



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ECONOMÍA

**TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN MÉXICO:
La energía solar como alternativa en la generación de
energía eléctrica**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Licenciado en Economía

P R E S E N T A:

Oscar Mauricio Gracia Piña



**DIRECTOR DE TESIS:
Mtro. Sergio Horacio Nuñez Medina
México D.F, Junio 2014**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi familia, por todo su apoyo brindado a lo largo de mi vida, pero en especial a mis padres por todas sus enseñanzas y ejemplo a seguir como persona

Índice General.

Introducción.....	4
Capítulo 1. Bioeconomía.....	8
1.1 Los recursos naturales y el proceso económico.....	9
1.2. Las leyes de la termodinámica.....	9
1.2.1Primera ley de la termodinámica.....	9
1.2.2 Segunda ley de la termodinámica.....	10
1.2.3Tercera ley de la termodinámica.....	10
1.2.4. Entropía en el proceso económico.....	10
1.3Mitos de la economía estándar.....	12
1.4 Soluciones Bioeconómicas.....	12
Capítulo 2. El Sector Energético en México.....	14
2.1 Marco Regulatorio.....	14
2.1.1 Artículos Constitucionales.....	15
2.1.2 Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.....	17
2.2 Directrices del Sector Energético en México.....	22
2.3 Sistema Eléctrico Nacional.....	25
2.3.1 Capacidad Instalada.....	25
2.3.1.1 Capacidad instalada de generación de energía eléctrica para el servicio público por región.....	28
2.4 Subsidios a las Tarifas Eléctricas.....	33
Capítulo 3. La energía Solar y su aprovechamiento en México.....	35
3.1.- Clasificación.....	38
3.1.1Sistemas fototérmicos.....	38
3.1.1.1Tecnologías disponibles.....	38

3.1.2 Sistemas fotovoltaicos.....	40
3.1.2.1 Tecnologías disponibles.....	41
3.2 Recursos solares en México.....	45
3.3 Proyectos a nivel nacional.....	46
3.3.1 Metas a 2014-2017.....	51
Capítulo 4. Transición energética.....	54
4.1.- El caso alemán.....	54
4.2 Transición energética en México.....	56
4.2.1 Marco regulatorio de la transición energética en México.....	57
4.2.1.1- Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.....	57
4.2.1.2- Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.....	58
4.2.2 Medidas adoptadas por el Gobierno para la transición energética.....	59
Conclusiones.....	61
Epílogo.....	67
Anexos.....	73
Bibliografía.....	76

Introducción.

Los recursos naturales son aquellos proporcionados por la naturaleza, algunos de ellos se encuentran en cantidades fijas y algunos presentan tasas de regeneración, de estos gran cantidad son utilizados dentro de los procesos económicos para la producción de bienes que son posteriormente utilizados para la satisfacción de las necesidades de cada sociedad.

Esto lleva a que sean buscados y peleados por las sociedades modernas generando conflictos crecientes, pero los conflictos políticos y geográficos no son los únicos generados por esta lucha incesante. Los recursos naturales son también elementos cruciales dentro de los ecosistemas existentes en el planeta, por lo que la lucha y la sobreexplotación de los mismos lleva a graves modificaciones en los sistemas biológicos los cuáles son poco entendidos y sobretodo subestimados.

Una de las principales modificaciones es el llamado cambio climático, el cuál es una modificación dentro los promedios en el clima que generan grandes alteraciones en los ecosistemas, aunque un cambio en la emisión de radiaciones solares, en la composición de la atmosfera, en disposición de los continentes, en las corrientes marinas o en la órbita de la Tierra puede modificar la distribución de energía y el cambio térmico, alterando el clima en procesos de largo plazo, la actividad humana y su dependencia creciente a recursos naturales sin una tasa de regeneración ha llevado a una alteración del clima sin precedentes.

Esta gran dependencia hacia los recursos no renovables ha llevado a una gran escasez de los mismos y a una presión sobre su disponibilidad en un futuro, estos recursos principalmente de origen mineral son utilizados para la transformación de energía para poder llevar a cabo diferentes procesos dentro de una sociedad. Su disponibilidad y su distribución representan un problema fundamental a resolver para garantizar el desarrollo de las sociedades modernas.

Afortunadamente este esquema energético actual ha comenzado a transformarse como consecuencia de la introducción de las energías renovables, pues sus beneficios económicos comienzan a ser un aliciente, así como la imperiosa necesidad de la búsqueda de energéticos que mitiguen el impacto ambiental. Las energías renovables también tienen otro

factor a su favor y es que éstas contribuyen a reducir los riesgos asociados con la volatilidad de precios, diversifican el portafolio energético y podrían impulsar el desarrollo sustentable de cualquier sociedad.

El proceso de transformación hacia una sociedad y por ende a una economía basada en energías renovables se conoce con transición energética. La transición energética no es un paso fácil de dar pues a nivel mundial y a nivel nacional existen restricciones para este tipo de fuentes de energía, como la falta de una dinámica que incentive la demanda de tecnologías limpias; asimismo, la influencia política y económica que tiene el subsector de los hidrocarburos, el control sobre las tarifas de los energéticos que acentúa la falta de inversión en las energías limpias, la falta de continuidad de proyectos, objetivos y metas de mediano y largo plazo debido a la regulación de los planes, el constante cambio de las políticas públicas, y la falta de controles a las emisiones y eficiencia que motivan el uso de tecnologías convencionales.

En un marco de transición energética, es necesario continuar promoviendo una mejor utilización de los recursos energéticos mediante el incremento de la eficiencia energética a lo largo de todos los procesos productivos y en el consumo final. Es por eso que es necesario fortalecer y explotar aquellos recursos renovables con los que se cuenta, a fin de aprovechar sus beneficios; para ello, se deben propiciar las condiciones necesarias que promuevan la participación de los entes interesados en el desarrollo de una economía menos intensiva en carbono, a la vez que se debe promover una articulación e integración vertical y horizontal para garantizar la sostenibilidad entre la sociedad, el medio ambiente y la economía.

El presente trabajo tiene como objetivo principal presentar una “nueva” visión sobre el sector energético en su respectivo subsector dirigido a la generación de energía eléctrica, esta “nueva visión”¹ no es una alternativa del todo revolucionaria pero si ha llegado a ser ignorada por un largo tiempo como consecuencia de la constante presión de las grandes empresas del sector energético convencional para mantener su status como “únicos” proveedores de energía, esta concepción incluye tanto a los grandes monopolios estatales y

¹ Estas ideas han sido planteadas desde la década de los 70 con autores como Nicholas Georgescu-Roegen y más recientemente por Herman Scheer.

las grandes petroleras transnacionales. Como objetivo particular es el estudio de la energía solar como la principal alternativa para la generación de energía eléctrica como la punta de lanza que potencialice la transición energética en México.

En primer lugar es importante eliminar esa concepción de unicidad en la generación, distribución y transmisión de la energía, es por eso que las energías renovables son tan relevantes, éstas son un ejemplo de la diversificación en la generación de energía, donde un marco legal adecuado puede incentivar la inversión y el desarrollo de todas y cada una ellas así como la posibilidad de eliminar los grandes monopolios en la generación promoviendo la competencia (esto no implica la desaparición de la presencia estatal en el sector energético).

Como segundo punto se va un poco más allá, sin la necesidad de caer en utopías o escenarios poco realistas, está la búsqueda de una autonomía total en la generación de energía donde cada unidad que consume energía sea capaz de ser completamente autónoma, es aquí donde de todas las opciones entre las fuentes de energía ya sean fósiles o no fósiles se hace hincapié en la energía solar.

La energía solar es de todas las fuentes la que es accesible en todo el mundo y su potencial es mucho mayor que todas las demás fuentes juntas, permite la eliminación de la idea de siempre necesitar una gran instalación para generar electricidad pues una casa sería capaz con paneles solares de proveer toda la energía eléctrica que consume sin la necesidad de comprar la energía a una compañía privada o depender de empresas estatales.

Esto tendría un impacto importante puesto que la discusión sobre la disminución de las tarifas eléctricas dejaría de ser relevante y no habría necesidad de las mismas; es cierto que este punto dentro de la transición es bastante lejano y necesita de un último empujón tecnológico en cuánto a la relación eficiencia-costo de la instalación y los plazos de amortización, sin embargo la tendencia a nivel mundial de la disminución de los costos de las instalaciones solares permite considerar esta opción sin caer en exageraciones.

Con esto presente las principales interrogantes que surgen son ¿Cuál es la dirección que está tomando la transición energética en México?, ¿Es compatible con las ideas

propuestas de eliminación de monopolios?, ¿Es la energía solar realmente la alternativa energética capaz de cambiar el esquema energético mundial, y llevarlo a una nueva era?

Capítulo 1. Bioeconomía².

La bioeconomía suele asociarse al estudio de las relaciones entre el sistema natural y los subsistemas social y económico, ésta fue desarrollada por Nicholas Georgescu-Roegen, el plantea que el proceso económico es una extensión de la evolución biológica, lo que lleva a que las cuestiones económicas tengan que ser consideradas desde un nuevo punto de vista, asevera que existe una incongruencia entre el crecimiento económico y los límites físicos y biológicos de los ecosistemas debido a que la carga ambiental de la economía aumenta con el consumo y el crecimiento demográfico.

Una consecuencia significativa de dicha extensión evolutiva es la dependencia de nuestra especie de algunos recursos naturales de materia y energía muy escasos, que únicamente se encuentran en las entrañas de la Tierra y sólo los seres humanos luchan y pelean entre ellos en torno al acceso y control de este particular tipo de recursos.

El hombre moderno apareció como una especie que utilizaba miembros separables, miembros que no eran parte de su cuerpo con los que cada individuo está dotado desde el nacimiento, sino que aquellos que se producían y utilizaban tanto como se necesitasen, Alfred Lotka catalogaba a los anteriores como exosomáticos y endosomáticos a aquellos que forman parte del cuerpo³.

Es a través de la creciente producción de miembros separables más poderosos, rápidos y afilados, cómo la especie humana se convirtió en lo que es en la actualidad, por lo que concluye que el proceso económico no es más que la extensión de la evolución biológica, y hace referencia a una frase de Alfred Marshall “La Meca del economista descansa más en la biología que en la dinámica económica”⁴.

Es imprescindible que los economistas reconozcan el papel crucial de los recursos naturales de la Tierra en el proceso económico y comprendan que los mismos son las razones que se

² No debe confundirse con una corriente posterior fundada por economistas como Gary Becker quienes aplicaron el análisis neoclásico para explicar la conducta en temas sociales como el matrimonio, el crimen, racismo... hasta el comportamiento de otros seres vivos.

³ Alfred J. Lotka. The Law of Evolution as a Maximal Principle. Human Biology. 1945.

⁴ Nicholas Georgescu-Roegen y Óscar Carpintero Redondo (ed.) Ensayos Bioeconómicos. Antología.

encuentran detrás de las desigualdades económicas, sobre todo si los problemas económicos y la reducción de la oferta de recursos se ha hecho evidente en las últimas décadas.

1.1 Los recursos naturales y el proceso económico.

Todos los seres vivos luchan por los medios de su supervivencia. Nosotros no somos una excepción. Pero las otras especies necesitan sólo de energía solar y algunas sustancias químicas procedentes del suelo, el aire y el agua. Debido a que nuestros órganos exosomáticos se producen ordinariamente con la ayuda de recursos minerales, el hombre se ha acabado convirtiendo en un agente geológico. El control de los recursos minerales ha estado detrás de todas las grandes conmociones históricas, ya fueran guerras o migraciones.

La economía estándar o neoclásica ha ignorado el papel crucial jugado por los recursos naturales en el proceso económico. Los recursos naturales son algo simplemente dado, sin ocupar ningún lugar en las consideraciones analíticas convencionales. La teoría neoclásica se construyó a partir de modelos de la mecánica, sin embargo en la época en que la economía estándar comenzó, la epistemología mecanicista ya había caído en desuso dentro de la misma física. Pero todavía la ciencia económica nunca ha intentado librarse del dogma mecanicista.

Roegen concluye que el proceso económico no es una mecánica del interés y de la utilidad, aunque estos factores proporcionan algunas de las fuerzas motrices, sino que el proceso económico está anclado en el medio ambiente material y, lo que sucede en el medio ambiente no puede ser representado como si fuera un péndulo mecánico. Desde el punto de vista de los fenómenos vitales, tanto el medio ambiente como el universo están sujetos no a las leyes de la mecánica sino de la termodinámica.

1.2. Las leyes de la termodinámica.

1.2.1 Primera ley de la termodinámica

La primera ley es la que se conoce como el principio de conservación de la energía, establece que si se realiza trabajo sobre un sistema o bien éste intercambia calor con otro, la energía interna del sistema cambiará.

En palabras llanas: "La energía no se crea ni se destruye: solo se transforma".

Visto de otra forma, esta ley permite definir el calor como la energía necesaria que debe intercambiar el sistema para compensar las diferencias entre trabajo y energía interna.

1.2.2 Segunda ley de la termodinámica.

Esta ley marca la dirección en la que deben llevarse a cabo los procesos termodinámicos y, por lo tanto, la imposibilidad de que ocurran en el sentido. También establece, en algunos casos, la imposibilidad de convertir completamente toda la energía de un tipo en otro sin pérdidas. De esta forma, la segunda ley impone restricciones para las transferencias de energía que hipotéticamente pudieran llevarse a cabo teniendo en cuenta sólo el primer principio.

Es decir, cuanto mayor sea el rendimiento energético de una máquina térmica, menor será el impacto en el ambiente, y viceversa.

1.2.3 Tercera ley de la termodinámica

Afirma que es imposible alcanzar una temperatura igual al cero absoluto mediante un número finito de procesos físicos. Puede formularse también como que a medida que un sistema dado se aproxima al cero absoluto, su entropía tiende a un valor constante específico. La entropía de los sólidos cristalinos puros puede considerarse cero bajo temperaturas iguales al cero absoluto.

1.2.4. Entropía en el proceso económico.

De las leyes de la termodinámica Roegen argumenta que la segunda es primordial para entender el proceso económico pues la materia-energía se degrada con independencia de si la vida esté o no presente. Un pedazo de carbón se humedece en la medida en que la energía química del carbón se transforma gradualmente en agua, dióxido de carbono y calor disipado, o también puede encenderse por combustión espontánea.

La ley de la entropía es la única ley natural en la que la presencia de la vida importa. Algunas de las formas de vida, reducen la degradación mientras que otras como los animales o bacterias la aceleran. Estos hechos no violan la ley de la entropía porque esta ley no establece la velocidad de degradación con respecto al tiempo mecánico, que es respecto al

que está relacionada cualquier medida de velocidad. En otras palabras, existe una indeterminación entrópica en el mundo material que es responsable de la, todavía, pobre comprensión de los fenómenos vitales.

La ley de la entropía enseña en forma negativa: no podemos utilizar el humo del tubo de escape de un automóvil para hacer funcionar un motor, ni podemos reunir en un nuevo neumático las moléculas de goma de un neumático desgastado esparcidas sobre la carretera. Ya se trate de energía o de materia, sólo podemos utilizar una vez una cantidad de baja entropía.

Se puede reciclar la materia, pero no la materia disipada. Podemos reciclar únicamente materia que todavía está disponible pero no de una manera útil para nosotros. La ley de la entropía es la raíz de la escasez económica. En un mundo en el que esta ley no fuera aplicable, la energía de un trozo de carbón podría ser convertida completamente en trabajo, el trabajo de nuevo en energía y así indefinidamente y las herramientas no se desgastarían.

Incuestionablemente, el sistema económico debe contener un cimiento material, porque no se puede manejar la energía sin la ayuda de un aparato. Excepto en algunos casos no existe energía completamente separada de la materia, ni siquiera a una escala subatómica. En este nivel, sin embargo existen fenómenos para los que la ecuación de Einstein es aplicable.

Pero la equivalencia de Einstein funciona normalmente en la conversión de materia en energía y no viceversa. Incluso en la mayor acumulación de materia-energía, no existe una formación apreciable de materia a partir únicamente de energía.

Es esta razón por la que el análisis económico debe tener en cuenta la contabilización de por separado de la energía y de la materia.

A partir de esta conclusión Roegen cataloga en una lista de mitos o errores en que suele incurrir la economía estándar publicados en un artículo titulado Energy and Economic Myths⁵ aquí se hará referencia a unos de ellos.

⁵ Georgescu- Roegen Nicholas. Energy and Economic Myths. Southern Economic Journal. January 1975. Vol.41. Number 3. . pp347-381

1.3 Mitos de la economía estándar.

A pesar de los logros de la ciencia y la tecnología la humanidad está en la situación más crítica de su historia, se habla de que una gran cantidad de especies amenazadas pero es probablemente la nuestra la más amenazada.

El primer mito importante es la de los recursos naturales, este se refiere a que el proceso económico al depender de la fabricación de órganos exosomáticos la disponibilidad de materiales toma una importancia mayor, sin embargo la economía estándar hace un análisis en donde cualquier material es sustituible por otro, sin considerar la finitud de las opciones así como su escasez en términos físicos.

El segundo mito es del mecanismo de los precios, bajo la economía estándar uno no debe preocuparse de nada en relación con la crisis ecológica porque el mecanismo del mercado, si está bien supervisado como para que funcione correctamente, hará frente a cualquier tipo de escasez. Algunos de los economistas han argumentado incluso que el mecanismo de mercado prevendrá el agotamiento de los recursos porque llegará un momento en que sus precios serán tan altos que nadie podrá permitirse comprarlos por más tiempo.

Otros mantienen que, como los precios de los recursos naturales continúan aumentando a causa de su creciente agotamiento, serán sustituidos por otros factores en el proceso de producción.

Y el último hace referencia que la tecnología podrá hacer superar cualquier crisis que se presente que esta crece en términos exponenciales y han fundado sus modelos en esta premisa sin embargo no han evidencia que muestre que la tecnología se desarrolle bajo algún patrón.

1.4 Soluciones Bioeconómicas.

Georgescu-Roegen ideó un programa con varios puntos que considera los primeros y principales para reconvertir a la economía y poder hacer un mejor uso de los recursos materiales y energéticos.

Primero. Se debe cesar la producción de instrumentos de guerra, ya que la inmensa cantidad de recursos que van a parar a la producción de armamento pueden ser utilizados para mejores usos.

Segundo: La población de cualquier lugar debe reducirse a los niveles en que pueda ser alimentada solamente con agricultura orgánica.

Tercero: Los países subdesarrollados deben ser ayudados a eliminar el hambre.

Cuarto: Mientras se espera la llegada de una nueva, limpia y abundante fuente de energía para aprovecharla, la población de cualquier sitio debería cesar su exceso de consumo en calefacción, refrigeración, alumbrado o velocidad.

