Gobierno Federal -en particular, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público- es el principal actor responsable en la determinación de las tarifas eléctricas que aplican la CFE y LFC.

- (2) *Las NOM son emitidas por la Conae y se cumplen, a través de la autoridad local, en los procesos de autorización de obras nuevas y de contratos de conexión del servicio eléctrico.*
- (3) *El Congreso de la Unión, a propuesta del Ejecutivo Federal, puede asignar recursos para el desarrollo de infraestructura de transmisión.*
- (4) *El promover la cogeneración de manera cabal puede requerir la modificación de la Ley de Servicio Público de la Energía Eléctrica, pero también ser favorecido por la vía fiscal.*
- (5) *El Presidente de la República tiene la facultad de obligar a la Administración Pública Federal a cumplir con reglas específicas de compras.*
- (6) *Lo más adecuado sería que hubiese una partida presupuestal, manejada por el Gobierno Federal, que apoyase específicamente el desarrollo y funcionamiento de las comisiones estatales de energía.*

## **X. La reforma Energética de 2008, el ahorro de energía y las energías renovables.**

A partir de una serie de iniciativas de ley propuestas por el Ejecutivo Federal de México, ante el Congreso de la Unión, en particular el Senado de la República, se llevó a cabo un largo proceso de análisis del sector de la energía, que resultó en la creación o reforma de un total de siete leyes.

### **1.1. El proceso**

El proceso de trabajo de la Reforma Energética lo inició el Gobierno Federal en marzo de 2008 al presentar el documento "Diagnóstico: Situación de Pemex", el cual refiere que, a pesar de contar con los niveles de inversión más altos de su historia, Pemex pasó de ser la sexta empresa petrolera más importante del mundo en 2004, a ser la décima primera en 2007, y que el reto de la empresa no sólo es financiero, sino fundamentalmente operativo, tecnológico y de capacidad de ejecución [40].

A principios del mes de abril de 2008, el Presidente de la República presentó formalmente a la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión, su propuesta de Reforma Energética, la cual se orientó específicamente al sector del petróleo. Con esta propuesta, las Comisiones de Energía y de Estudios Legislativos del Senado de la República llevaron a cabo un proceso de análisis y discusión de la Reforma Energética, que incluyó una serie de foros públicos, donde se analizaron aspectos diversos de la propuesta del Ejecutivo en particular, pero también del sector energético en general.

Al finalizar las consultas, los principales partidos hicieron nuevas propuestas que complementaron la propuesta inicial e incluyeron aspectos relacionados con temas más allá de cuestiones particulares de la industria petrolera, específicamente referentes a las energías renovables y al "aprovechamiento sustentable" de la energía.

A finales de octubre de 2008, siete leyes fueron creadas o bien modificadas por el Congreso de la Unión

### **1.2. Los resultados**

Como resultado del proceso, se emitieron siete leyes, dos de ellas relacionadas con las energías renovables y el ahorro de energía:

- Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.
- Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.

### **1.3. La Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.**

Los aspectos más importantes de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía se anotan a continuación:

- Tiene como objeto propiciar un aprovechamiento sustentable de la energía mediante el uso óptimo de la misma en todos sus procesos y actividades, desde su explotación hasta su consumo (Artículo 1).