Quinto: La humanidad debe eliminar las ansias por lo más grande y mejor.

Sexto: Se debe eliminar la influencia de la moda, la moda es probablemente el mayor despilfarro energético en los países desarrollados.

El cuarto punto plantea la necesidad de buscar fuentes alternativas que puedan ahorrar energía proveniente del stock del planeta, de las alternativas actuales la energía solar es la más abundante, limpia y no proviene del stock de energía almacenada en el planeta y para cuestiones temporales de la vida del planeta es infinita.

El mismo Roegen establecía que:

“Bajo la presión de la escasez el hombre descubrirá los medios con los cuales transformar la energía solar en energía motriz. Desde luego, un descubrimiento de esta naturaleza representará el mayor descubrimiento para el problema entrópico del hombre, ya que colocará también bajo su dominio la fuente energética más abundante para la preservación de la vida.”⁶

La energía solar como principal alternativa para la transición energética debe desarrollarse y aplicarse en cualquier sociedad. México no puede ser la excepción y es importante que se desarrollen políticas que favorezcan su utilización por lo que a continuación se hará una revisión del estado del sector energético en México y su aprovechamiento.

⁶ *Ibidem*.

Capítulo 2. El sector eléctrico en México

El sector energético en México está compuesto por los subsectores de hidrocarburos y el subsector eléctrico, dentro de los mismos se reconoce cada vez más la importancia de la inclusión de energías limpias, ya sea como complemento en la generación de electricidad como en la sustitución de gasolinas por biocombustibles.

A lo largo de muchos años el sector ha estado bajo la dirección del gobierno y sus diversas secretarías por lo que se iniciara el trabajo con una revisión sobre el marco regulatorio que establece las facultades y atribuciones del Estado y posteriormente a un recuento de la situación actual del sector eléctrico a nivel nacional.

2.1 Marco Regulatorio del Sector Energético en México.

La regulación del Estado sobre el sector energético queda establecida en una multitud de leyes y reglamentos que establecen sus atribuciones y sus lineamientos, los cuáles son:

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Ley Orgánica de la Administración Pública Federal

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica

Ley de la Comisión Reguladora de Energía

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

Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía

Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear

Ley de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares

Ley del Sistema de Horario en los Estados Unidos Mexicanos

Ley Federal de Entidades Paraestatales

Ley Federal sobre Metrología y Normalización

Ley de Energía para el Campo

Ley General de Cambio Climático

Reglamento de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica, en Materia de Aportaciones

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

Reglamento del Aprovechamiento Sustentable de la Energía

Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización

Reglamento de la Ley Federal de Entidades Paraestatales

Reglamento General de Seguridad Radiológica.

De los anteriores solo se consideraran a juicio personal los artículos constitucionales, y la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, así como el reglamento de la misma, y en un capítulo posterior aquellas que hagan referencia a la transición energética, esto debido a que las demás leyes establecen ordenamientos en los que se le da razón de ser a los programas, secretarías, comisiones y empresas gubernamentales, además de que se hace una integración total del sector energético que incluye temas que están más allá del alcance del trabajo. Estas leyes no son de interés ya que no se pretende hacer un análisis minucioso sobre el marco legal, ni las posibles omisiones que pudieran existir que limiten la operación de las comisiones y los programas gubernamentales.

Con base a lo anterior se comenzará con los artículos constitucionales. El sistema eléctrico mexicano tiene en los artículos constitucionales 25, 27 y 28 sus directrices ya que son éstas las que establecen la operación del sector eléctrico a través de la CFE así como la determinación de sus tarifas, concesiones para la producción y distribución de energía eléctrica.

2.1.1 Artículos constitucionales⁷.

Los artículos constitucionales establecen las condiciones bajo las cuáles la Nación incidirá en la economía - artículo 25- y lo referente a la propiedad de recursos naturales -expuestos en el artículo 27 constitucional- así como la justificación de los monopolios estatales - artículo 28 constitucional.

Dentro del artículo 25 es importante señalar que

“Artículo 25. 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, cuya seguridad protege esta Constitución.

“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...”

⁷ Los artículos constitucionales fueron tomados de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm>

“.....Asimismo podrá participar por sí o con los sectores social y privado, de acuerdo con la ley, para impulsar y organizar las áreas prioritarias del desarrollo....”.

“...La ley alentará y protegerá la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional, en los términos que establece esta Constitución...”

En el artículo 27 se trata la propiedad de la nación sobre los recursos naturales que se encuentran dentro del territorio nacional, así como de algunos lineamientos sobre cómo proceder para poder tener algún tipo de concesión, de propiedad y los procedimientos a seguir en caso de expropiación. En particular este artículo tiene gran relevancia con respecto a la generación de energía eléctrica aunque no sea la principal razón del artículo, pues su relevancia radica en la facultad que se le da a la Nación para la generación y distribución de energía eléctrica.

“Artículo 27. *La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.”*

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

El artículo 28 es al igual que el artículo 27 bastante interesante para los fines del trabajo y es que establece la prohibición de actividades monopólicas y aunque existan monopolios en el país en los que están envueltas actividades económicas que prohíbe la constitución no son de interés ni alcance del trabajo, puesto que la intención es el análisis del sector energético en el cual se establece claramente la monopolización de la generación y distribución de energía eléctrica.

“Artículo 28. *En los Estados Unidos Mexicanos quedan prohibidos los monopolios, las prácticas monopólicas, los estancos y las exenciones de impuestos en los términos y condiciones que fijan las leyes. El mismo tratamiento se dará a las prohibiciones a título de protección a la industria.*

En consecuencia, la ley castigará severamente, y las autoridades perseguirán con eficacia, toda concentración o acaparamiento en una o pocas manos de artículos de consumo necesario y que

tenga por objeto obtener el alza de los precios; todo acuerdo, procedimiento o combinación de los productores, industriales, comerciantes o empresarios de servicios, que de cualquier manera hagan, para evitar la libre concurrencia o la competencia entre sí y obligar a los consumidores a pagar precios exagerados y, en general, todo lo que constituya una ventaja exclusiva indebida a favor de una o varias personas determinadas y con perjuicio del público en general o de alguna clase social.

Las leyes fijarán bases para que se señalen precios máximos a los artículos, materias o productos que se consideren necesarios para la economía nacional o el consumo popular, así como para imponer modalidades a la organización de la distribución de esos artículos, materias o productos, a fin de evitar que intermediaciones innecesarias o excesivas provoquen insuficiencia en el abasto, así como el alza de precios. La ley protegerá a los consumidores y propiciará su organización para el mejor cuidado de sus intereses.

No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radioactivos y generación de energía nuclear; electricidad y las actividades que expresamente señalen las leyes que expida el Congreso de la Unión. La comunicación vía satélite y los ferrocarriles son áreas prioritarias para el desarrollo nacional en los términos del artículo 25 de esta Constitución; el Estado al ejercer en ellas su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la Nación, y al otorgar concesiones o permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación de acuerdo con las leyes de la materia.

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...”

“...El Estado, sujetándose a las leyes, podrá en casos de interés general, concesionar la prestación de servicios públicos o la explotación, uso y aprovechamiento de bienes de dominio de la Federación, salvo las excepciones que las mismas prevengan. Las leyes fijarán las modalidades y condiciones que aseguren la eficacia de la prestación de los servicios y la utilización social de los bienes, y evitarán fenómenos de concentración que contraríen el interés público.

La sujeción a regímenes de servicio público se apegará a lo dispuesto por la Constitución y sólo podrá llevarse a cabo mediante ley.”

2.1.2 Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica es la que establece bajo que condiciones operara el sector eléctrico en México, su delimitación, como se establecerán las tarifas, su forma de operar bajo una Comisión que esté encargada de la generación y distribución de la

energía eléctrica, la composición orgánica de la misma. A continuación se mencionan los artículos que a título personal se consideran más importantes y que determinan la regulación del sector.

“Artículo 1o.- *Corresponde exclusivamente a la Nación, generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público, en los términos del Artículo 27 Constitucional. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará, a través de la Comisión Federal de Electricidad, los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines”.*

“Artículo 2o.- *Todos los actos relacionados con el servicio público de energía eléctrica son de orden público.”*

“Artículo 3o.- *No se considera servicio público:*

- I.- La generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción;*
- II.- La generación de energía eléctrica que realicen los productores independientes para su venta a la Comisión Federal de Electricidad;*
- III.- La generación de energía eléctrica para su exportación, derivada de cogeneración, producción independiente y pequeña producción;*
- IV.- La importación de energía eléctrica por parte de personas físicas o morales, destinada exclusivamente al abastecimiento para usos propios; y*
- V.- La generación de energía eléctrica destinada a uso en emergencias derivadas de interrupciones en el servicio público de energía eléctrica.”*

“Artículo 4o.- *Para los efectos de esta Ley, la prestación del servicio público de energía eléctrica comprende:*

- I.- La planeación del sistema eléctrico nacional;*
- II.- La generación, conducción, transformación, distribución y venta de energía eléctrica, y;*
- III.-La realización de todas las obras, instalaciones y trabajos que requieran la planeación, ejecución, operación y mantenimiento del sistema eléctrico nacional.”*

“Artículo 13.- *El patrimonio de la Comisión Federal de Electricidad se integra con:*

- I.- Los derechos, bienes muebles e inmuebles de los que a la fecha es titular, de los que se le incorporen y de los que en el futuro adquiera por cualquier título;*
- II.-Los derechos sobre recursos naturales que le sean asignados por el Ejecutivo Federal, necesarios para el cumplimiento de su objeto;*
- III.-Los frutos que obtenga de sus bienes y el resultado neto de operación, en su caso o cualquier otro concepto;*

IV.-El rendimiento de los impuestos y derechos que específicamente se le asignen de acuerdo con las leyes respectivas;

V.-Los ingresos provenientes de la venta y prestación de servicios científicos y tecnológicos, de asesoramiento y otros; y

VI.-Las aportaciones que en su caso otorgue el Gobierno Federal.

VII.-Las aportaciones de los gobiernos de las entidades federativas, ayuntamientos y beneficiarios del servicio público de energía eléctrica, para la realización de obras específicas, ampliación o modificación de las existentes, solicitadas por aquéllos.

El reglamento respectivo establecerá los casos y las condiciones en que los solicitantes del servicio deberán efectuar aportaciones, en forma independiente de los conceptos consignados en las tarifas para la venta de energía eléctrica y en las disposiciones relativas al suministro de la misma conforme a las bases generales siguientes:

a) Cuando existan varias soluciones técnicamente factibles para suministrar un servicio, se considerará la que represente la menor aportación para el usuario, aún en el caso de que la Comisión Federal de Electricidad, por razones de conveniencia para el sistema eléctrico nacional, opte por construir otra alternativa;”

“Artículo 22.- Para la realización de las obras e instalaciones necesarias a la prestación del servicio público de energía eléctrica, la Comisión Federal de Electricidad deberá:

I.- Hasta donde su desarrollo tecnológico lo permita, efectuar el diseño con su propio personal técnico;

II.- Tender a la normalización de equipos y accesorios;

III.- Abastecerse, preferentemente, con productos nacionales manufacturados por instituciones descentralizadas, empresas de participación estatal o empresas privadas.”

“Artículo 46.- La Comisión Federal de Electricidad estará obligada al pago de un aprovechamiento al Gobierno Federal por los activos que utiliza para prestar el servicio de energía eléctrica.

El aprovechamiento a que se refiere este artículo se determinará anualmente en función de la tasa de rentabilidad establecida para el ejercicio correspondiente a las entidades paraestatales. Dicha tasa se aplicará al valor del activo fijo neto en operación del ejercicio inmediato anterior reportado en los estados financieros dictaminados de la entidad y presentados ante la Secretaría de la Función Pública. Contra el aprovechamiento a que se refiere este artículo, se podrán bonificar los subsidios que el Gobierno Federal otorgue a través de la Comisión Federal de Electricidad, a los usuarios del servicio eléctrico.

El entero del aprovechamiento a que se refiere este precepto se efectuará en cuartas partes en los meses de abril, julio, octubre y enero del año siguiente.

Los montos que se deriven del pago del aprovechamiento mencionado se destinarán para complementar las aportaciones patrimoniales que efectúa el Gobierno Federal a la Comisión

Federal de Electricidad para inversión en nuevas obras de infraestructura eléctrica hasta el monto asignado para tal efecto, conforme al Presupuesto de Egresos de la Federación y se aplicarán de acuerdo con los preceptos y lineamientos autorizados.”

Como se puede observar los artículos establecen lo ya antes mencionado, sin embargo desde el punto de vista económico puede cuestionarse la justificación de prácticas monopólicas, sean éstas de carácter estatal o privado pues repercuten de manera negativa en la actividad económica aunque existan sectores que se consideren “*estratégicos*”, tengan una importancia política y sean de “*interés general*” como se menciona en el artículo 25 constitucional dándole la capacidad a la Nación por regular dicha actividad.

Este pequeño y recurrente cuestionamiento no es más que la punta del iceberg pues la problemática más urgente es la de eliminar o mejor dicho prever una posible dependencia energética que podría sumir al país en problemas más graves que los generados por un solo monopolio; pero a pesar de ser la punta del problema, este se mantiene gracias a mitos muy arraigados dentro de la industria energética y de esferas políticas.

La diversificación en la generación permite que ante una externalidad ya sea política o de algún otro tipo la economía pueda hacerle frente sin la necesidad de verse afectada ante la centralización, que es precisamente la finalidad del artículo 28 puesto que la centralización “*constituye un perjuicio del público en general o de alguna clase social*”.

Murray Rothbard mencionaba “*El propio término “servicio público”... es uno absurdo. Todo bien es útil “para el público” y casi todo bien...puede ser considerado “necesario”. Cualquier designación de unas pocas industrias como “servicios públicos” es completamente arbitraria e injustificada.*”⁸

Thomas Dilorenzo expone que haciendo un análisis histórico de como se han generado los monopolios, fue a través de la intervención estatal pues menciona:

“Se puede observar que los economistas consideraban que la producción a gran escala así como el uso intensivo de capital no llevaba al monopolio, sino que era un aspecto del proceso competitivo.”... “La mayoría de los así llamados servicios públicos se les ha

⁸ Murray Rothbard, “Man, Economy and State with Power and Market”. Ludwig von Mises Institute. 2nd edition. 2009.

otorgado exclusividad por parte del gobierno porque se piensa que son monopolios naturales...Más aún, se dice que la competencia causaría inconvenientes al consumidor dada la construcción de infraestructura redundante”⁹.

Horace M. Gray en 1940 realizó un estudio sobre los “servicio públicos” en el que concluyo:

“Durante el siglo XIX se creía de forma generalizada que el interés público sería mejor atendido mediante otorgar privilegios a individuos particulares y a corporaciones en muchas industrias. Esto incluía patentes, subsidios, aranceles, expropiaciones de tierras para ferrocarriles y licencias de operación monopólica para servicios “públicos. El resultado final fueron monopolios, explotación y corrupción política”.¹⁰

Otro autor importante es Walter J. Primeaux¹¹ el encuentra que las empresas eléctricas compiten vigorosamente a través de precios y servicios, así como los clientes han obtenido beneficios sustanciales de la competencia, comparados con ciudades donde existen monopolios.

Es importante mencionar que efectivamente tanto el surgimiento de los monopolios estatales, así como la suposición de que generan un beneficio al público por ser bienes necesarios y sectores estratégicos para la soberanía nacional, éste no es superior al obtenido a través de la competencia, así como la incorrecta concepción y arbitrariedad de denominarlos “necesarios”.

En la actualidad la generación de energía eléctrica pone en duda esta “necesidad” pues la diversidad en las opciones de generación generan una tendencia hacia la sostenibilidad y la eficiencia, si bien es cierto que las sociedades actuales demandan una cantidad mayor de energía (y que esta posiblemente seguirá incrementando) para poder desarrollarse y que una limitación podría tener una repercusión importante no son argumentos suficientes para considerar que exista un monopolio en su generación y distribución.

⁹ Thomas J. DiLorenzo, “The Myth of Natural Monopoly”, The Review of Austrian Economics Vol.9, No.2(1996)

¹⁰ Horace M. Gray, “The passing of the Public Utility Concept”, Journal of Land and Public Utility Economics (1949)

¹¹ Review by Gordon Tullock and Holbert R. Harris. “Direct Electric Utility Competition: The Natural Monopoly Myth by Walter J. Primeaux. .Public Choice Vol. 54, No. 1 (1987), p. 99

A continuación se hará una revisión sobre las estrategias y metas vigentes para el desarrollo e impulso del sector eléctrico en México.

2.2 Directrices del sector energético en México

El sector eléctrico en México busca cubrir los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) así como apegarse a los lineamientos establecidos en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Con respecto al sector energético pero fundamentalmente con el sector eléctrico los ejes rectores bajo los que se realizan las políticas son los siguientes¹²:

Eje 4. México Próspero.

Objetivo 4.4.- Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo.

Estrategia 4.4.1.- Implementar una política integral de desarrollo que vincule la sustentabilidad ambiental con costos y beneficios para la sociedad.

Principales líneas de acción

- Actualizar y alinear la legislación ambiental para lograr una eficaz regulación de las acciones que contribuyen a la preservación y restauración del medio ambiente y los recursos naturales.
- Promover el uso y consumo de productos amigables con el medio ambiente y de tecnologías limpias, eficientes y de bajo carbono.

Estrategia 4.4.3. Fortalecer la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono.

Principales líneas de Acción

- Acelerar el tránsito hacia un desarrollo bajo en carbono en los sectores productivos primarios, industriales y de la construcción, así como en los servicios urbanos, turísticos y de transporte.

¹² Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.

- Promover el uso de sistemas y tecnologías avanzados, de alta eficiencia energética y de baja o nula generación de contaminantes o compuestos de efecto invernadero.
- Realizar investigación científica y tecnológica, generar información y desarrollar sistemas de información para diseñar políticas ambientales y de mitigación y adaptación al cambio climático.

Objetivo 4.6.- Abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva.

Estrategia 4.6.2. Asegurar el abastecimiento racional de energía eléctrica a lo largo del país.

Principales líneas de acción

- Impulsar la reducción de costos en la generación de energía eléctrica para que disminuyan las tarifas que pagan las empresas y las familias mexicanas.
- Homologar las condiciones de suministro de energía eléctrica en el país.
- Diversificar la composición del parque de generación de electricidad considerando las expectativas de precios de los energéticos a mediano y largo plazos.
- Modernizar la red de transmisión y distribución de electricidad.
- Promover el uso eficiente de la energía, así como el aprovechamiento de fuentes renovables, mediante la adopción de nuevas tecnologías y la implementación de mejores prácticas.
- Promover la formación de nuevos recursos humanos en el sector, incluyendo los que se especialicen en la energía nuclear.