- Establece al aprovechamiento sustentable de la energía como “el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo, incluyendo la eficiencia energética” (Artículo 2).
- Refiere que el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía es el instrumento mediante el cual se establecerán estrategias, objetivos, acciones y metas que permitan alcanzar el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo, y que incluirá, al menos, estrategias, objetivos, acciones y metas tendientes a, entre otros (Artículos 6 y 7):
  - Prestar los bienes y servicios a cargo de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal con las mejores prácticas disponibles de eficiencia energética;
  - Elaborar y ejecutar programas permanentes, a través de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, para el aprovechamiento sustentable de la energía en sus bienes muebles e inmuebles y aplicar criterios de aprovechamiento sustentable de la energía en las adquisiciones, arrendamientos, obras y servicios que contraten;
  - Promover la aplicación de tecnologías y el uso de equipos, aparatos y vehículos eficientes energéticamente;
  - Establecer un programa de normalización para la eficiencia energética;
  - Procurar que la población cuente con información veraz y efectiva en relación con el consumo energético de, entre otros, los equipos, aparatos y vehículos que requieren del suministro de energía para su funcionamiento;
  - Formular una estrategia para la sustitución de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes ahorradoras de energía eléctrica.
- Establece que la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) es un órgano administrativo desconcentrado de la Sener, que tiene por objeto promover la eficiencia energética y constituirse como órgano de carácter técnico, en materia de aprovechamiento sustentable de la energía con las facultades siguientes, entre otras (Artículos 10 y 11):
  - Propiciar el uso óptimo de la energía, desde su explotación hasta su consumo;
  - Formular y emitir las metodologías para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero por la explotación, producción, transformación, distribución y consumo de energía, así como las emisiones evitadas debido a la incorporación de acciones para el aprovechamiento sustentable de la energía, para los efectos de esta Ley;
  - Formular y emitir las metodologías y procedimientos para cuantificar el uso de energéticos y determinar el valor económico del consumo y el de los procesos evitados derivados del aprovechamiento sustentable de la energía consumida;
  - Proponer a las dependencias la creación o revisión de las Normas Oficiales Mexicanas a fin de propiciar la eficiencia energética;
  - Implementar y actualizar la información de los fondos y fideicomisos que tengan por objeto apoyar el aprovechamiento sustentable de la energía y que hayan sido constituidos por el Gobierno Federal, reciban recursos federales o en los cuales el Gobierno Federal constituya garantías;

- Supervisar la ejecución de los procesos voluntarios que desarrollen los particulares para mejorar su eficiencia energética;
- Ordenar visitas de verificación, requerir la presentación de información y a las personas que realicen actividades relativas al aprovechamiento sustentable de energía, a fin de supervisar y vigilar, en el ámbito de su competencia, el cumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables;
- Imponer sanciones (multas de cien a mil veces el salario mínimo) a los usuarios con un patrón de alto consumo de energía) que no le proporcionen la información a que hace referencia la ley o que proporcionen información falsa o incompleta.

#### **1.4. La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.**

Los aspectos más importantes de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética se mencionan a continuación:

- La 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, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética (Artículo 1).
- Corresponde a la Secretaría de Energía, entre otras, las siguientes acciones (Artículos 6, 10 y 11):
  - Coordinar el Consejo Consultivo para las Energías Renovables, cuyo objetivo será conocer las opiniones de los diversos sectores vinculados a la materia.
  - Establecer y actualizar el Inventario Nacional de las Energías Renovables.
  - Elaborar una metodología para valorar las externalidades asociadas con la generación de electricidad, basada en energías renovables, en sus distintas escalas, así como las acciones de política relacionadas con dichas externalidades. A partir de esa metodología y acciones de política, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales diseñará mecanismos de regulación ambiental para el aprovechamiento de energías renovables.
  - Elaborar y coordinar la ejecución del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables, para lo cual deberá:
    - establecer objetivos y metas específicas para el aprovechamiento de energías renovables, así como definir las estrategias y acciones necesarias para alcanzarlas;
    - establecer metas (expresadas en términos de porcentajes mínimos de capacidad instalada y porcentajes mínimos de suministro eléctrico) de participación de las energías renovables en la generación de electricidad;
    - incluir la construcción de las obras de infraestructura eléctrica necesarias para que los proyectos de energías renovables se puedan interconectar con el Sistema Eléctrico Nacional;
    - incluir en las metas la mayor diversidad posible de energías renovables, tomando en cuenta su disponibilidad en las distintas regiones del país y los ciclos naturales de dichas fuentes.