Por su parte, el Programa Sectorial de Energía establece los objetivos específicos a alcanzar conforme a lo dispuesto en el Plan Nacional de Desarrollo, de los cuales solo se harán mención de aquellos relacionados con la generación de energía eléctrica y la transición energética¹³:

Objetivo 2.- Optimizar la operación y expansión de infraestructura eléctrica nacional.

Estrategia 2.1.- Desarrollar la infraestructura eléctrica nacional, con criterios de economía, seguridad, sustentabilidad y viabilidad económica.

¹³ Programa Sectorial de Energía 2013-2018. Diario Oficial de la Federación.

Estrategia 2.2.- Disponer de infraestructura eléctrica en las mejores condiciones para proveer el servicio con estándares de seguridad, calidad y eficiencia.

Estrategia 2.3.- Disminuir los costos a lo largo de la cadena productiva del sector eléctrico que permitan la reducción de tarifas.

Estrategia 2.4.- Actualizar el marco jurídico para incentivar el desarrollo eficiente del sector bajo los principios de certidumbre, transparencia y rendición de cuentas.

Objetivo 4.- Incrementar la cobertura de usuarios de combustibles y electricidad en las distintas zonas del país.

Estrategia 4.1.- Ampliar la cobertura del servicio eléctrico y homologar sus condiciones de calidad y seguridad de suministro promoviendo la inclusión social

Objetivo 5.- Ampliar la utilización de fuentes de energía limpias y renovables, promoviendo la eficiencia energética y la responsabilidad social y ambiental.

Estrategia 5.1.- Incrementar la participación de energías limpias y renovables en la generación de electricidad.

Estrategia 5.2.- Promover el aprovechamiento sustentable de la energía en todos sus procesos y actividades desde la exploración hasta el consumo.

Estos objetivos, así como las metas que propone el ejecutivo en el Plan Nacional de Desarrollo pueden llegar a ser una realidad si es que se determina poner fin a la imagen arraigada en la industria energética y es que muchas de algunas estrategias representan limitantes para el mismo plan ya que dependen de que se tomen decisiones en la dirección correcta por parte de la paraestatal pero esta al no responder a las necesidades de la demanda de energía ni a la sostenibilidad, sino precisamente a programas e ideologías políticas que se ven modificadas cada periodo de transición política y los objetivos se ven truncados y no se pueden llevar a cabo, así mismo en un marco donde la problemática no es únicamente la falta de desarrollo del sector energético y los perjuicios que tiene la participación de un monopolio, se da paralelamente con la necesidad de la mitigación de los efectos del cambio climático.

2.3 Sistema Eléctrico Nacional.

En este apartado se tratará de presentar una “fotografía” del estado actual del Sistema Eléctrico Nacional. Para esta revisión solo se considerará a la capacidad instalada del Sistema haciendo omisión de la demanda y la evolución de los precios, pues la intención es conocer la composición de la matriz energética y difícilmente esto se puede determinar a través de los precios o la demanda.

EL Sistema Eléctrico Nacional está conformado por el sector público y aquella energía no suministrada al servicio público; el sector público se integra por la infraestructura de la Comisión Federal de Electricidad y las centrales construidas por los Productores Independientes de Energía, los cuales venden la totalidad de su producción eléctrica a la Comisión Federal de Electricidad para suministro en el servicio público.

Existen otras modalidades permitidas por la legislación vigente bajo la forma de cogeneración, autoabastecimiento, usos propios continuos, pequeña producción, importación y exportación, que conforman otro grupo, y que considera a los sectores industrial, comercial y servicios, sin embargo el mismo no tiene una conexión al tendido central de la red eléctrica.

El Sistema Eléctrico Nacional se organiza en nueve regiones. La operación de estas nueve regiones está bajo la responsabilidad de ocho centros de control ubicados en las ciudades de México, Puebla, Guadalajara, Hermosillo, Gómez Palacio, Monterrey y Mérida; las dos regiones de Baja California se administran desde Mexicali.

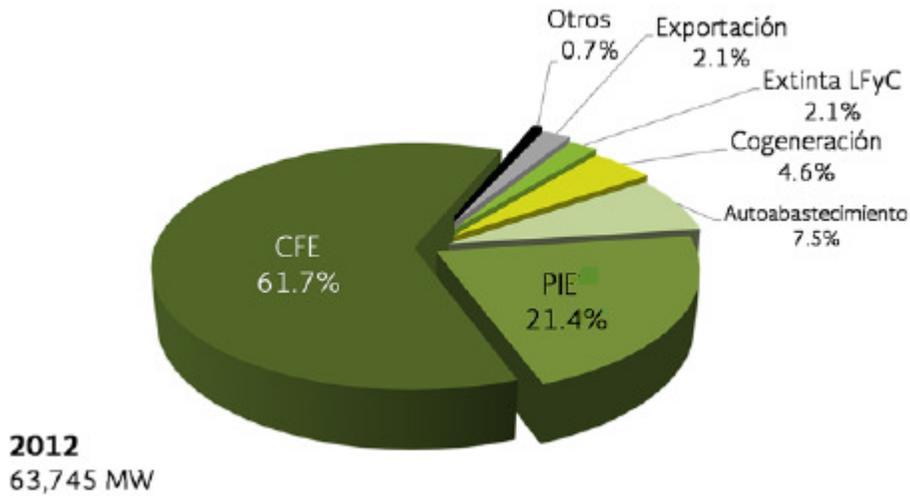
2.3.1 Capacidad instalada

La capacidad instalada en el Sector Eléctrico Nacional en 2013 se ubicó en 64,860 (MW), de los cuales 64% correspondió a capacidad de la CFE y 36% de permisionarios. La capacidad efectiva de generación en el servicio público de energía eléctrica ascendió a 53,601 MW, de los cuales 41,184 MW (76.83%) correspondieron a CFE y 12,418 MW (23.17%) de los Productores Independientes de Energía¹⁴.

¹⁴ Programa Sectorial de Energía 2013-2018

De todas las modalidades de generación contempladas por la legislación actual, los Productores Independientes de Energía destacan por su mayor contribución al crecimiento de la capacidad instalada del Sector Eléctrico Nacional, lo que ha permitido obtener ganancias en eficiencia en el proceso de expansión y modernización del parque de generación.

Gráfica 1.
Capacidad efectiva instalada nacional (participación porcentual)



Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027.

La capacidad instalada que no constituye el servicio público (permisionarios) observó, al mes de septiembre de 2013, un incremento de 632 MW respecto al cierre de 2012, ubicándose en 23,681MW, como resultado de incorporaciones principalmente de plantas para autoabastecimiento y de cogeneración.

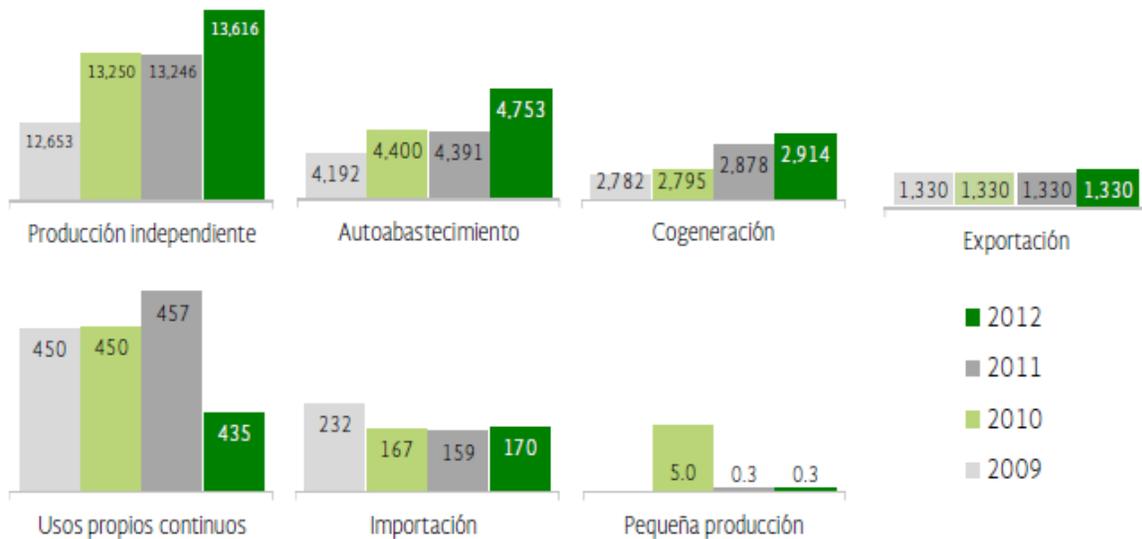
Gráfica 2.
Participación de la capacidad de generación eléctrica de permisionarios 2012
(Porcentaje)

9,432 MW



Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027

Gráfica 3.
Evolución de la capacidad de generación de permisionarios (2009-2012).



Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027.

2.3.1.1 Capacidad instalada de generación de energía eléctrica para el servicio público por región.

La disponibilidad de recursos energéticos, infraestructura y ubicación respecto a los centros de demanda son factores que determinan la capacidad instalada del país y la distribución entre sus Estados. En el 2012, esta capacidad en el servicio público fue de 53,111.2 MW. La región con mayor capacidad instalada fue la Sur-Sureste con 36.0%, seguido de Noreste con 25.7%, Centro Occidente con 15.3%, Noroeste con 13.0% y Centro con 10.0%.

Noroeste.

En 2012 la región Noroeste alcanzó 6,911.9 MW de capacidad instalada, lo que representa una disminución de 0.5% respecto a 2011. La tecnología con mayor participación en esta región es la termoeléctrica convencional con 35.9% del total, seguida de ciclo combinado con 28.9%; turbogás y combustión interna participaron con 13.1% en conjunto. Las fuentes alternas tuvieron una participación de 8.4%, es decir, 581.6 MW y las hidroeléctricas con 941.2 MW, equivalente a 13.6% del total de capacidad instalada en esa región (véase Figura 3.13).

Para el período 2002-2012 en esta región las centrales de Ciclo Combinado tuvieron la mayor tasa de crecimiento con 10.5% anual, destacando las centrales PIE con un crecimiento más rápido del 15.4% de capacidad. Por otro lado las terminales de tecnología eólica tuvieron una tasa decreciente en este período de 5.0%, reportándose en el 2012, 0.6MW de capacidad. También se adicionaron capacidades a esta región mediante terminales solares fotovoltaicas con 1 MW.

Figura 1.
Regiones del Sistema Eléctrico Nacional



Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027.

Noreste.

La región Noreste ha mantenido 13,672 MW de capacidad efectiva durante los últimos cuatro años. De esta capacidad 61.9% corresponde a terminales de ciclo combinado, 19.0% a terminales carboeléctricas y 14.9% a termoeléctricas convencionales. Durante el período de 2002-2012 ésta última tecnología presentó una tasa de decrecimiento anual de 3.1%, de igual forma, la capacidad de generación con tecnología turbogás presentó una tasa negativa 6.1% en su capacidad efectiva para esta región.

Centro-Occidente.

En 2012 la capacidad instalada en la región Centro Occidente fue de 8,130 MW, 1.0% inferior que el 2011, esto se debió principalmente a los trabajos para conversión de las Plantas 1 y 2 de la central termoeléctrica de Manzanillo I. Del total en la región, destaca la participación de terminales hidroeléctricas cuya participación fue de 32.9. Las centrales

termoeléctricas convencionales contribuyeron 31.4%, y las centrales de ciclo combinado 27.6% de la capacidad instalada total.

En los últimos diez años el crecimiento promedio anual para la región Centro Occidente fue de 2.2%, donde las terminales de Ciclo Combinado han tenido un crecimiento de 10.7% en promedio anual. Cabe mencionar que centrales de fuentes renovables como la geotérmicas han presentado un incremento promedio de capacidad de 8.1% anual (véase Cuadro 3.8).

Centro.

Por tercer año consecutivo, esta región no tuvo variaciones de capacidad por lo que se mantuvo en 5,291 MW. A nivel nacional esta región participa con 10.0%, siendo la de menor capacidad instalada y es también la que presenta la menor tasa de crecimiento anual desde el año 2002 con 2.1%. En esta región predominan las centrales de ciclo combinado cubriendo 11.3% de la capacidad, por su parte las centrales geotérmicas participan con 4.8%, turbogás con 2.8% e hidroeléctricas con 0.6%. Finalmente las centrales termoeléctricas convencionales presentaron una tasa de decrecimiento anual de 0.8%.

Sur-Sureste.

A nivel nacional esta región cuenta con la mayor capacidad efectiva, 19,105.8 MW, lo que equivale a 36.0% del total nacional. Como resultado de las adiciones de capacidad en Oaxaca por 510.9 MW y la repotenciación de las turbinas de vapor la central Nucleoeléctrica Laguna verde por 245.1MW, esta región presentó un incremento en su capacidad con respecto al año 2011 de 3.9%. El 62% provino de fuentes no fósiles, de los cuales las centrales hidroeléctricas tuvieron una capacidad instalada de 7,073.2 MW.

En promedio, el crecimiento de esta región durante el periodo 2002-2012 ha presentado una tasa de crecimiento anual de 3.1%, siendo las centrales de generación con base en energía eólica las de mayor crecimiento medio con 76.8%. En el año 2012 los PIE participaron con cerca de los 511 MW del total de capacidad de fuente eólica. Por otro lado, el Ciclo Combinado ocupa la segunda posición con 9.0% de crecimiento anual entre el 2002 y 2012. Finalmente las centrales termoeléctricas tuvieron un decrecimiento de 0.3% a lo largo de este período.

Cuadro 1.
Evolución de la capacidad efectiva instalada del servicio público por región
tecnología (2002-2012)

Región	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	tmca (%)
Total	41,177	44,554	46,552	46,534	48,769	51,029	51,105	51,686	52,945	52,512	53,114	2.6
Noroeste	6,205	6,952	6,922	6,673	6,714	6,748	6,748	7,025	7,023	6,945	6,912	1.1
Hidroeléctrica	941	941	941	941	941	941	941	941	941	941	941	0.0
Termoeléctrica cor	2,895	2,895	2,895	2,525	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485	-1.5
Ciclo combinado	734	1,481	1,493	1,718	1,720	1,720	1,720	1,997	1,997	1,997	1,997	10.5
CFE	496	496	496	721	723	723	723	1,000	1,000	1,000	1,000	7.3
PIE	238	985	997	997	997	997	997	997	997	997	997	15.4
Turbogás	768	768	716	584	663	663	663	663	663	663	663	-1.5
Combustión intern:	137	137	146	174	174	209	209	209	207	203	244	6.0
Geotérmica	730	730	730	730	730	730	730	730	730	655	580	-2.3
Eólica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-5.0
Solar fotovoltaica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	n.a.
Noreste	10,013	11,308	11,854	12,086	13,203	13,194	13,234	13,222	13,672	13,672	13,672	3.2
Hidroeléctrica	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	125.5	0.0
Termoeléctrica cor	2,789	2,789	2,789	2,111	2,111	2,036	2,036	2,036	2,036	2,036	2,036	-3.1
Ciclo combinado	3,659	4,954	5,449	6,447	7,765	7,976	8,015	8,015	8,465	8,465	8,465	8.7
CFE	1,973	1,973	1,973	1,973	2,169	2,380	2,420	2,420	2,420	2,420	2,420	2.1
PIE	1,687	2,982	3,477	4,475	5,596	5,596	5,596	5,596	6,046	6,046	6,046	13.6
Turbogás	839	839	890	802	602	457	457	445	445	445	445	-6.1
Carboeléctrica	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	0.0
Centro-Occidente	6,520	6,605	6,727	6,724	6,704	8,553	8,553	8,553	8,553	8,213	8,130	2.2
Hidroeléctrica	1,881	1,881	1,873	1,878	1,857	2,634	2,634	2,634	2,634	2,630	2,675	3.6
Termoeléctrica cor	3,466	3,466	3,466	3,466	3,466	3,466	3,466	3,466	3,466	3,150	2,550	-3.0
Ciclo combinado	810	793	1,174	1,166	1,161	2,233	2,233	2,233	2,233	2,240	2,240	10.7
CFE	218	218	597	601	601	603	603	603	603	610	610	10.8
PIE	592	575	577	565	560	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	10.7
Turbogás	275	275	24	24	24	24	24	24	24	0	473	5.6
Combustión intern:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.7
Geotérmica	88	190	190	190	195	195	195	195	195	192	192	8.1
Centro	4,296	4,311	4,607	4,607	4,649	4,950	4,955	5,229	5,291	5,291	5,291	2.1
Hidroeléctrica	684	684	714	714	729	729	729	729	729	729	729	0.6
Termoeléctrica cor	2,474	2,474	2,174	2,174	2,174	2,220	2,220	2,250	2,280	2,280	2,280	-0.8
Ciclo combinado	489	489	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,420	1,420	1,420	1,420	11.3
CFE	489	489	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,420	1,420	1,420	1,420	11.3
Turbogás	623	623	640	640	672	928	928	790	822	822	822	2.8
Geotérmica	25	40	40	40	35	35	40	40	40	40	40	4.8
Sur-Sureste	14,140	15,375	16,439	16,440	17,496	17,580	17,612	17,654	18,403	18,387	19,106	3.1
Hidroeléctrica	5,976	5,976	6,876	6,877	6,913	6,913	6,913	6,953	7,073	7,073	7,073	1.7
Termoeléctrica cor	2,659	2,659	2,659	2,659	2,659	2,659	2,659	2,659	2,610	2,610	2,573	-0.3
Ciclo combinado	1,651	2,886	2,886	2,886	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	9.0
CFE	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	0.0
PIE	979	2,214	2,214	2,214	3,234	3,234	3,234	3,234	3,234	3,234	3,234	12.7
Turbogás	385	385	548	548	548	548	581	583	583	565	565	3.9
Combustión intern:	2	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4.8
Dual	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	0.0
Carboeléctrica	0	0	0	0	0	0	0	0	678	678	678	n.a.
Eólica	2	2	2	2	2	85	85	85	85	86	597	76.8
CFE	2	2	2	2	2	85	85	85	85	86	86	45.7
PIE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	511	n.a.
Nuclear	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,610	1.7
Plantas móviles	3	0.4										

Fuente: Prospectiva del sector eléctrico 2013-2027.

Cuadro 2.
Permisos otorgados bajo la modalidad de productores independientes al cierre de 2012

Central	Permisionario	Tecnología	Capacidad Autorizada (MW)	Año en que se otorgó el permiso	Año de entrada en operación	Ubicación
Mérida III	AES Mérida III, S. de R.L. de C.V.	CC	532	1997	2000	Yucatán
Hermosillo	Fuerza y Energía de Hermosillo, S.A. de C.V.	CC	253	1998	2001	Sonora
Río Bravo II (Anáhuac)	Central Anáhuac, S.A. de C.V.	CC	569	1998	2002	Tamaulipas
Saltillo	Central Saltillo, S.A. de C.V.	CC	248	1999	2001	Coahuila
Bajío (El Sauz)	Energía Azteca VIII, S. de R.L. de C.V.	CC	597	1999	2002	Guanajuato
Tuxpan II	Electricidad Águila de Tuxpan, S. de R.L. de C.V.	CC	536	1999	2001	Veracruz
Monterrey III	Iberdrola Energía de Monterrey, S.A. de C.V.	CC	530	1999	2002	Nuevo León
Campeche	Energía Campeche, S.A. de C.V.	CC	275	2000	2003	Campeche
Altamira II	Electricidad Águila de Altamira, S. de R.L. de C.V.	CC	565	2000	2002	Tamaulipas
Naco Nogales	Fuerza y Energía de Naco-Nogales, S.A. de C.V.	CC	289	2000	2003	Sonora
Mexicali	Energía Azteca X, S. de R.L. de C.V.	CC	597	2000	2003	Baja California
Tuxpan III y IV	Fuerza y Energía de Tuxpan, S.A. de C.V.	CC	1,120	2000	2003	Veracruz
Altamira III y IV	Iberdrola Energía Altamira, S.A. de C.V.	CC	1,154	2001	2003	Tamaulipas
Chihuahua III	Energía Chihuahua, S.A. de C.V.	CC	278	2001	2003	Chihuahua
Río Bravo III	Central Lomas de Real, S.A. de C.V.	CC	541	2001	2004	Tamaulipas
Río Bravo IV	Central Valle Hermoso, S.A. de C.V.	CC	547	2002	2005	Tamaulipas
La Laguna II	Iberdrola Energía La Laguna, S.A. de C.V.	CC	514	2002	2005	Durango
Altamira V	Iberdrola Energía del Golfo, S.A. de C.V.	CC	1,143	2003	2006	Tamaulipas
Valladolid III	Compañía de Generación Valladolid, S. de R.L. de C.V.	CC	563	2004	2006	Yucatán
Tuxpan V	Electricidad Sol de Tuxpan, S. de R.L. de C.V.	CC	548	2004	2006	Veracruz
Tamazunchale	Iberdrola Energía Tamazunchale, S.A. de C.V.	CC	1,161	2004	2007	San Luis Potosí
Norte	Fuerza y Energía de Norte Durango, S.A. de C.V.	CC	547	2007	2010	Durango
Oaxaca I	Energías Ambientales de Oaxaca, S.A. de C.V.	EOL	102	2009	2012	Oaxaca
La Venta III	Energías Renovables Venta III, S.A. de C.V.	EOL	103	2009	2012	Oaxaca
Oaxaca II	CE Oaxaca Dos, S. de R.L. de C.V.	EOL	102	2010	2012	Oaxaca
Oaxaca IV	CE Oaxaca Cuatro, S. de R.L. de C.V.	EOL	102	2010	2012	Oaxaca
Oaxaca III	CE Oaxaca Tres, S. de R.L. de C.V.	EOL	102	2010	2012	Oaxaca
Norte II	KTS Electric Power Company, S.A. de C.V.	CC	533	2010	2013	Chihuahua
Total			14,149			

Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027.

2.4. Subsidios a las tarifas eléctricas.

Los subsidios a las tarifas eléctricas se definen como la diferencia entre el precio de la electricidad pagada por los consumidores y el costo promedio de suministro. Los subsidios a las tarifas de la CFE son financiados mediante registros contables. El Gobierno Federal reembolsa a la paraestatal por una parte de los subsidios transferidos a sus consumidores mediante la cancelación de su obligación de pagar aprovechamiento, mientras el remanente se absorbe por CFE mediante el decremento de su patrimonio. Las tarifas Comerciales, Industriales y Domésticas de Alto Consumo no reciben subsidio, sino que en muchos casos pagan más de su costo de servicio. Las aportaciones superavitarias de estos usuarios se utilizan para compensar una parte de los subsidios otorgados a otros usuarios. Por lo tanto, el subsidio aportado por el Gobierno Federal cubre solo una parte del subsidio total.

En México, el subsidio se encuentra implícito en las tarifas domésticas (a excepción de los usuarios de alto consumo y no reciben ningún tipo de subsidio) y en dos tarifas agrícolas. Las tarifas domésticas están subsidiadas dependiendo de la temperatura y estación en que se apliquen. Éstas están estructuradas en tres rangos con objeto de subsidiar a los usuarios en función de su nivel de consumo debido a la temperatura.

Así, en las regiones de mayor temperatura, los bloques de consumo subsidiado son más grandes. Al cierre de 2012 el monto estimado de subsidios otorgado a los usuarios con tarifa doméstica ascendió a 89,821 millones de pesos.

Las tarifas industriales y comerciales no cuentan con subsidios y tienden a cubrir los costos totales de suministro. En 2011 los subsidios para las tarifas de servicios ascendieron a 2,032 millones de pesos (2.02% del total). Estas tarifas cubrieron el 97% en promedio de su costo total de suministro en 2010. La mayoría de los usuarios agrícolas son beneficiarios de los estímulos establecidos en la Ley de Energía para el Campo y están clasificados en las tarifas agrícolas de estímulo.

Estas tarifas presentan un subsidio muy elevado y contienen cargos únicos que se ajustan al inicio de cada año, en un monto que se ha mantenido fijo desde su creación en 2003 equivalente a 2 centavos por kWh para la tarifa diurna y 1 centavo por kWh para la tarifa nocturna.

A los usuarios de este sector, que no son beneficiarios de las tarifas de estímulo o que rebasan el límite de la cuota energética establecida por la SAGARPA, se les aplica las tarifas agrícolas normales con un subsidio mucho menor, ya sea al consumo total o al consumo excedente según sea el caso. Estas tarifas se han ajustado mensualmente con un factor de 2%, a efecto de reducir paulatinamente el nivel de subsidio.

Capítulo 3.

La energía solar y su aprovechamiento en México.

En la actualidad existen muchas alternativas en la generación de energía eléctrica además de los combustibles fósiles, por lo que una transición energética no depende en encontrar un “sustituto perfecto” a los combustibles fósiles, ésta se debe llevar a cabo de manera más completa buscando que todas estas alternativas puedan ser explotadas y desarrolladas para eliminar una posible dependencia futura de una fuente en particular.

Estas fuentes son las consideradas como renovables que se definen como aquellas “cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica”¹⁵

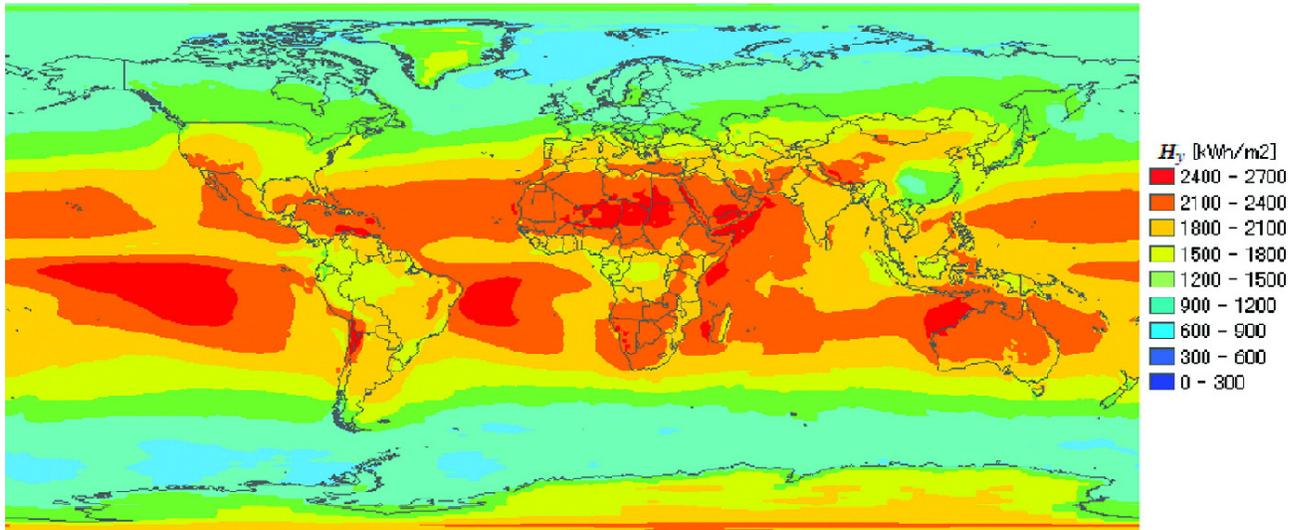
Es importante mencionar que la energía solar no representa a corto plazo la solución a la creciente demanda de energía ya que en la actualidad contribuye modestamente a la generación de energía eléctrica y es una alternativa que se encuentra principalmente en una fase de investigación en cuánto a su eficiencia y su incorporación al mercado como una alternativa viable económicamente.

Es debido a lo anterior que surge la pregunta ¿Por qué entonces la energía solar representaría una prioridad en la transición energética? La respuesta es simple y es que la energía solar es la fuente renovable que más abunda, su potencial es enorme y que su distribución es más uniforme que las demás alternativas como la geotérmica o la eólica y sobre todo a la energía hidráulica que depende en su totalidad a la disponibilidad de caídas de agua, por lo tanto la energía solar deberá ser prioritaria, ya que cualquier zona del país tendría la posibilidad de explotar dicha fuente, ya sean zonas rurales o grandes ciudades, todas cuentan con irradiación solar, y aunque existen variaciones en la intensidad de la misma, representa una fuente que aunque su participación varíe de región en región será la única que estará presente en la baraja de fuentes energéticas de cualquier zona del país.

¹⁵ Ley General para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética

La Tierra recibe 174 petavatios de radiación solar entrante desde la capa más alta de la atmósfera. Aproximadamente el 30% regresa al espacio, mientras que las nubes, los océanos y las masas terrestres absorben la restante. La energía recibida en un período de 10 días equivale a todas las reservas conocidas de petróleo, carbón y gas¹⁶.

Figura 2.
Radiación total mundial.



Fuente: <http://energyoutlook.blogspot.mx>

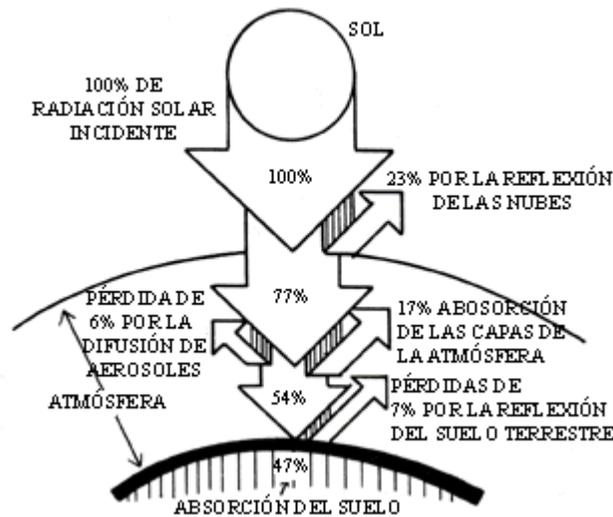
La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. En condiciones de radiación aceptables, la potencia equivale aproximadamente a 1000 W/m² en la superficie terrestre.

La radiación es aprovechable en sus componentes directos y difusos, o en la suma de ambos. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La bóveda celeste diurna emite la radiación difusa debido a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones.

¹⁶ Sistemas de Concentración Solar para la Generación Eléctrica para la Generación Eléctrica. Coordinación de Concentración Solar del Centro de Investigación Coordinación de Concentración Solar del Centro de Investigación en Energía. UNAM.

Se estima que la energía total que absorben la atmósfera, los océanos y los continentes puede ser de 3.850.000 exajulios por año. En 2002, esta energía en un segundo equivalía al consumo global mundial de energía durante un año. La fotosíntesis captura aproximadamente 3.000 EJ por año en biomasa, lo que representa solo el 0,08% de la energía recibida por la Tierra. La cantidad de energía solar recibida anual es tan vasta que equivale aproximadamente al doble de toda la energía producida jamás por otras fuentes de energía no renovable como son el petróleo, el carbón, el uranio y el gas natural.

Figura 3.
Balance energético de la radiación solar para longitudes de onda corta (<4μm)



Fuente: El oro solar y otras fuentes de energía.

Un ejemplo del potencial de la misma, la irradiación solar global en México es en promedio de 5 kWh/día/m², pero en algunas regiones del país se llega a valores de 6 kWh/día/m². Suponiendo una eficiencia del 15%, bastaría un cuadrado de 25 km de lado en el desierto de Sonora o Chihuahua para generar toda la energía eléctrica que requiere hoy en día el país.

Aunque de una manera técnica no es posible incrustar este cuadrado es claro que el potencial es muy superior a las demás alternativas incluyendo a los combustibles fósiles.

3.1. Clasificación.

La energía solar para poder ser aprovechable por la humanidad debe de transformarse, ya sea de manera directa o de manera indirecta, esto ya sea a través de la conversión fototérmica o fotoeléctrica.

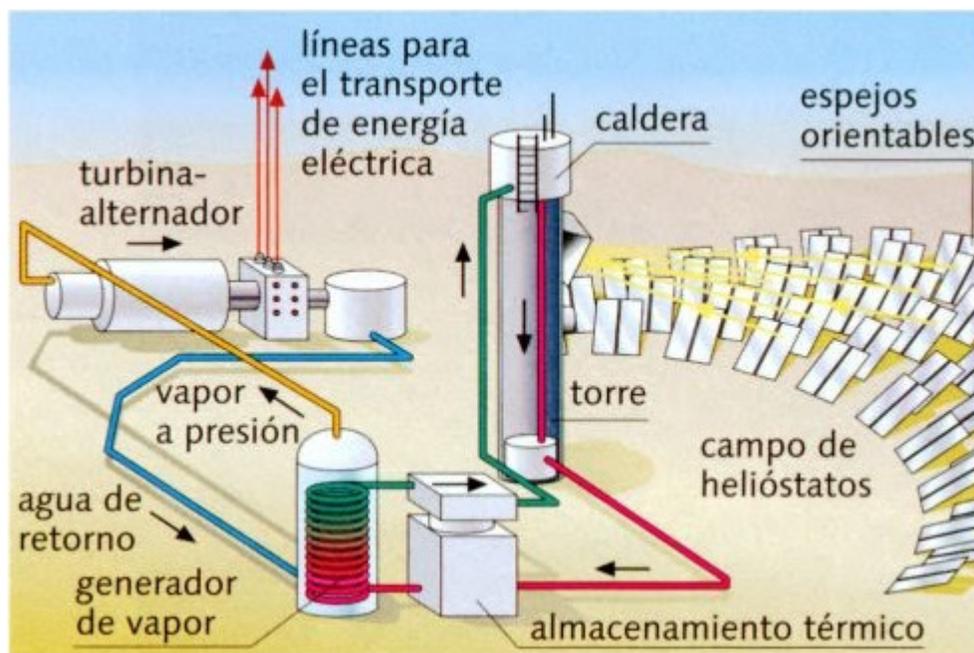
3.1.1. Sistemas fototérmicos

El calor se transmite siempre de los cuerpos calientes a los fríos, y nunca de manera inversa. Existen tres formas de transmitir el calor: por radiación, por convección y por conducción. En los sistemas solares fototérmicos se deben aprovechar al máximo estas formas de transmisión de calor o, visto de otra manera, tienen que evitarse las pérdidas de calor por estas tres formas de transmisión. Estos sistemas funcionan por medio de la conversión de la luz solar en calor sobre superficies que transfieren dicha energía a fluidos de trabajo para producción de calor. Esto se puede conseguir por medio de dispositivos de concentración de radiación con superficies especulares y selectivas.

3.1.1.1. Tecnologías disponibles.

La principal tecnología de sistemas fototérmicos es la Generación de Concentración Solar (GCS) esta ha sido la de mayor desarrollo a nivel mundial. Esta tecnología consiste en el uso de espejos para concentrar los rayos solares en un receptor, el cual colecta y transfiere la energía solar para calentar un fluido térmico que puede ser usado para proporcionar calor de uso final o generación de electricidad a través de turbinas de vapor convencionales. Las plantas de generación de energía solar pueden ser equipadas con sistemas de almacenamiento de calor que permiten proveer calor o generación de electricidad por la noche o en climas nublados. Existen cuatro tipos de sistemas: canal parabólico (CP), reflector de Fresnel (RF), torre solar (TS) y disco solar (DS). Los tres primeros son los más usados para la generación de electricidad en plantas de potencia centralizadas, siendo las de canal parabólico la tecnología más madura comercialmente. La tecnología de disco solar es más adecuada para generación distribuida.

Figura 4.
Modelo de central fototérmica.



Fuente: <http://mind42.com/mindmap/>

La capacidad instalada de los GCS se encuentra aún en una etapa temprana de desarrollo, con 2 GW aproximadamente a nivel mundial en el año 2012. De acuerdo a estimaciones de la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA), ésta tecnología podría alcanzar 12 GW de capacidad instalada en 2015 y hasta 337 GW en 2030¹⁷.

El costo de inversión de GCS varía significativamente dependiendo de la mano de obra local y el costo de terreno, el tamaño de la planta, el sistema de almacenamiento, y el nivel de madurez del proyecto. De acuerdo a IRENA, el costo de inversión de plantas CP sin almacenamiento térmico es entre 5,500 y 8,000 US\$/kW, mientras las que cuentan con almacenamiento térmico es entre 7,500 y 8,500 US\$/kW. Por su parte, las plantas TS con 6 a 9 horas de almacenamiento térmico y factores de capacidad entre 41 y 54% tienen un costo entre 6,300 y 7,700 US\$/kW; plantas con 12 a 15 horas de almacenamiento térmico y factores de capacidad entre 68 a 79% tienen un costo entre 9,000 y 10,500 US\$/kW. Los costos de plantas RF y DS aún no se estiman ya que se encuentran en etapa temprana de desarrollo.

¹⁷ Prospectivas del Sector Eléctrico 2013-2027.

Los costos de inversión de las plantas CSP son significativamente altos en comparación con las tecnologías de generación eléctrica convencional. No obstante, la Agencia Internacional de Energía estima que el costo de inversión típico de este tipo de tecnologías pueda reducirse entre 40 y 50% en el año 2020. Otra expectativa es que los costos de inversión sean entre 3,250 a 3,650 US\$/kW en el año 2030¹⁸, dependiendo de la penetración de la tecnología en el mercado energético.