- Corresponden a la Comisión Reguladora de Energía, entre otras, las siguientes atribuciones (Artículos 7 y 14):
  - Expedir las normas, directivas, metodologías y demás disposiciones de carácter administrativo que regulen la generación de electricidad a partir de energías renovables.
  - Establecer los instrumentos de regulación para el cálculo de las contraprestaciones por los servicios que se presten entre sí los Suministradores y los Generadores.
  - Solicitar al Suministrador la revisión y, en su caso, la modificación de las reglas de despacho y solicitar al Centro Nacional de Control de Energía la adecuación de las mismas
  - Expedir las metodologías para determinar la aportación de capacidad de generación de las tecnologías de energías renovables al Sistema Eléctrico Nacional y las reglas generales de interconexión al mismo.
  - Expedir los procedimientos de intercambio de energía y los sistemas correspondientes de compensaciones, para todos los proyectos y sistemas de autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción por energías renovables, que estén conectados con las redes del Sistema Eléctrico Nacional.
  - Determinar las contraprestaciones máximas (por los costos derivados de la capacidad de generación y por la generación de energía asociada al proyecto), que pagarán los Suministradores a los Generadores que utilicen energías renovables.
  - Expedir las directrices a que se sujetarán los modelos de contrato entre los Suministradores y los Generadores que utilicen energías renovables.
- Sobre los arreglos entre los Generadores y los Suministradores (las empresas estatales), se expresa (Artículos 16 a 20):
  - El Sistema Eléctrico Nacional recibirá la electricidad producida con energías renovables excedentes de proyectos de autoabastecimiento o por proyectos de cogeneración de electricidad, de conformidad con lo establecido en el artículo 36 bis de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y conforme a lo señalado en la Ley.
  - Los Suministradores recibirán los excedentes razonables de conformidad con las condiciones de operación y de economía del sistema eléctrico, así como de distribución geográfica y de variabilidad en el tiempo de las distintas tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables. Las contraprestaciones se fijarán de acuerdo con la metodología que a tal efecto apruebe la CRE.
  - Los Suministradores deberán celebrar contratos de largo plazo con los Generadores que utilizan energías renovables que cuenten con un permiso de la CRE.
- En cuanto a la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía:
  - Tendrá como objetivo primordial promover la utilización, el desarrollo y la inversión en las energías renovables y la eficiencia energética, y se establece como el mecanismo mediante el cual el Estado Mexicano impulsará las políticas, programas, acciones y proyectos encaminados a conseguir una

mayor utilización y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias, promover la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de México de los hidrocarburos como fuente primaria de energía (Artículos 22 y 23) .

- Con relación al Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía:
  - En el Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2009, se destinarán tres mil millones de pesos para el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (Transitorio Undécimo).
  - Contará con un comité técnico que emitirá las reglas para su administración, asignación y distribución de los recursos, con el fin de promover los objetivos de la Estrategia. Estos recursos pueden tener el carácter de no recuperables para el otorgamiento de garantías de crédito u otro tipo de apoyos financieros para los proyectos (Artículo 27).

### **1.5. Una perspectiva sobre la Reforma Energética en lo que corresponde a las leyes que buscan la transición energética.**

En general, es loable que se haya incluido propuestas con el propósito de buscar una transición energética para México.

Igualmente, que se haya:

- (1) establecido un fondo de recursos públicos;
- (2) establecido la obligación de definir metas;
- (3) considerado el incluir la construcción de las obras de infraestructura eléctrica necesarias para que los proyectos de energías renovables se puedan interconectar con el Sistema Eléctrico Nacional; y
- (4) obligado a modificar las reglas de despacho;
- (5) obligado a los monopolios estatales a recibir la electricidad producida con energías renovables excedentes de proyectos de autoabastecimiento o por proyectos de cogeneración de electricidad

Sin embargo, se considera que lo siguiente no es, quizá, lo más adecuado:

- (1) que las metas se vayan a plasmar en un reglamento;
- (2) que las contraprestaciones, al parecer, se determinen caso por caso;
- (3) que sólo se realice el cálculo de externalidades de los proyectos de energías renovables (y no de los proyectos convencionales en operación);
- (4) que, en ahorro de energía, haya un énfasis en la fiscalización y no en el fomento y en la asistencia técnica; y
- (5) que no quede claro quiénes son los sujetos de los posibles incentivos.

## XI. Una propuesta de programa de acción.

En función de lo antes descrito, se plantea un plan de acción con objetivo, metas y acciones específicas.