Estudios recientes¹⁹ han demostrado que el costo nivelado de electricidad de plantas CSP tipo CP se encuentran entre 200 y 330 US\$/MWh, mientras que las plantas tipo TS entre 160 y 270 US\$/MWh, dependiendo de su localización, tipo de almacenamiento, tasa de interés y otros factores. Por su parte, IRENA estima que en el corto plazo el costo nivelado de electricidad para plantas CP será entre 180 y 340 US\$/MWh en el año 2015, mientras que las plantas tipo TS será entre 150 y 240 US\$/MWh para el mismo año. En muchos países se han realizado mayores inversiones en investigación y desarrollo para mejorar el desempeño de las plantas CSP, por lo que de esta manera podrían reducir sus costos de inversión. Los factores más importantes para reducción de costos son: avances tecnológicos de los componentes y sistemas; almacenamiento térmico avanzado; incremento del tamaño de plantas y economías de escala; aprendizaje industrial en la producción de componentes.

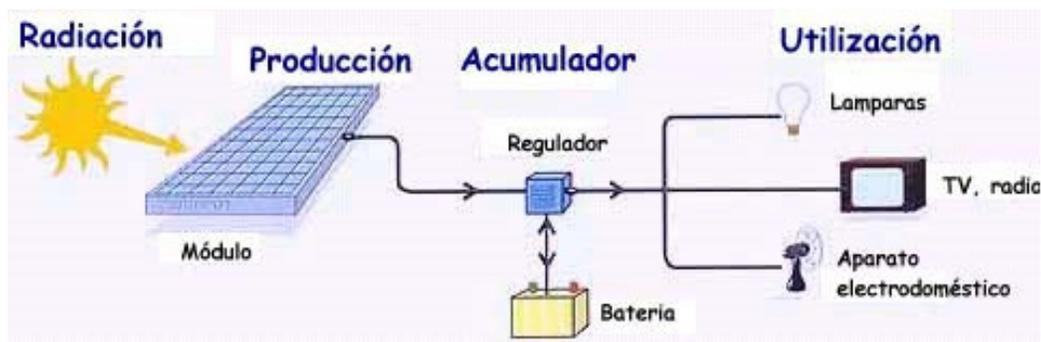
3.1.2. Sistemas fotoeléctricos.

Las celdas solares convierten directamente la luz solar en electricidad, debido al llamado efecto fotovoltaico. La luz está compuesta de fotones con diferentes energías. Cuando un fotón con energía choca con un átomo de algún material, el átomo absorbe la energía del fotón y un electrón del material queda en un estado excitado por la energía absorbida, lo que permite, en algunos casos, que se muevan libremente. Si en lugar de uno son varios los electrones que circulan libremente, puede producirse una corriente eléctrica bajo ciertas condiciones y, por lo tanto, generarse electricidad a partir de energía solar.

¹⁸ ESTELA-Greenpeace, 2009, Concentrating Solar Power Global Outlook 2009

¹⁹ *Ibidem*.

Figura 5.
Diagrama de un módulo fotovoltaico



Fuente: www.solartronic.com

3.1.2.1 Tecnologías fotovoltaicas disponibles.

Las celdas fotovoltaicas representan una pequeña unidad en un equipo para producir electricidad. En general, las celdas pueden ser clasificadas como una placa de base cristalina (cristal simple y multicristalino de Silicio (Si)) de película fina u orgánica. Las celdas fotovoltaicas de silicio simple (sc-Si) están formadas con una placa fabricada usando un método de crecimiento de cristal simple que tiene eficiencias comerciales entre 16% y 24%²⁰. Las celdas fotovoltaicas de silicio multicristalino (mc-Si), usualmente formadas con placas multicristalinas que son fabricadas por medio de un proceso de solidificación de molde, se están convirtiendo populares al ser menos costosa su producción, pero con menor eficiencia, presentando una eficiencia de conversión entre 14% y 17%. Mayor investigación y desarrollo se está llevando a cabo para mejorar la eficiencia de tipo básico de celdas con niveles de eficiencia de laboratorio de 25% para celdas de cristal simple, y 20% para tecnologías de película fina. Por su parte, se ha dado un fuerte desarrollo en las celdas solares de película fina como otra buena alternativa para reemplazar el uso de celdas solares a base de Si; los materiales factibles a ser empleados son Cadmio (Cd), Telurio (Te) y cobre (Cu).

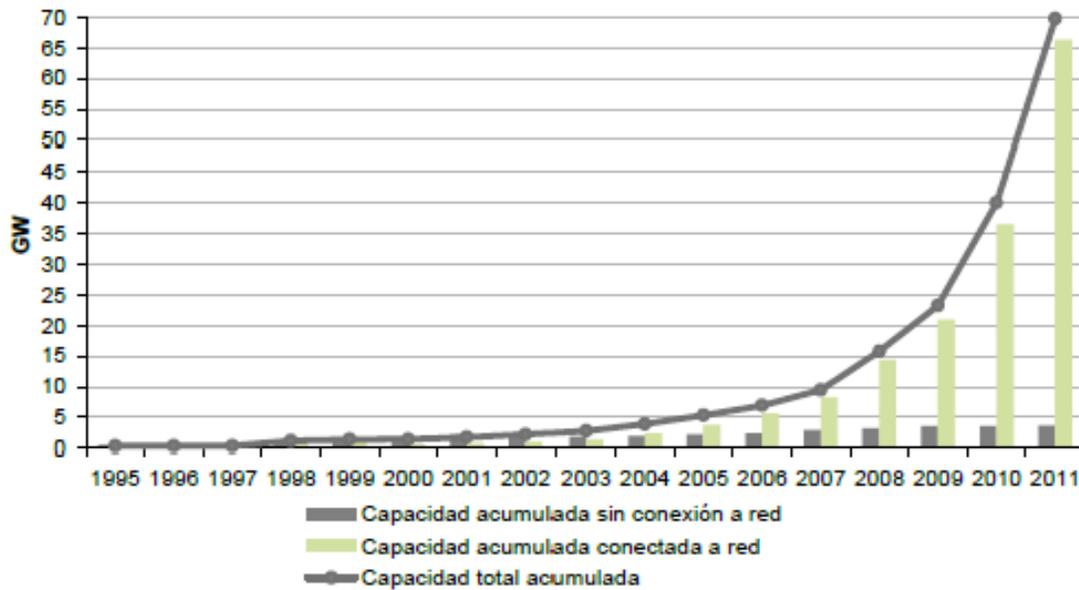
Hay múltiples aplicaciones para los sistemas de potencia fotovoltaicos, comenzando con los pequeños sistemas pico de algunos Watts hasta gran escala de cientos de MW. Las

²⁰ Ibidem.

aplicaciones son identificadas como: sistemas fotovoltaicos pico; sistema doméstico desconectado a la red; sistema no-doméstico desconectado a la red; sistemas híbridos; sistemas de conexión distribuida a la red; y sistemas de conexión centralizada a la red.

La instalación de celdas fotovoltaicas a nivel mundial ha crecido rápidamente en los últimos años, pasando de un par de cientos de MW en 1999, hasta llegar a un acumulado de 99.2 GW en 2012 de capacidad instalada para la generación de electricidad.

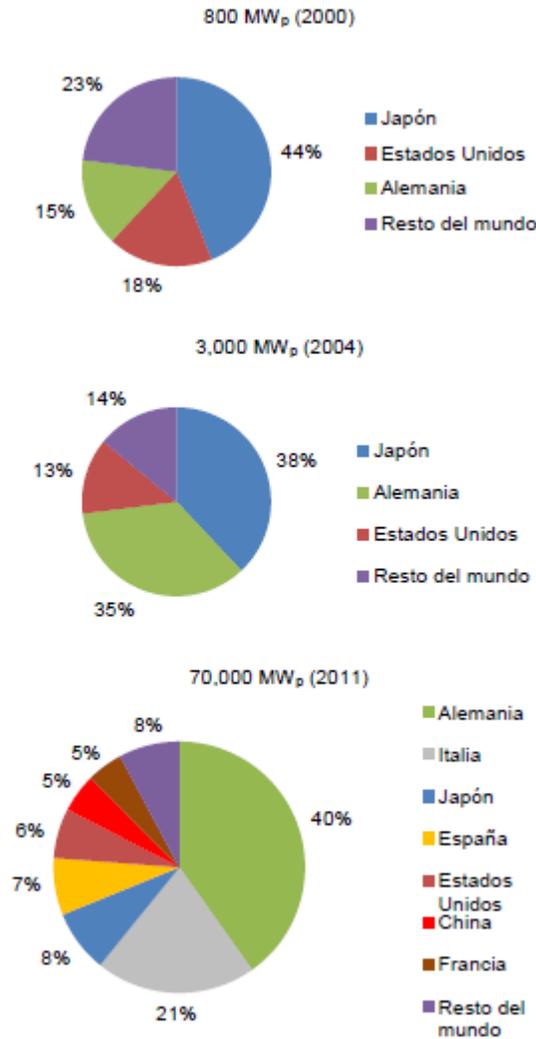
Gráfica 4.
Capacidad instalada con sistemas fotovoltaicos a nivel mundial 1995-2010



Fuente: Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México.

Esta tecnología representa cerca del 20% de la capacidad instalada de fuentes renovables (excluyendo hidroeléctricas). Entre los países con mayor capacidad instalada se encuentra Alemania, contabilizando 33% del total, seguido por Italia con 17%, Estados Unidos con 7.3%, China con 6.8 y Japón con 6.7%. Con la capacidad instalada total registrada en el año 2012, se produjo alrededor de 115 TW/h de electricidad.

Gráfica 5.
Capacidad instalada con sistemas fotovoltaicos en países líderes 2000-2011.



Fuente: Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México.

El futuro de la penetración de las tecnologías fotovoltaicas dependerá de la combinación de distintos factores como lo es el apoyo político. Sin un apoyo político adecuado, la tecnología PV tomará más tiempo para alcanzar niveles aceptables de competitividad con las fuentes convencionales de generación de energía eléctrica. Otro factor muy importante son los precios de la tecnología, lo cuales varían ampliamente y dependen de distintos factores como el tamaño, locación, tipo de consumo, conexión a la red eléctrica y especificaciones técnicas. Por su parte, el reporte de la Agencia Internacional de la Energía

– “Energy Technology Perspectives 2012”²¹, muestra una tendencia a reducir los costos en la instalación de sistemas fotovoltaicos para la generación de electricidad, pasando de 0.19 US\$2000/KWh en 2010 a 0.08 US\$2000/kWh en 2020. Para llegar esta reducción, la AIE da prioridad a esquemas tales como las incentivos para la implementación efectiva y costo eficiente de celdas fotovoltaicas que son transicionales y decrecen a través del tiempo para fortalecer la innovación y el mejoramiento tecnológico; desarrollo e implementación apropiada de esquemas de financiamiento, en particular para electrificación rural; y mayores esfuerzos en investigación y desarrollo para reducir costos y asegurar el rápido desarrollo de la tecnología fotovoltaica.

Actualmente el mercado en la instalación de sistemas PV es de 30 GW por año, por lo que según las estimaciones de la AIE éstas podrían representar hasta 760 GW de capacidad instalada en el año 2035, proveyendo alrededor de 1,000 TWh de electricidad a nivel mundial.

En 2013, el precio de los módulos solares se había reducido en un 80% en 5 años, colocando a la energía solar por primera vez en una posición competitiva con el precio de la electricidad pagado por el consumidor en un buen número de países soleados. El coste medio de generación eléctrica de la energía solar fotovoltaica es ya competitivo con el de las fuentes convencionales de energía en una creciente lista de países, particularmente cuando se considera la hora de generación de dicha energía, ya que la electricidad es usualmente más cara durante el día. Se ha producido una dura competencia en la cadena de producción, y asimismo se esperan mayores caídas del coste de la energía fotovoltaica en los próximos años, lo que supone una creciente amenaza al dominio de las fuentes de generación basadas en las energías fósiles. Conforme pasa el tiempo, las tecnologías de generación renovable son generalmente más baratas, mientras que las energías fósiles se vuelven más caras:

Cuanto más desciende el coste de la energía solar fotovoltaica, más favorablemente compite con las fuentes de energía convencionales, y más atractiva es para los usuarios de electricidad en todo el mundo. La fotovoltaica a pequeña escala puede utilizarse en

²¹ Ibidem.

California a precios de \$100/MWh (\$0,10/kWh)²² por debajo de la mayoría de otros tipos de generación, incluso aquellos que funcionan mediante gas natural de bajo coste. Menores costes en los módulos fotovoltaicos también suponen un estímulo en la demanda de consumidores particulares, para los que el coste de la fotovoltaica se compara ya favorablemente al de los precios finales de la energía eléctrica convencional.

En 2011, el coste de la fotovoltaica había caído bastante por debajo del de la energía nuclear, y se espera que siga cayendo:

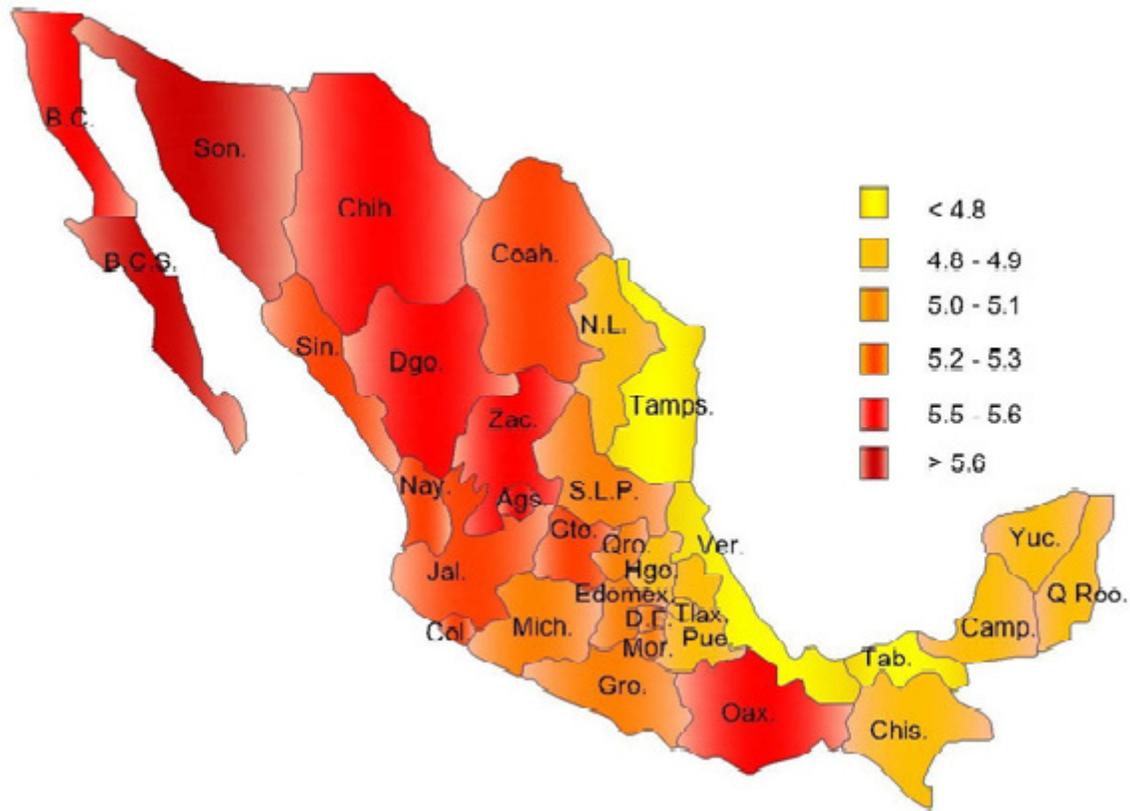
Para instalaciones a gran escala, ya se han alcanzado precios por debajo de 1 \$/Vatio. Por ejemplo, en abril de 2012 se publicó un precio de módulos fotovoltaicos a 0,60 Euros/Vatio (0,78 \$/Vatio) en un acuerdo marco de 5 años. En algunas regiones, la energía fotovoltaica ha alcanzado la paridad de red, que se define cuando los costes de producción fotovoltaica se encuentran al mismo nivel, o por debajo, de los precios de electricidad que paga el consumidor final (aunque en la mayor parte de las ocasiones todavía por encima de los costes de generación en las centrales de carbón o gas, sin contar con la distribución y otros costes inducidos). La energía fotovoltaica se genera durante un período del día muy cercano al pico de demanda (lo precede) en sistemas eléctricos que hacen gran uso del aire acondicionado. Más generalmente, es evidente que, con un precio de carbón de 50 \$/tonelada, que eleva el precio de las plantas de carbón a 5 cent./kWh, la energía fotovoltaica será competitiva en la mayor parte de los países.

3.2 Recursos Solares en México.

Nuestro país tiene regiones con el promedio más alto del mundo. Estas zonas coinciden con los desiertos que se hallan alrededor de los trópicos de Cáncer y de Capricornio, y en ellas pueden construirse centrales de energía solar para satisfacer la demanda que requiere nuestro país. Además en las zonas desérticas el suelo es poco productivo y el clima contribuye a que no se habiten, son las más apropiadas para construir plantas solares de varias decenas de Megawatts de potencia.

²² Ibidem.

Figura 6.
Radiación en la República Mexicana
Kwh/m². Media anual sobre plano horizontal



Fuente: www.pesco.com.mx

Como se menciona al principio del capítulo el promedio diario de energía solar que llega a la República Mexicana es de 5 kWh/día/m, y las regiones con mayor radiación son las de Sonora, Chihuahua y el oriente de la península de Baja California. Existen otras regiones con más de 19 MJm⁻² en el año: una abarca Durango, Zacatecas y Aguascalientes, y otra es Puebla, Guerrero y Oaxaca.

3.3 Proyectos a nivel nacional

La creación de nuevas leyes y comisiones en la búsqueda por parte del gobierno federal de llevar a cabo una reconversión en el sector energético, ha tenido como consecuencia la realización de múltiples estudios entre diferentes consultores y la SENER. Uno de estos trabajos es el Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México, este documento es uno de los principales trabajos sobre los proyectos de energía solar en México, es por eso

que lo tomaremos como base en el recuento de los proyectos contemplados por la SENER en el fomento de la energía solar.

Cuadro 3.
Principales proyectos con sistemas fotovoltaicos conectados a la red en México

Sector	Lugar y año	Modalidad y desarrollador	Potencia [kW _p]	Observaciones
Industrial	Aguascalientes (2011)	Autoabastecimiento; Autoabastecimiento Renovable S.A. de C.V.	3,800	Se otorgó el permiso ⁴³ para uso de los miembros de la sociedad de autoabastecimiento.
Comercial	Aguascalientes (2009)	Autoabastecimiento; Walmart de México, Aleo Solar AG, G3 Serv. Amb.	174	En operación; para el suministro de 20% de la demanda anual requerida por la tienda.
	Distrito Federal (2006)	Autoabastecimiento; The Green Corner	30.6	En operación; para caracterizar su operación y evaluar desempeño e interacción con la red.
Otros	Distrito Federal-Iztapalapa (2009)	Autoabastecimiento; Universidad Autónoma Metropolitana, Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)	60	En operación; para caracterizar su operación, formar recursos humanos, sensibilizar a la comunidad universitaria.
	Nuevo León (2002)	Prueba piloto; IIE e Iniciativa Privada	1	En operación; para autoabastecimiento de instalaciones municipales.
	Guadalajara, Jal. (2012)	Contrato de interconexión en mediana escala; Comisión Nacional Forestal	0.307	En operación; para abastecer 60% del consumo de energía de las oficinas centrales.
Residencial	Tijuana, Guadalajara y Región Laguna (2008)	Autoabastecimiento	10 - 20	En operación; bajo el esquema de "medición neta" (10 sistemas de 1 a 2 kW _p , cada uno).
	Mexicali, Baja California (2006)	Autoabastecimiento; Gob. del Estado, CFE, IIE	220	En operación; primer vecindario solar en México (220 casas con sistemas de 1 kW _p cada una); para evaluar el desempeño técnico, beneficios económicos al usuario y al sistema eléctrico.
	La Paz, Baja California Sur (2006)	Prueba piloto Usuario DAC; IIE, CFE, Iniciativa Privada	6	En operación; reclasificación de una tarifa de alto consumo (DAC) a una más baja.

Fuente: Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México.

Con base en el Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México, se establecen dos nichos principales en la aplicación de sistemas fotovoltaicos:

1er nicho para la aplicación de sistemas fotovoltaicos con rentabilidad alta: El sistema fotovoltaico genera la electricidad necesaria para que el hogar baje de la tarifa Doméstica de Alto Consumo al rango alto de la tarifa residencial que rige en su región. La viabilidad financiera del sistema fotovoltaico se da, primero porque el costo de generación por kWh

con el sistema fotovoltaico es menor que el precio por kWh de la tarifa “Doméstica de Alto Consumo” y segundo por la reducción en el precio por kWh (“Doméstica de Alto Consumo” a rango alto) que el hogar recibe de CFE.

2do nicho para la aplicación de sistemas FV con rentabilidad media: El sistema fotovoltaico genera la electricidad necesaria para que el hogar baje del rango alto al rango básico (consumo en tarifas excedentes) dentro de la tarifa residencial que rige en su región. La viabilidad financiera del sistema fotovoltaico se da por la reducción en el precio por kWh (Rango alto a rango básico) que el hogar recibe de CFE.

Cuadro 4.
Potencial, nichos de mercado, y metas oficiales de sistemas fotovoltaicos conectados a la red en México.

Fuente	Potencial [MW _p]	Proyecciones [MW _p]	Observaciones
Prospectiva del Sector Eléctrico		896 (en el 2025)	CFE: 6 MW _p al 2012 Autoabastecimiento: 600 MW <ul style="list-style-type: none"> • 100 MW_p (2019) • 150 MW_p (2021) • 150 MW_p (2023) • 200 MW_p (2025) Distribuida: 290 MW _p (2020 – 2025)
Unlocking the Sunbelt Potential of Photovoltaics	2,200 a 8,100 3,200 a 12,200 6,500 a 24,300		Escenario "moderado": <ul style="list-style-type: none"> • 2,200 MW_p (2020) • 8,100 MW_p (2030) Escenario "acelerado": <ul style="list-style-type: none"> • 3,200 MW_p (2020) • 12,200 MW_p (2030) Escenario "cambio de paradigma": <ul style="list-style-type: none"> • 6,500 MW_p (2020) • 24,300 MW_p (2030)
Nichos de Mercado para Sistemas Fotovoltaicos en Conexión a la Red Eléctrica en México	81 a 1,336		Escenario "Nichos actuales": <ul style="list-style-type: none"> • 693 MW_p (3 – 5 años) Escenario "Perspectiva conservadora": <ul style="list-style-type: none"> • 81 MW_p (3 – 5 años) Escenario "Perspectiva optimista": <ul style="list-style-type: none"> • 1,336 MW_p (3 – 5 años)

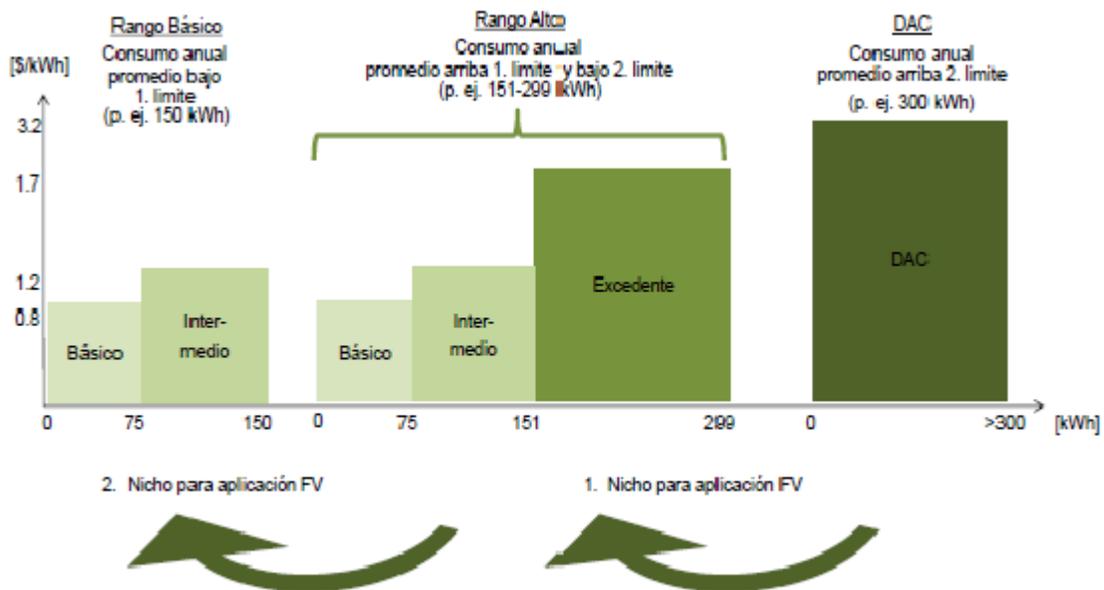
Fuente: Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México.

Por otro lado el Programa establece, que los grupos con mayor beneficio de una aplicación fotovoltaica son hogares con un volumen de consumo eléctrico dentro del rango “Doméstica de Alto Consumo” con una tarifa promedio superior a los 3.2 MXN/kWh y

dentro del “rango alto” con una tarifa en el rango de 1.6 – 2 MXN/kWh, dicho costo de energía para el consumidor debe ser comparado contra el costo de generación de la energía por los sistemas fotovoltaicos, en dado caso que el costo de generación fotovoltaico sea menor al pagado a CFE es rentable. El nicho más rentable (períodos de retorno entre 3 a 6 años) para la aplicación de sistemas fotovoltaicos en el sector residencial son los hogares que pagan tarifa “Doméstica de Alto Consumo”.

Sin embargo, es un nicho escaso comparado con la cantidad global de usuarios residenciales y se podrían generar implicaciones negativas para el Estado (incremento de subsidios) sí se dan los cambios de tarifa. El nicho más grande para la aplicación de sistemas fotovoltaicos se encuentra en el “rango alto” de las tarifas cuyo aprovechamiento tiene implicaciones positivas para los usuarios y el Estado, p.ej. la reducción del monto destinado, por el Gobierno Federal, a subsidios eléctricos.

Figura 7.
Nichos para sistemas fotovoltaicos dentro de las tarifas residenciales.



Fuente: Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México.

A continuación se presenta una breve descripción de los principales nichos identificados por la SENER²³.

- Alumbrado público (sector público): consiste en que los municipios generen energía eléctrica proveniente de fuentes renovables, logrando sustituir parcial o totalmente el consumo de energía destinada al alumbrado público. Este nicho se encuentra en las tarifas 5 y 5A y entre otras ventajas están la disponibilidad de terrenos para plantas distribuidas que permiten disminuir el costo unitario por kWp instalado, así como la rápida gestión de permisos y trámites.
- Comercial: enfocado en pequeñas y medianas empresas (PyMEs) que se encuentren en la tarifa 2, buscando reducir la facturación eléctrica debido a un menor consumo de energía proveniente de la red eléctrica. Un caso especial con alta rentabilidad en este nicho son los centros comerciales bajo el esquema de contrato de fuentes colectivas de energías renovables que publicará la CRE.
- Sistemas aislados: en México el 2% de la población no tiene acceso a la electricidad, por lo que la instalación de sistemas FV en comunidades aisladas es una solución viable en comparación con los costos de la expansión de líneas de transmisión y distribución.
- Proyectos de generación distribuida de la CFE: este nicho estriba en el hecho de que los costos variables de generación para los sistemas FV son mucho menores comparados con los de tecnologías convencionales, asimismo, el costo total de corto plazo (CTCP) por unidad generadora en ciertos nodos que utilizan centrales termoeléctricas antiguas o turbodiésel para la generación en períodos punta o intermedios, representan un nicho de alta rentabilidad por lo que la instalación de un sistema FV en nodos que presentan altos costos variables de generación es razonable. Los proyectos podrán ser realizados por CFE o bajo los esquemas de Productor Independiente o Pequeño Productor.

Es importante señalar que los nichos de alumbrado público, así como el nicho comercial, se pueden implementar bajo la modalidad de autoabastecimiento donde el municipio o comercio deben ser socios del proyecto.

²³ PRONASOL.

Cuadro 5.
Principales barreras del mercado fotovoltaico en México.

Tipo de Barrera	Barreras identificadas
Mercado	<ul style="list-style-type: none"> • Subsidios en las tarifas eléctricas en varios sectores.
Financieras	<ul style="list-style-type: none"> • Alta inversión inicial combinada con los costos de instalación. • Esquema tarifario actual. • Costos altos de los medidores bidireccionales. • Inexistencia de fuentes y/o programas de financiamiento.
Legales, regulatorias y normativas	<ul style="list-style-type: none"> • Existe un contrato de interconexión pero es poco operante en la práctica debido a trámites complejos y, además de ser poco conocidos (por usuarios). • Falta de normas que garanticen la calidad de los equipos FV. • Falta de normas para la instalación de los sistemas FV y las competencias de los instaladores y técnicos.
Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de especificaciones técnicas para los medidores de pequeña escala (que actualmente parecen ser demasiado exigentes para una interconexión de pequeña escala). • Variación importante de voltaje en la red que obliga desconectar el inversor; la ventana del voltaje de operación solamente se abre hasta 5% (se requiere: 10%).
Por falta de capacidades	<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiente capacitación del personal de CFE para instalar los medidores. • Escasez de medidores bidireccionales con los requisitos mínimos (técnicamente) para la interconexión de pequeña escala. • CFE no cuenta con una ventanilla única para este tipo de trámites (y que se considera necesaria) para hacer el trámite más transparente y eficiente en función del tiempo de realización.
Por falta de información	<ul style="list-style-type: none"> • No se conocen las bondades (beneficios) de la tecnología FV. • No se conocen las condiciones/requisitos para la firma de los contratos de interconexión de pequeña escala (la información no está disponible o no es clara).

Fuente: Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México.

Por otro lado en el estudio se menciona que los subsidios eléctricos representan la limitante principal para el aprovechamiento del potencial económicamente rentable en el sector residencial mexicano.

3.3.1 Metas a 2014-2017

Por otro lado, las metas a 2014–2017 apuntan al mejoramiento de las condiciones que hagan factibles los nichos de mercado en usuarios del sector residencial (vivienda de interés social equipadas con ecotecnologías en el rango básico de consumo, así como usuarios con un perfil de “rango alto” dentro del esquema actual de tarifas subsidiadas), el sector público (bombeo municipal de agua potable y negra) así como el remanente de usuarios.

El aprovechamiento de la energía solar ofrece una gran cantidad de beneficios que en su mayoría resultan de la reducción del consumo de combustibles fósiles como energía primaria para la generación de electricidad. Los principales beneficios esperados de la implementación del Programa son los siguientes:

Beneficios económicos:

- Ahorros fiscales para el Gobierno Federal por la reducción en el consumo de energía eléctrica subsidiada.
- Ahorros económicos para el usuario final resultado de la reducción de gastos de energía eléctrica proveniente de CFE.

Beneficios sociales:

- Creación de nuevos empleos por crecimiento de la industria local de tipo PyME y de la industria solar en México.

Beneficios ambientales:

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Reducción de emisiones de gases dañinos para la salud humana y el medio ambiente (por ejemplo óxidos de nitrógeno y de azufre, así como partículas PM10 y PM5).

Como se puede observar, los programas y nichos identificados por la SENER se dirigen a la implementación de sistemas en zonas residenciales, esto muestra lo que se había planteado desde el inicio del trabajo, las energías renovables no necesariamente tienen que seguir la tendencia de proyectos de energía fósil con grandes inversiones y grandes plantas de generación para tener un impacto positivo sobre la economía, el ambiente y el mismo sector en búsqueda de una independencia energética.

Por último dentro de los beneficios planteados por el programa²⁴ se menciona la posibilidad de incrementar medidas secundarias en busca del desarrollo de las energías limpias, como lo son modificaciones en las normas de construcción y la inclusión de sistemas de energía solar dentro de las nuevas edificaciones, esto tendría otra consecuencia positiva, pues los

²⁴ Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México

hogares poco a poco se harían cada vez más eficientes en cuanto a su consumo de energía, y podrían comenzar a ser cada vez más autónomos de una red central de abastecimiento, incluso en caso de excedentes podrían reinsertarse a la red central con alguna bonificación por parte del operador de la red como ocurre en otros países como Alemania.

Capítulo 4. Transición energética y su rumbo en México.

La transición energética hace referencia a una economía basada en la energía renovable, la eficiencia energética y el desarrollo sostenible. El objetivo final es la desaparición del carbón, la energía nuclear y otros recursos no renovables en la matriz energética, de forma que esté compuesta únicamente de energías renovables. Las medidas parciales a menudo tendrán un potencial limitado, por lo que la transición energética requiere de enfoques y acciones múltiples. La conservación de la energía y la mejora de la eficiencia energética por lo tanto juegan un papel importante.

Esta transformación en la economía no es una acción que sea inmediata y fácil, Herman Scheer lo describe de la siguiente manera *“lo que hay en juego en el cambio hacia la energía renovable supone nada menos que el cambio estructural más profundo y de mayor alcance desde el principio de la Revolución Industrial”*²⁵, y además establece a su principal enemigo por encima de limitaciones técnicas, *“El complejo del negocio de la energía es, al fin y al cabo, el mayor y políticamente más influyente sector en la economía mundial. Su resistencia a la energía renovable crecerá a medida que la movilización en favor de esta última crezca, hasta el punto en que la energía renovable no sólo trate de complementar la oferta energética nuclear y fósil, sino que realmente empiece a reemplazar las fuentes de energía no renovables.”*²⁶

Pero a pesar de este escenario de dificultades y grandes hazañas éste se presentará tarde o temprano. Algunos países ya han comenzado a dar los primeros grandes avances en esta dirección por lo que en este último capítulo se presentaran cuáles han sido las medidas que ha tenido Alemania uno de los países que han impulsado una transición energética en su economía y posteriormente lo hecho por México en vías de una transición energética.

4.1 El caso Alemán.

Hasta el 2050 por lo menos el 80 por ciento de la electricidad y el 60 por ciento de todo el abastecimiento energético deberán provenir de fuentes renovables. En un comienzo, hasta

²⁵ Scheer Hermann. *Autonomía Energética: La situación económica, social y tecnológica para las energía renovable*. Icaria. España, Noviembre 2009.

²⁶ *Ibíd.*

2022 dejarán de funcionar todas las centrales atómicas y hasta el 2025, del 40 al 45 por ciento de la electricidad provendrá de fuentes renovables.

Alemania está siendo un verdadero ejemplo de reconversión hacia la sustentabilidad y autonomía energética, y es que la energía renovable representa el 19,9% del total de la producción eléctrica del país. Así mismo, el uso total de la energía se redujo en 4,8% esto gracias a la conciencia ciudadana. Además de todo esto, Alemania decidió tras el desastre nuclear en Fukushima, suspender el uso de reactores nucleares, por lo que para 2020 no habrá ninguno en funcionamiento. Ya se han cerrado ocho, por lo que queda pendiente cerrar otras nueve para 2022. Es por eso que han aumentado la inversión de paneles fotovoltaicos logrando un nuevo récord; son 22 GW por hora de energía solar los que entran en la red eléctrica del país, teniendo anteriormente una media de 18 GM. Esto corresponde a la energía generada por 20 centrales nucleares trabajando a su máxima capacidad.

El alineamiento entre políticas públicas y mercado se ha generado gracias a las medidas que han tomado para poder llevarlo a cabo, donde en primera instancia se ha roto uno de los más grandes mitos en la industria energética, “la necesidad imperiosa de grandes instalaciones y proveedores únicos de energía.

En Alemania todos pueden ser productores de energía, a través del autoconsumo y balance neto, o simplemente vendiéndola a la red. Esto ha sido apoyado por la ley, y por un programa de apoyo estatal novedoso basado en primas (siendo la gran ventaja que al salirse de los presupuestos del Estado, se da seguridad al inversor al margen de los vaivenes políticos, al menos en un país serio). Prácticamente nadie pone en duda el cambio climático, pero la verdadera razón por la que este movimiento se puso en marcha fue la posibilidad de obtener beneficios económicos, y el objetivo de independencia energética como país.

En la actualidad el 65 % de la energía renovable está en manos de pequeños productores y solo el 5 % en las de grandes empresas eléctricas, el suministro eléctrico es el más seguro de Europa (la menor tasa de apagones y cortes ocasionales), la electricidad ha bajado de

precio, y ni las empresas exportadoras ni la industria han perdido competitividad, como evidencian la continuada y fuerte capacidad exportadora industrial alemana.

A lo largo de Alemania la energía solar se ha desarrollado tanto que, no sólo es la forma más ecológica de producir energía, sino que cuesta menos que el carbón o el gas natural. Así, el porcentaje de producción eléctrica a partir de carbón y gas supone el 6% del total y cada vez es menos rentable. De ahí que las empresas ya no quieran usar esos métodos contaminantes. Teniendo como consecuencia: la mejora del medio ambiente y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Los datos provienen de la Rheinisch-Westfälisches-Elektrizitätswerk, principal empresa energética de Alemania, que asegura que el gas y el carbón ya no generan ganancias. Las centrales contaminantes no son rentables. Durante el primer semestre de 2013, la generación de energía convencional de la citada empresa se redujo en casi dos tercios, esto es, 6,5 GW menos. En cambio, hubo un récord de generación solar, que alcanzó los 5,1 TWh en el mes de julio, un aumento del 42% respecto al mismo mes de 2012.