### 1. Objetivo

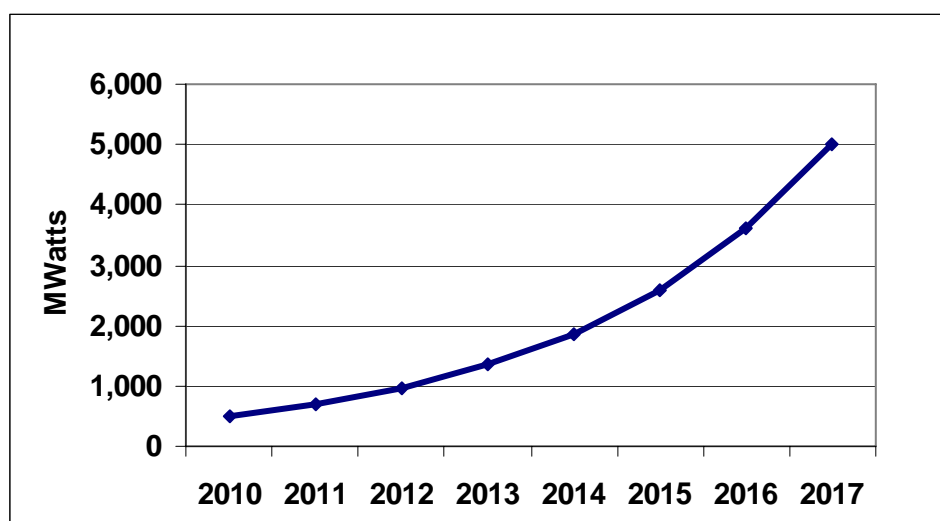
El objetivo de este programa de acción será el de reducir la tasa de crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector eléctrico de México.

### 2. Metas

Las metas del programa son dos:

- **Reducir el consumo de energía eléctrica en 10% a 2017.** Esta reducción es relativa al valor esperado de consumo para 2017 de acuerdo con la Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017 y se establece en función del potencial estimado en este documento [7].
- **Aumentar el uso de energías renovables, de 14.9% en 2007, a 19.4% en 2017.**<sup>3</sup> Este valor considera como energía renovable a toda la hidroeléctrica, **la geotermia y la eoloeléctrica.** Para lograr esta meta, tienen que haberse instalado 5,000 MW nuevos de capacidad en plantas que funcionen con base en energías renovables.<sup>4,5</sup> Esta capacidad se puede lograr a lo largo de seis años a partir de 2010, en el que se instalarían 250 MW y, en los siguientes años, capacidades crecientes a tasas de crecimiento de 55% anual (Fig. 15).

**Figura 15. Evolución del total de capacidad nueva de generación a partir de energías renovables (2007 a 2017).**



<sup>3</sup> Los planes actuales llevan a un valor de 13.2% para 2017.

<sup>4</sup> Son adicionales a lo que tiene programada la CFE pero sustituyendo a las que están consideradas en la categoría de “Libre” en la prospectiva.

<sup>5</sup> Se considera un factor de planta de 40%.

### 3. Acciones requeridas

En un plazo no mayor a dos años, se deberá transferir, hasta por doce años, el 4.2% de los subsidios actuales a la energía eléctrica (es decir, 13 mil millones de pesos anuales) a un fondo para financiar programas que aceleren la reconversión de equipos y el uso de materiales para una utilización más eficiente de la energía en todos los sectores, así como otorgar un incentivo a la generación de energía con base fuentes renovables.

Estos recursos deben establecerse de tal manera que los usuarios que pierdan los subsidios sean los apoyados por los recursos del fondo, de tal manera que su facturación no se modifique. Una posibilidad es que, inclusive, los montos que se entregan a fondo perdido a los usuarios equivalgan al valor presente de un estimado de subsidios por hasta tres años.

#### a. Ahorro de energía

La aplicación de un programa de estas dimensiones implica cubrir los siguientes pasos:

- *Invertir en equipos de alta eficiencia (residenciales y no residenciales)*. Esto requiere:
  - Identificar sectores de usuarios y regiones con subsidios, pero con potenciales y rentabilidad mayores de ahorro de energía eléctrica.
  - Establecer medidas específicas que, con plazos de hasta tres años de recuperación de la inversión, reduzcan la facturación del consumo a tarifas sin subsidio en la misma medida en la que ésta crece.<sup>6</sup>
  - Diseñar un programa con alcances incrementales, que permita hacer los ajustes a medida que se avanza.
- *Fortalecer y ampliar la normalización para la eficiencia energética en inmuebles (residenciales y no residenciales)*. Esto implica:
  - Legislar para que sea obligatorio el que se integren, a los reglamentos de construcción locales, aspectos relacionados con la eficiencia energética en los diseños de los edificios nuevos.
  - Apoyar el desarrollo de capacidades. Esto es, capacitar a todos los actores del mercado inmobiliario en la aplicación de normas y alternativas de cumplimiento a través del diseño y del uso de tecnología.