Y, si Alemania se está convirtiendo en una potencia solar, no es porque las grandes empresas estén invirtiendo en enormes huertos solares, sino porque se incentiva a los ciudadanos para que produzcan energía de una forma limpia. Así, los techos de edificios particulares y negocios se están llenando de placas solares. Se calcula que un 51% de la energía renovable de Alemania la producen los ciudadanos, lo que ha contribuido a reducir su precio.

Este es el mejor ejemplo de que sí se puede y todos los países que aspiran a ser desarrollados, deberían seguirlo mediante una decisión de resolver teniendo el foco en la sustentabilidad por un futuro verde.

4.2 Transición energética en México.

En México como se mostró en capítulo 2 tiene en el Estado al director y orquestador de toda la política energética, desde su planeación, marco legal, terminando en la generación, distribución y transmisión de la energía, por lo que cualquier transición tiene que iniciar desde un marco legal.

México ha iniciado en reformar y aumentar su marco regulatorio en la búsqueda de incorporar a las energías limpias dentro de los objetivos y metas del sector. El gobierno también ha llevado a cabo proyectos en este mismo tenor.

4.2.1 Marco regulatorio de la transición energética en México.

Aunque en un capítulo anterior se hizo mención con respecto al marco regulatorio en el sector energético no se profundizó en aquellas leyes que únicamente hacen referencia a la transición energética, estas son las que determinan los objetivos y metas así como los mecanismos bajo los cuales el sector buscará disminuir la dependencia de energías fósiles.

4.2.1.1- Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.

La Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre de 2008, 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”²⁷.

Misma que, de acuerdo con el Artículo 22 de esta Ley, se:

“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”²⁸.

Asimismo, el Artículo 26 de esta misma Ley establece:

²⁷ Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

²⁸ *Ibíd.*

“Cada año la Secretaría llevará a cabo la actualización de la Estrategia y presentará una prospectiva sobre los avances logrados en la transición energética y el aprovechamiento sustentable de las energías renovables, incluyendo un diagnóstico sobre las aplicaciones de las tecnologías limpias y las energías renovables, así como sobre el ahorro y uso óptimo de toda clase de energía”²⁹.

Otras de las atribuciones conferidas por esta Ley al Ejecutivo Federal, por conducto de la SENER, incluyen: coordinar el Consejo Consultivo para las Energías Renovables, definir las políticas y medidas para fomentar una mayor integración nacional de equipos y componentes para el aprovechamiento de las energías renovables y su transformación eficiente, establecer y actualizar el Inventario Nacional de las Energías Renovables, con programas a corto plazo, planes y perspectivas a mediano y largo plazo comprendidas en el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables y en la Estrategia misma.

Finalmente *Se crea el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía* indispensable para el cumplimiento de la Estrategia y, consecuentemente, para alcanzar la transición energética del país.

4.2.1.2- Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

La Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 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.

Esta Ley contempla además, el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE), el Consejo Consultivo para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, el Subsistema Nacional de Información Sobre el Aprovechamiento de la Energía y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, la cual es un órgano administrativo desconcentrado, que cuenta con autonomía técnica y operativa, y tiene por objeto promover la eficiencia energética y constituirse como órgano de carácter técnico, en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

²⁹ *Ibíd.*

4.2.2 Medidas adoptadas por el Gobierno para la transición energética.

La generación de electricidad a partir de fuentes renovables y la diversificación de la matriz energética representan una prioridad en cualquier intento de transición e independencia energética. Al cierre del primer semestre de 2013, el 84.6%³⁰ de la generación de electricidad provino de combustibles fósiles. De esta participación, en el periodo que comprende del año 2000 al primer semestre de 2013, se ha registrado una recomposición al incrementar la participación de tecnologías que utilizan gas pasando de 12% a 50%, y una reducción en generación con combustóleo que pasó de 47% a 21%. Este tipo de transición está basada en la mayor eficiencia tecnológica.

Existen un conjunto de instrumentos de política para la promoción de energías renovables; uno de ellos, de carácter fiscal, hace referencia a la depreciación acelerada para inversiones en energías renovables y la cogeneración eficiente (esta última a partir de 2014), este instrumento permite depreciar el 100% de las inversiones en maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables y de la cogeneración eficiente aplicable, siempre que la maquinaria y equipos se encuentren en operación durante un periodo mínimo de cinco años.

En los últimos años se han desarrollado una serie de instrumentos que permiten compensar el consumo de electricidad y su generación irregular; entre estos instrumentos se ubica el banco de energía diseñado por la CRE, que se emplea a partir de 2010 y que es un mecanismo de intercambio y compensación donde los excedentes de generación que no son utilizados por el autoconsumo en el momento, se envían a una cuenta virtual (banco) que los acumula y los regresa cuando el permisionario los solicita; asimismo, permite registrar la energía eléctrica por un periodo móvil de 12 meses y ha sido incorporado a los contratos de interconexión entre los permisionarios de energías renovables y la CFE.

Sobre los instrumentos más usados para el estímulo de las energías renovables, destaca el porteo tipo estampilla, que es una metodología de la CRE para simplificar y transparentar los cálculos del costo de transmisión eléctrica que cobra la CFE a los particulares que requieren enviar su generación eléctrica a otros centros de consumo. En este porteo, se

³⁰ Programa Sectorial de Energía 2013-2018.

estimaron los costos por el uso de la infraestructura de transmisión en función del voltaje (alta, media o baja tensión) y se asignan esos costos en centavos por kilowatt transmitido en cada nivel de tensión; por ende, si el permisionario genera en alta tensión y consume en media tensión, se le suman los costos de transmisión para alta y para media tensión; pero, si consume en baja también se le agregan los costos de este tipo de tensión a su porteo. Conviene aclarar que estos costos solo se aplican a los permisionarios que desean o requieren transmitir sus excedentes de energía eléctrica para autoconsumo en otras localidades, para lo cual deben firmar un convenio de transmisión con CFE, mismo que incluye esta metodología de cálculo.

Actualmente se utilizan medidores bidireccionales en las instalaciones que cuentan con generación renovable a pequeña escala -como usuarios domésticos y comerciales. Estos medidores permiten hacer la medición de la energía eléctrica que entra o sale de la instalación particular hacia la red de transmisión, compensando las entradas y salidas y solo reporta el consumo neto, lo que ha permitido detonar proyectos de generación fotovoltaica.

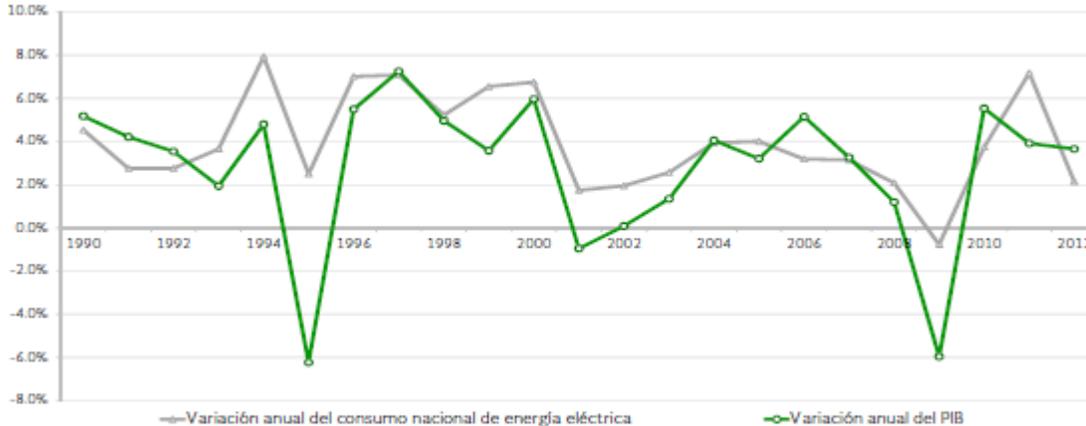
Por ende, resulta de gran importancia la aplicación de las mejores prácticas que permitan optimizar los procesos de producción y consumo de energía, internalizar los efectos sobre el medio ambiente y sobre la sociedad en la evaluación de los proyectos energéticos, así como desarrollar y hacer uso de tecnología de punta.

Conclusiones.

A lo largo de los capítulos se han presentado algunos aspectos sobre el estado del sector eléctrico en México desde su marco legal, su composición hasta los proyectos encaminados a una transición energética, esto con el afán de poder responder a las interrogantes que se presentaron al inicio del trabajo, ahora es momento de tratar de dar respuestas.

México es un país que cuenta con gran cantidad de recursos tanto fósiles como renovables, la política económica y sobre todo las políticas públicas tienden a apoyarse en la política energética³¹, su importancia dentro de los ingresos estatales la convierten en pilar de la economía. Esto ha llevado a múltiples disputas políticas que han resultado en una visión equivocada sobre la dirección que esta ha de seguir y más aún los pasos a seguir en una reconversión de la misma.

Grafica 6.
Evolución del PIB y el consumo nacional de energía eléctrica (1990-2012) Variación anual.



Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027.

³¹ Con base en la Prospectiva de Sector Eléctrico se requerirá un monto de inversión total de 1,562,969 millones de pesos, para llevar a cabo proyectos de ampliación en el sector eléctrico, los cuales serán distribuidos de la siguiente manera: 49.0% para generación, 17.4% en obras de transmisión, 18.4% para distribución, 14.6% en mantenimiento de centrales y 0.6% para otras inversiones. Este monto solo es para proyectos del sector eléctrico sin considerar el subsector de hidrocarburos, por lo que el impacto económico que tiene la política energética es muy elevado.

Como se puede observar en la gráfica la correlación entre el consumo de energía y el crecimiento del PIB es muy alta, por lo que antes de preocuparse sobre eventos exógenos que pudieran afectar la economía nacional, es importante entender que el problema está en una mala política energética.

Un ejemplo en el sector de hidrocarburos sobre las afectaciones generadas por una mala política energética ocurre en el sector industrial donde las alertas críticas por escasez de gas generadas durante los primeros seis meses de la administración del presidente Enrique Peña Nieto le han costado 2,250 millones de dólares al sector industrial, en el periodo que comprende de diciembre de 2012 a junio de 2013 se presentaron 15 alertas críticas³², 33% es el déficit de producción de gas que tiene México.

Pero en el caso de la energía eléctrica la situación no es diferente las tarifas eléctricas para la industria crecen como resultado del aumento de otros energéticos disponibles, como el combustóleo y el gas natural, utilizados para la generación de electricidad, lo que eleva los costos de producción y reduce la posibilidad de las empresas mexicanas de competir a nivel global.

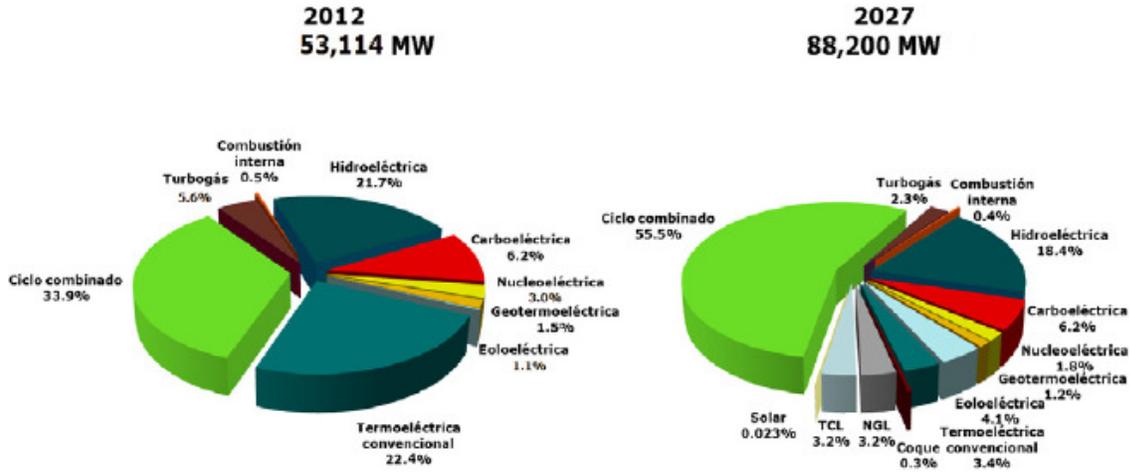
En la industria energética existen mitos sobre su estructura, mismos que siguen presentes y muy arraigados en México, son de uso cotidiano en los discursos políticos que incluso mal interpretan los posibles beneficios económicos de mantener ese rumbo. Todas las decisiones respecto a políticas energéticas buscan evitar destruir el capital en el negocio de la industria energética. Así los intereses de la economía general se identifican con los de la industria energética. Detrás de esta premisa está escondida la noción de una economía planificada, que se asocia de manera indeleble con la auto-imagen de la industria energética tradicional y sus políticas energéticas. Es también una premisa que afirma, de manera casi evidente, que la industria energética es el principal suministrador de todos los tipos de suministro energético, algo que resulta totalmente erróneo al hablar de energías renovables.

Con base en la Prospectiva del Sector Eléctrico que es el documento que hace la SENER donde presenta las proyecciones de crecimiento y transformación del sector establece que

³² Karla Ponce. Combustibles objetos de lujo. Revista Energía 360. Noviembre 2013.

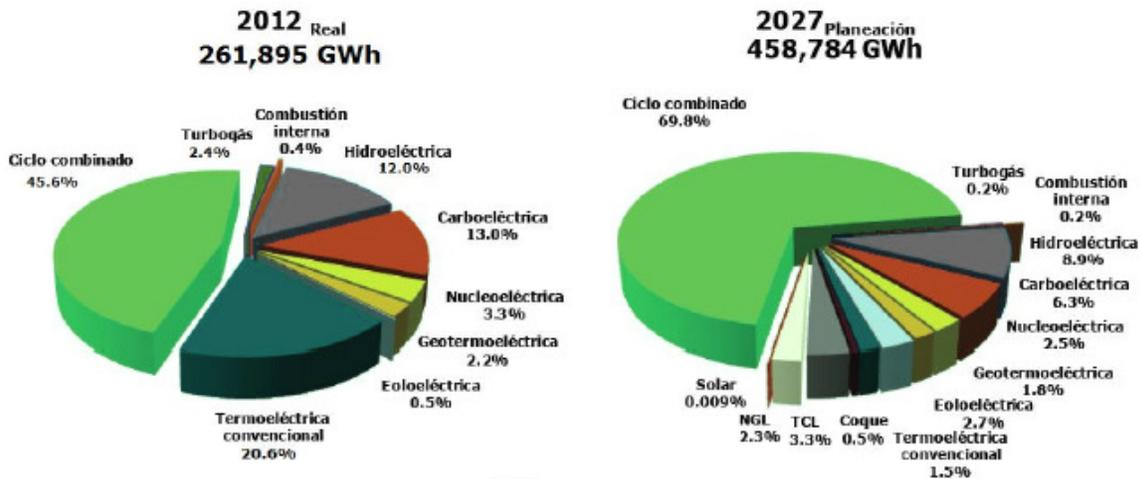
los grandes programas y la reconversión se dirige hacia el ciclo combinado, el cual depende del suministro de gas en una tecnología en particular

Grafica 7.
Participación de tecnologías en la capacidad total 2012-2027. Servicio Público.



Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027

Grafica 8
Generación bruta por tipo de tecnología 2012 y 2027. Servicio Público.



Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027

Una tecnología que sin duda tiene una mayor eficiencia que la termoeléctrica convencional y en la actualidad que la solar, sin embargo es una tecnología que presenta la misma problemática, depende del suministro de un combustible fósil no renovable, en este sentido la política energética realmente no busca una reconversión hacia energías renovables, sino que solo sustituye un combustible con una volatilidad de precios mayor como el combustóleo (que depende directamente del precio del petróleo) por el gas que en la actualidad tiene mayor eficiencia, precios menores y más estables. Es inclusive una estrategia arriesgada que podría acarrear graves problemas de suministro y de dependencia antes de que los depósitos de gas decaigan pues México actualmente cuenta con déficit de 33% en el suministro de gas, esto podría generar cuellos de botella graves y afectaciones a la industria nacional.

Cuadro 6.
Requerimientos de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica.
Servicio Público.

Combustible	Unidades	2011 real	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Combustóleo	m3 / día	28,117.7	31,156.0	23,468.8	22,728.4	17,094.7	16,289.8	10,863.9	10,304.0	8,804.7
Gas	MMm3 / día	77.5	83.3	94.7	100.0	107.6	113.7	113.5	115.6	121.9
Gas natural	MMm3 / día	61.4	64.1	66.5	71.0	75.4	81.5	81.2	84.0	90.4
Gas natural licuado	MMm3 / día	16.1	19.2	28.2	29.0	32.2	32.2	32.2	31.7	31.5
Diésel	m3 / día	1,298.7	1,517.2	851.1	708.8	312.0	310.7	299.8	296.4	276.6
Carbón	MMt / año	15.5	15.7	16.4	15.3	14.5	14.1	13.4	12.7	13.6
Coque	MMt / año	-	-	-	-	-	0.5	0.7	0.6	0.6

Combustible	Unidades	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	tmca (%) 2012-2027
Combustóleo	m3 / día	8,339.4	7,660.0	6,232.4	4,817.5	4,558.5	4,594.2	4,382.5	3,251.1	-14.0
Gas	MMm3 / día	127.2	133.7	143.2	147.6	152.5	161.4	167.6	173.6	5.0
Gas natural	MMm3 / día	95.9	102.3	112.3	116.9	121.5	128.1	135.4	141.1	5.4
Gas natural licuado	MMm3 / día	31.2	31.5	30.9	30.7	31.0	33.3	32.2	32.5	3.5
Diésel	m3 / día	281.0	294.4	295.1	259.5	261.5	189.3	189.3	190.5	-12.9
Carbón	MMt / año	13.9	13.8	13.1	13.1	13.4	13.5	13.8	14.1	-0.7
Coque	MMt / año	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	n.a.

Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027

Esto solo deja como conclusión que la política energética no es compatible con la idea de una autonomía en la generación, distribución y transmisión de energía así como en la eliminación del monopolio estatal, de hecho está muy lejos pues ni siquiera presenta una dirección hacia la transición energética, a pesar de contar con acuerdos internacionales que cubren y de las múltiples adiciones a la legislación para promover la utilización de energías limpias, la política solo sustituye un combustible por otro obteniendo resultados de corto

plazo al disminuir costos por eficiencia tecnológica pero sigue en un camino directo a la dependencia energética.