Como se ha referido arriba, el lograr los ahorros por la inversión en equipos de alta eficiencia requiere que el sector público, como incentivo para la compra de los equipos más eficientes, invierta poco más de 54 mil millones de pesos. Esto se puede llevar a cabo a lo largo de ocho años, a partir de 2010, con aportaciones anuales de 6.75 miles de millones de pesos.

#### b. Energías renovables

Para cumplir la meta propuesta, es necesario establecer:

- *Un marco legal específico que dé seguridad y certidumbre a las inversiones*. Esto requiere poner en cabal funcionamiento la Ley para el Aprovechamiento de Energías

---

<sup>6</sup> En la perspectiva de un usuario que paga electricidad sin subsidio.

Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y/o legislar para modificar leyes en vigor o emitir las que sean necesarias, empezando por un reconocimiento explícito de la existencia de los proyectos de autoabastecimiento bajo esta modalidad y garantizando su acceso a los estímulos que por ley se establezcan.

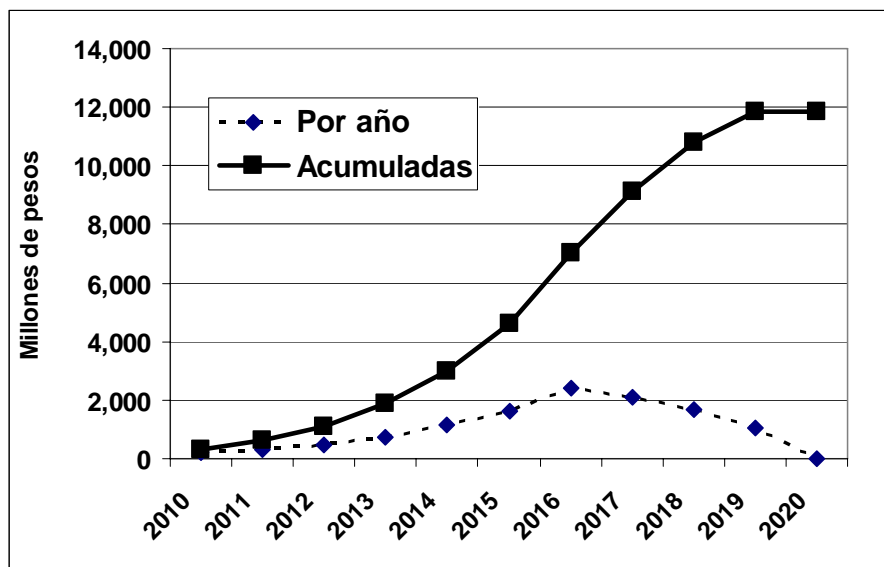
- *Un régimen de incentivos que apoye y dé certidumbre a los proyectos.* Este régimen, a partir de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, debe proveer al generador con una fracción del costo de generación y:
  - Estar basado en el desempeño de los proyectos de energía renovable (por energía generada).
  - Estar diferenciado por tecnología (para favorecer a los que más convenga de acuerdo con los parámetros que se determinen).
  - Tener certidumbre de cuando menos diez años, lo que implica que la ley deberá asegurar que los recursos para los incentivos estarán disponibles para los plazos del régimen.
- *Acceso irrestricto a la red eléctrica para los proyectos de energías renovables.* Éstos deberán cumplir las condiciones técnicas que sean necesarias para no afectar el funcionamiento de la red, pero a la vez, contar con acceso a la misma, preferentemente con la aplicación del cargo por porteo mínimo, tanto en alta tensión, como en los niveles de distribución. Esto último implicaría la previa definición de los criterios para determinar dicho cargo mínimo.
- *Inversiones en infraestructura de transmisión.* Es necesario que se hagan inversiones públicas para apoyar las instalaciones, que permitan mover la electricidad generada en gran escala con energías renovables de las zonas de producción a las de consumo.
- *Desarrollo de las reglas y la infraestructura para la generación distribuida.* Dado que es muy posible que una fracción importante de las nuevas instalaciones se den en forma de instalaciones de mediana capacidad en centros urbanos, será necesario ir estableciendo las condiciones de infraestructura, normas de conexión e intercambio, y los arreglos contractuales, que faciliten y favorezcan a este tipo de instalaciones.
- *Un sistema nacional de evaluación de recursos de energías renovables.* Para poder determinar con mayor precisión los recursos de energía renovable y realizar la planeación de la infraestructura de apoyo para su utilización, es necesario, con base en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, conformar un sistema que, mediante metodologías homogéneas y con alcance nacional, permita la integración de mapas de recursos de energía renovable.

- *Normas técnicas.* Es necesario que se asegure la calidad de los equipos y sistemas a través de especificaciones técnicas obligatorias.
- *Acotar las atribuciones del ente regulador y de las empresas suministradoras.* Es preciso delimitar las atribuciones de las empresas suministradoras de modo que éstas no sean juez y parte durante dichos procesos y sea la CRE quien asuma la responsabilidad de determinar los requerimientos y costos para tal efecto, evitando exigir, con cargo al desarrollador, el reforzamiento o construcción de infraestructura de capacidad muy por arriba de los requerimientos reales de su proyecto.
- *Ventanilla única para trámites ante empresas suministradoras.* Crear un mecanismo de ventanilla única que permita al desarrollador interactuar con una sola instancia para obtener autorizaciones definitivas.
- *“Derecho de apartado”.* El otorgar un derecho de apartado temporal (cinco años, por ejemplo), puede brindar al desarrollador la tranquilidad de realizar todos los estudios necesarios para evaluar la factibilidad de un proyecto, de manera tal que de resultar viable, podría proceder de inmediato a obtener las autorizaciones definitivas y ejecutar la construcción del mismo.

En particular, en lo relativo a un régimen de incentivos, se propone ofrecer, hasta por seis años, un incentivo de 15 centavos por kWh generado con fuentes renovables de energía, a un conjunto de proyectos que, comenzando en 2009 con 250 MW se incrementan en 54% por año hasta llegar a poco más de 5,000 MW en 2017.

El costo estimado total de este programa de incentivos es de cerca de 12,000 millones de pesos acumulados a 2021, con aportaciones máximas anuales de 2,400 millones de pesos en 2016 (Fig. 16).

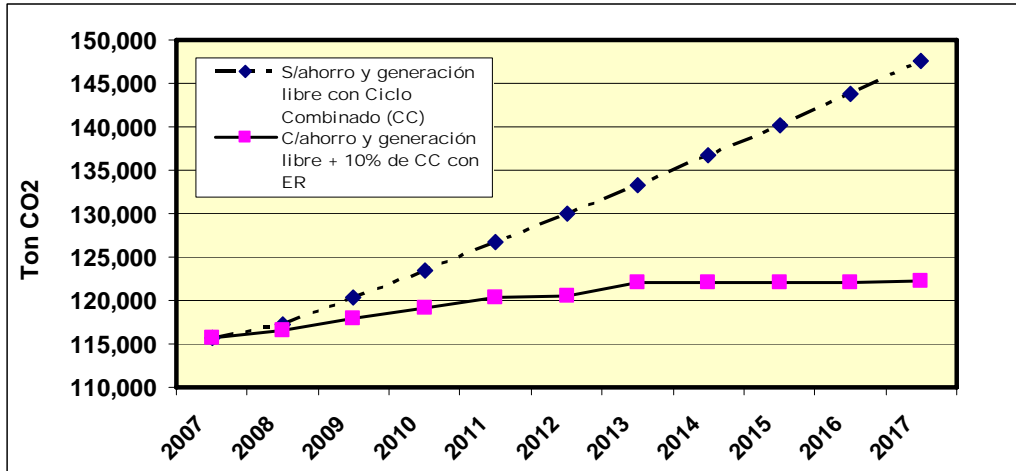
**Figura 16. Evolución de las aportaciones a los generadores de energías renovables (2010 a 2020).**



#### 4. Impactos

Cumplir estas metas permitirá reducir las emisiones anuales (respecto de las que se estiman para generación eléctrica proyectada por la CFE para 2017), por cerca de 25 millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub> equivalente (18%) (Fig. 17).

**Figura 17. Escenarios de evolución de las emisiones del sector eléctrico de servicio público (2007 a 2017).**



Fuente: Estimaciones de ENTE, S.C. con base en datos de CFE.

Igualmente, las medidas que aquí se proponen tendrían un efecto significativo en la demanda de productos y servicios mexicanos y, por lo tanto, el empleo en México.

## Referencias

1. Congreso de la Unión, *Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica*, Congreso de la Unión, Editor. 1992, Diario Oficial de la Federación.
2. Congreso de la Unión, *LEY ORGÁNICA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL*. 2003, Diario Oficial de la Federación,.
3. Luz y Fuerza del Centro. *Historia de 1978 a 2003*. 2009 [cited 3 de Marzo de 2009]; Available from: <http://www.lfc.gob.mx/historia5>.
4. CRE. *La Comisión Reguladora de Energía*. México DF [cited 3 de marzo de 2009]; Available from: [http://www.cre.gob.mx/pagina\\_a.aspx?id=2](http://www.cre.gob.mx/pagina_a.aspx?id=2).
5. SENER. *Estadísticas de Energía*. 2009 [cited 2 de Marzo de 2009]; Available from: <http://www.energia.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=71>.
6. CFE. *Estadísticas*. 2009 [cited 1 de febrero de v2009]; Available from: <http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/queescfe/Estadísticas/>.
7. SENER, *Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017*, Dirección General de Planeación Energética, Editor. 2008: México, D.F. p. 230.
8. de Buen, O. *LA IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN INMUEBLES NO RESIDENCIALES EN MÉXICO Y SU EVIDENTE SUBESTIMACIÓN EN LAS ESTADÍSTICAS NACIONALES*. Transición Energética 2008 [cited 24 de Septiembre de 2008 ]; Available from: <http://www.funtener.org/importayconsumo.html>.
9. SENER, *REGLAMENTO DE LA LEY DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA*. 1997, Diario Oficial de la Federación.
10. CFE. *Conoce tu tarifa*. 2008 [cited 2008 20 de octubre de 2008]; Available from: <http://www.cfe.gob.mx/es/InformacionAlCliente/conocetutarifa/>.
11. SHCP, *ACUERDO que autoriza la modificación y reestructuración a las tarifas para suministro y venta de energía eléctrica y modifica disposiciones complementarias a las tarifas para suministro y venta de energía eléctrica.*, SHCP, Editor. 2009, Diario Oficial de la Federación, México, D.F.
12. IIE, *Electricidad y conservación del medio ambiente*. BOLETÍN IIE, 1999 (ENERO-FEBRERO 1999).
13. IAEA, *HEALTH AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF ELECTRICITY GENERATION SYSTEMS: PROCEDURES FOR COMPARATIVE ASSESSMENT*. 1999, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY: Viena. p. 204.
14. CCA, *Estimating Future Air Pollution from New Electric Power Generation*. 2002, Comisión para la Cooperación Ambiental: Montreal, Canadá.
15. CCA, *Retos y oportunidades ambientales en el dinámico mercado de electricidad de América del Norte*. 2002, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá.
16. CCA, *Rutas continentales de los Contaminantes: Agenda para la Cooperación en Materia de Transporte de Contaminantes a Grandes Distancias en América del Norte*. 1997, Comisión para la Cooperación Ambiental,; Montreal, Canadá.

17. INE, *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990 – 2002*, Editor. 2003: México, D.F., p. 310.
18. SENER, *Prospectiva de petrolíferos 2008-2017*, Secretaria de Energía, Editor. 2008: Mexico DF.
19. IPCC, *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual*. 1996.
20. CONAE. *LAS ENERGÍAS RENOVABLES en México y el mundo. Semblanza*. 2000 [cited; Available from: <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4830/2/semblanza.pdf>.
21. Elliott, D., et al., *Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca*, N.R.E. Laboratory, Editor. 2004. p. 138.
22. CONAE. *Estudio de la Situación de la Minihidráulica Nacional y Potencial en una Región de los Estados de Veracruz y Puebla*. 1996 [cited 1 Oct 2008]; Available from: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_1686\\_situacion\\_actual\\_de\\_](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1686_situacion_actual_de_).
23. CONAE. *Biomasa*. 2008 [cited 1 Feb 2009]; Available from: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_622\\_energia\\_de\\_la\\_biomasa](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_622_energia_de_la_biomasa).
24. Iglesias, E., V. Arellano, and R. Torres, *Estimación del recurso y prospectiva tecnológica de la geotermia en México*, Gerencia de Geotermia-Instituto de Investigaciones Eléctricas, Editor. 2005.
25. CONAE, *POTENCIAL NACIONAL DE COGENERACIÓN 1995*, Energía, Editor. 1995, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía: México, D.F.
26. SENER, *Balance Nacional de Energía 2006*. 2007, Secretaría de Energía: D.F., p. 141.
27. Alvarado, S., *Inicia Expo ahorro 2008*, en *Zócalo, Saltillo*. 2008: Saltillo, Coahuila.
28. Ramos, I. y H. Pulido, *ASSESSMENT OF THE IMPACTS OF STANDARDS AND LABELING PROGRAMS IN MEXICO (FOUR PRODUCTS). FINAL TECHNICAL REPORT*. 2006, Instituto de Investigaciones Eléctricas: Calle Reforma 113, Col Palmira, CP 62490, Cuernavaca, Mor., México. p. 58.
29. FIDE. *Resultado del Horario de Verano*. 2008 [cited 2 de Marzo de 2009]; Available from: <http://www.fide.org.mx/tecnologias/hv3.html>.
30. CONAE, *Informe de Labores 2006*, Energía, Editor. 2007: México, D.F.
31. de Buen, O. *ILUMEX: desarrollo y lecciones del primer proyecto mayor de ahorro de energía en México*. 2002 [cited 1 de septiembre de 2008]; Available from: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/437/odon.html>.
32. FIDE. *Avances y resultados de las actividades del FIDE en 2008*. 2009 [cited 1 Feb 2009]; Available from: [http://www.fide.org.mx/el\\_fide/resultados.html](http://www.fide.org.mx/el_fide/resultados.html).
33. CRE. *Permisos para la Generación Privada*. 2009 [cited 10 January 2009]; Available from: <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=171>.
34. CFE. *Qué es CFE*. 2009 [cited 1 de Febrero de 2009]; Available from: <http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/queescfe/>.
35. SENER, *Balance nacional de energía 2004*, Secretaría de Energía, Editor. 2005: México, D.F.
36. de Buen, O. *Cogeneration and self-supply in México: significant potential for industrial applications*. 2006 [cited 2009, 6 de febrero de 2009]; Available from:

- [http://www.cospp.com/display\\_article/321144/122/CRTIS/none/none/1/Cogenerati  
on-and-self-supply-in-M%E9xico:-significant-potential-for-industrial-applications/](http://www.cospp.com/display_article/321144/122/CRTIS/none/none/1/Cogenerati%20on-and-self-supply-in-M%E9xico:-significant-potential-for-industrial-applications/).
37. Wikipedia. *Renewable Portfolio Standard*. 2009 [cited 14 de marzo de 2009]; Available from: [http://en.wikipedia.org/wiki/Renewable Portfolio Standard](http://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_Portfolio_Standard).
  38. NCSC. *Glossary*. 2009 [cited 14 de Marzo de 2009]; Available from: <http://www.dsireusa.org/glossary/glossary.cfm?EE=0&RE=1&CurrentPageID=8#benefit>.
  39. Kushler M., Cork D., and Witte P., *Aligning Utility Interests with Energy Efficiency Objectives: A Review of Recent Efforts at Decoupling and Performance Incentives*, American Council for an Energy Efficient Economy, Editor. 2006, American Council for an Energy Efficient Economy,.
  40. SENER. *Se presentó el Diagnóstico: Situación de Pemex*. Boletín 019. 2008 [cited 30 de marzo de 2008]; Available from: <http://www.energia.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=337>.
-