Inclusive es bastante desconcertante que los estudios hechos por la misma SENER dieran resultados concluyentes sobre medidas a seguir que promoverían la economía y encaminarían al país a una transición energética, pero la SENER sigue el camino opuesto, pues en el capítulo 3 se mencionaron los principales nichos de aplicaciones de sistemas fotovoltaicos basados en el PROSOLAR un documento emitido por la SENER y que fue el camino que siguió Alemania para convertirse en un país líder en la transición energética.

En el Boletín de Prensa 074, de la Secretaría de Energía fechado el 14 de Octubre 2012, se establece el potencial del desarrollo de las energías renovables, pues el potencial de las energías renovables en México representaría aumentar el PIB en más de 30 mil millones de pesos, y crear más de 10 mil nuevos empleos, ya que el potencial competitivo para el desarrollo de tecnologías fotovoltaicas en México es de mil 500 MegaWatts (MW)³³; mientras que el potencial competitivo eólico y geotérmico es de 15 mil MW, respectivamente; de ahí que las energías renovables tengan un futuro altamente promisorio en el país.

Por último ¿Es la energía solar realmente la alternativa energética capaz de cambiar el esquema energético mundial, y llevarlo a una nueva era?, la respuesta es poco clara pues el sector del transporte (terrestre, marino y aeronáutico) depende por el 95% del petróleo, mientras que las alternativas todavía están en un estado de investigación. Todavía no existen alternativas para los buques a fuel-oil, camiones a diesel y aviones a kerosén. Los coches eléctricos exigen baterías pequeñas, ligeras, muy poderosas y rápidamente recargables. Otros sectores poco compatibles con la electricidad renovable son las industrias pesadas (la producción de hierro, acero, vidrio, cemento y ladrillos). Redundante para decir que la industria petroquímica no puede existir sin petróleo y gas natural, para producir plásticos, fibras sintéticas, pinturas, pegamentos, farmacéuticos, cosméticos, plaguicidas, fertilizantes químicos, etc.

³³ Considerando que estos datos implican únicamente inversiones llevadas a cabo por parte de la SENER en proyectos de generación y no la posible incursión por parte de particulares de manera independiente como ocurre en Alemania.

Por lo que hablar de una reconversión del esquema energético no es fácil de determinar, sin embargo una reconversión del esquema eléctrico si, pues el caso Alemán muestra la posibilidad de presentar alternativas al paradigma establecido, aunque es también necesario entender que por “nueva era” sería muy diferente al modelo actual, pues parte del éxito necesita de la participación ciudadana no solo en otorgarle facultades en la generación, sino en una disminución del consumo y una mayor eficiencia en su generación.

Epílogo.

Durante la realización de este trabajo se presentó por parte del ejecutivo federal la propuesta de reforma energética. La iniciativa tiene en consideración a todo el sector energético sin embargo para fines del trabajo solo se hará una revisión del sector eléctrico. Se hará una pequeña referencia sobre los puntos más importantes de la reforma, ya que al no haberse presentado aún las leyes secundarias y las reglas bajo las que operará la misma no se puede realizar un análisis muy profundo, y mucho menos determinar si tendrá un impacto positivo dentro de la transición energética.

Reforma energética

La iniciativa de reforma constitucional en materia energética se sustenta en los siguientes ejes estratégicos:

“(i) Fortalecimiento del papel del Estado como rector de la industria petrolera: Dotarle de nuevas herramientas para la definición y conducción de la política energética del país, que permitan una adecuada y prudente administración del patrimonio petrolero nacional.

(ii) Crecimiento Económico: México está llamado a aprovechar sus recursos energéticos en favor de mayor inversión y generación de más empleos, a partir de iniciativas que promuevan el abasto de energía en cantidades suficientes y a costos competitivos.

(iii) Desarrollo Incluyente: El acceso a la energía permitirá democratizar la productividad y la calidad de vida de la población en las distintas regiones del país.

(iv) Seguridad Energética: Se debe aprovechar la disponibilidad de energía primaria en el territorio nacional para lograr la procuración continua, diversificada y económica del suministro energético para ésta y las siguientes generaciones.

(v) Transparencia: Garantizar a los mexicanos el adecuado acceso a la información sobre la administración del patrimonio energético nacional.

(vi) Sustentabilidad y Protección del Medio Ambiente: Es posible mitigar los efectos negativos que la producción y el consumo de energías fósiles puedan tener sobre la salud y el medio ambiente, mediante la mayor disponibilidad de fuentes de energía más limpias”.³⁴

³⁴ Propuesta de Reforma Energética.

Apartado III. ENERGÍA ELÉCTRICA

III. 1. Situación del sector eléctrico

a) Marco institucional

“En el año 2012, la empresa presentó un déficit financiero de 77 mil millones de pesos. Si bien una parte del déficit se subsanó con la exención del pago del aprovechamiento por el uso de patrimonio del Estado, la CFE tuvo que absorber 33.4 mil millones de pesos mediante decrementos de su patrimonio. Estos resultados se van agravando: en los primeros seis meses de 2013, el patrimonio de la empresa disminuyó en 35 mil millones de pesos; cifra superior a la registrada en todo el año anterior. De acuerdo con estimaciones de la propia Comisión Federal de Electricidad, de continuar las tendencias actuales, el patrimonio neto de la empresa será negativo al cierre de 2014.

Por otra parte, las tarifas de la CFE no son competitivas a nivel internacional. Una comparación con nuestro principal socio comercial muestra que, aún con subsidio, en promedio nuestras tarifas son 25% superiores a las de los Estados Unidos de América, con diferencias mayores en segmentos clave de la industria y el comercio. Estos precios representan un freno a la economía mexicana. Respecto de las tarifas residenciales en el primer trimestre de 2013, las tarifas de la CFE fueron 14% menores a las equivalentes en Estados Unidos. Esta cifra comprende la tarifa Doméstica de Alto Consumo, que no cuenta con subsidio y es 149% mayor a la tarifa residencial promedio de ese país, así como las tarifas residenciales subsidiadas, que son 24% menores al equivalente en Estados Unidos, resultado que se logra con un enorme sacrificio de las finanzas públicas: el monto del subsidio asignado de 57 mil millones de pesos en el primer semestre de 2013 fue cercano al 0.75 por ciento del Producto Interno Bruto en el mismo periodo. No obstante, las tarifas eléctricas representan una proporción importante del gasto de las familias.”³⁵

b) Energías limpias

“Se estima que la sustitución de combustóleo por gas natural produciría ahorros sustanciales. Sin embargo, bajo el marco jurídico actual, la CFE ha enfrentado diversas dificultades a la sustitución de esta capacidad debido a sus propias restricciones de planeación, financiamiento y ejecución de proyectos. En los últimos tiempos, el desabasto de gas natural que ha sufrido el mercado interno ha obligado a la CFE a sustituir gas natural por combustóleo lo que ha tenido un impacto financiero de 18.9 miles de millones de pesos en 2012 y de 8.4 miles de millones de pesos en el primer cuatrimestre de 2013.

Una matriz energética más limpia y diversificada es una condición necesaria para cumplir con los objetivos de mitigación del cambio climático, tener mayor flexibilidad en generación y poder

³⁵ Ibíd

disminuir los costos. México es un país privilegiado por la diversidad de sus recursos naturales. Nuestra Nación cuenta con un gran potencial en materia de energías renovables, particularmente en energía eólica, geotérmica, hidráulica y mini hidráulica, biomasa y solar.

Entre 2009 y 2012, la creación de “empleos limpios” directos e indirectos sumó 1.7 millones en China, 611 mil en Estados Unidos y 350 mil en la India. A nivel mundial, se calcula que de 2006 a 2012 los empleos en la industria de energías renovables, excluyendo a los biocombustibles, pasaron de 1.3 a 4.4 millones.

La reforma tiene como uno de sus objetivos el corregir las limitaciones del modelo actual para agregar capacidad de energías renovables a gran escala mediante la creación de un mercado competitivo de generación, administrado por el Estado a través de un operador independiente, y el establecimiento de certificados de energías limpias.”³⁶

III. 3. Propuesta

- 1) Responder al imperativo fundamental de reducir los costos del servicio eléctrico en beneficio de los intereses generales*
- 2) Sentar las bases para la organización de un sistema eléctrico nacional basado en principios técnicos y económicos*
- 3) Plantear el desarrollo del sector basado en la participación conjunta de la Comisión Federal de Electricidad y de particulares*
- 4) Fortalecer las facultades del Estado para regular el desarrollo del sector e imponer a los participantes obligaciones de interconexión, tarifas, servicio universal y electrificación.*

Es importante señalar que a diferencia de los hidrocarburos, la electricidad no es un recurso natural, por lo que el interés del Estado no es la propiedad sobre la energía, sino que dicha energía llegue a mejores precios a las familias mexicanas e impulse la competitividad del país.

Por lo tanto, la reforma que se somete a consideración de esa soberanía plantea abrir un mercado de generación para disminuir los costos sin que el Estado pierda la rectoría en el control del sistema eléctrico nacional y la exclusividad de transmitir y distribuir la energía como un servicio público indispensable para la productividad nacional y el bienestar social. Permitir la generación de energía eléctrica por parte de particulares, facilitará dar a los mexicanos y a los sectores público, privado y social energía más barata.”³⁷

³⁶ Ibíd

³⁷ Ibíd

“Con las reformas propuestas se pretende establecer las bases constitucionales para prever en la legislación secundaria un modelo que se sustenta en los siguientes elementos básicos, que garantizan tanto el desarrollo del sistema eléctrico nacional como el control del Estado sobre dicho sistema:

a) Se reserva al Estado el control del sistema eléctrico nacional, asegurando que el desarrollo de las centrales eléctricas de generación, de la red nacional de transmisión y de las redes generales de distribución tenga lugar de manera eficiente y armónica, que responda a las necesidades de todos los participantes, públicos y privados y atienda los intereses fundamentales de los usuarios. Lo anterior permitirá que, conforme a las mejores prácticas internacionales, se garantice un despacho eléctrico eficiente de la energía generada por las centrales eléctricas, bajo principios de imparcialidad e independencia, aprovechando la energía de menor costo en beneficio de los usuarios. Del mismo modo, el Estado contará con las facultades necesarias para regir la expansión de las redes de transmisión y distribución y, en general, para intervenir conforme a las mejores prácticas internacionales y asegurar la confiabilidad, calidad, continuidad, sostenibilidad y eficiencia del suministro del servicio eléctrico a la población.

b) Se mantiene la titularidad del Estado sobre los servicios de transmisión y distribución eléctrica, a la vez que se reitera su carácter de servicio público. Bajo este marco constitucional la red de transmisión y las redes de distribución de la Comisión Federal de Electricidad que actualmente se encargan de proveer estos servicios públicos, se mantendrán bajo propiedad del Estado. Adicionalmente, la nueva redacción constitucional permitirá, conforme a las bases que se establezcan en las leyes, que dicha Comisión celebre contratos con particulares. De esta manera, la titularidad de esas actividades a cargo del Estado no será obstáculo para que su organismo operador pueda auxiliarse de terceros para lograr los fines del servicio público.”³⁸

III. 4. Beneficios esperados

“La creación de un mercado competitivo de capacidad y energía, junto con un proceso de interconexión que aumente la transparencia y eficiencia en el otorgamiento de acceso a la red de transmisión, permitirá que haya múltiples desarrolladores responsables del aumento de capacidad, colocando a la CFE en condiciones de competir y otorgándole incentivos para hacer más eficientes sus propios procesos.

Por otro lado, la reforma brindará certidumbre jurídica a los proyectos de participación privada mientras que el mercado les dará mayor seguridad económica. Lo anterior permitirá reducir el costo de financiamiento de los proyectos privados y, por ende, el costo que pague el usuario final.

³⁸ *Ibíd*

En la estructura actual del sector, la ausencia de un mercado que permita vender capacidad y energía a clientes distintos a la CFE ha aumentado el riesgo de inversión en el sector y ha concentrado los beneficios de la participación privada en pocos actores, lo que se ha traducido en costos económicos y financieros que se trasladan a los usuarios finales.

Una vez que se establezca un entorno de reglas claras y seguras para la inversión y la participación privada, se acelerará la sustitución de combustóleo por energías limpias y gas natural. Asimismo, la CFE podrá competir por los grandes usuarios, propiciando aún más las eficiencias y con ello la reducción de las tarifas eléctricas.

Un segundo resultado positivo será dar garantías de acceso y uso no discriminatorio, en términos eficientes, a la red de transmisión, como resultado de la nueva regulación operativa prevista para el Sistema Eléctrico Nacional. Las reformas posibilitarán el desarrollo de nuevos proyectos de inversión en el sector eléctrico mexicano, particularmente proyectos de energías limpias. La experiencia internacional muestra que el desarrollo de nuevos proyectos de generación requiere certidumbre en el acceso a la red de transmisión, así como tarifas de porteo transparentes establecidas con base en criterios de eficiencia económica. Lo anterior se beneficia de la imparcialidad y calidad técnica del operador del sistema eléctrico, cualidades que evitan los posibles conflictos de interés que podrían presentarse de haber una identificación entre el controlador de la red de transmisión y el titular de las centrales.

Con un despacho eléctrico operado por un organismo público de manera imparcial e independiente y con tarifas de porteo transparentes fijadas de manera eficiente, se mandarían las señales correctas para que el sistema eléctrico aproveche la energía de menor costo en beneficio de sus usuarios. Sobre estas bases, se profundizará el cambio tecnológico puesto en marcha en el sector eléctrico, se propiciarán nuevas inversiones, se mejorarán las posibilidades de que el país alcance en tiempo y forma sus metas en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, y se propiciarán menores tarifas eléctricas en beneficio de la población.

Un tercer resultado positivo de la reforma en el sector eléctrico se producirá como consecuencia de las leyes que impongan obligaciones en materia de energías limpias, competencia y servicio público y universal. La posibilidad de que las leyes establezcan obligaciones especiales en materia de competencia asegurará que el proceso competitivo avance de manera correcta y sin distorsiones indebidas. Por su parte, los usuarios del sistema eléctrico se beneficiarán del establecimiento de obligaciones particulares que aseguren que los fines del servicio público y universal se sostengan, y puedan recibir el apoyo de los nuevos participantes privados.³⁹

³⁹ *Ibíd.*

A simple vista la reforma mantiene esquemas poco propicios para la transición energética y mantiene un status de exclusividad en la generación de energía eléctrica, a pesar de mencionar la apertura de un mercado para la generación de energía eléctrica, la necesidad de aumentar los activos de la CFE, reducir el riesgo y aumentar los montos de inversión para el desarrollo de nuevos proyectos.

Lamentablemente en este momento es poco preciso tratar de dar un diagnóstico realista sobre los resultados e impactos de la reforma, pues ni siquiera se han publicado las leyes secundarias que establecen bajo que formas operaran los contratos y convenios de utilidades compartidas con el sector público.

Como vemos también se alejan aún más en los puntos propuestos por la Bioeconomía pues no busca promover de manera activa la disminución en el consumo de energía eléctrica que pueda disminuir las presiones sobre la disponibilidad de los recursos

Anexos.

Glosario.

Biocombustibles.

Mezcla de hidrocarburos que se utiliza como combustible en los motores de combustión interna. Deriva de la biomasa, materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía

Energía.

Capacidad de realizar trabajo, en el sentido físico, que posee un cuerpo o sistema.

Eficiencia

Valor que indica en términos porcentuales o unitarios el cociente de la energía que sale de un sistema entre la energía que entra. Factor que permite evaluar el funcionamiento de una máquina o la conversión de una forma de energía a otra. Una eficiencia de 1 o 100% sería una máquina o un proceso perfectos.

Energía Solar.

La energía solar, es la que aprovecha directamente la radiación solar para producir calor o electricidad

Formas de energía.

Clasificación física y química de los diferentes tipos de energía. Energía mecánica (cinética y potencial), térmica o calorífica, electromagnética, química, nuclear, etc.

Fotoeléctrico.

Efecto que se presenta en los metales, mediante el cual los fotones de la frecuencia apropiada producen electrones libres, generando una corriente eléctrica. El efecto fue explicado por Einstein gracias a la mecánica cuántica y su explicación le valió el Premio Nobel.

Fotovoltaico.

Efecto por el cual al hacer incidir luz se producen pares de electrón-hueco en la unión de dos materiales semiconductores, uno tipo p y otro tipo n, produciéndose una corriente eléctrica. Dicho efecto tiene lugar en las celdas solares.

Matriz energética.

Representación cuantitativa de toda la energía disponible, en un determinado territorio, región, país, o continente para ser utilizada en los diversos procesos productivos.

Medidores bidireccionales.

Un medidor que registra la cantidad de energía eléctrica entregada por el Generador y la energía entregada por el Suministrador.

Potencia.

Rapidez con la que se realiza un trabajo o energía por unidad de tiempo.

Radiación.

Emisión de energía de un cuerpo. Ésta depende de la temperatura a la que se encuentre dicho cuerpo y se calcula con la ley de energía de Planck, la cual señala que la energía de un paquete de energía, cuanto o fotón es igual a la frecuencia multiplicada por la constante de Planck.

Torre Solar.

Es una construcción que trata de aprovechar la energía solar mediante la convección de aire.

Trabajo.

Producto de la componente de una fuerza sobre la dirección en la que se mueve un objeto por la distancia que recorre dicho objeto.

Unidades de energía: conversión

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ watt} \cdot \text{segundo} = 1 \text{ newton} \cdot \text{metro} = 1 \text{ kilogramo} \cdot \text{metro}^2 / \text{segundo}^2$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$$

$$= 6.242 \times 10^{18} \text{ eV (electrón - volt)}$$

$$= 6.242 \times 10^{12} \text{ MeV (megaelectrón - volt)}$$

$$= 10^7 \text{ ergs}$$

$$= 0.2388 \text{ cal (calorías)}$$

$$= 2.778 \times 10^{-7} \text{ kW} \cdot \text{h (kilowatts - hora)}$$

$$= 9.478 \times 10^{-4} \text{ BTU (British Thermal Units)}$$

$$= 3.725 \times 10^{-7} \text{ hp.h (horse power - hora)}$$

$$= 0.7376 \text{ ft} \cdot \text{lbf (pies} \cdot \text{libras fuerza)}$$

Unidades de potencia: conversión

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule/segundo} = 1 \text{ kilogramo} \cdot \text{metro}^2 / \text{segundo}^3$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3$$

$$= 0.001 \text{ kW (kilowatts)}$$

$$= 6.242 \times 10^{28} \text{ eV/s (electrón - volt/segundo)}$$

$$= 3413 \text{ BTU/h (British Thermal Units/hora)}$$

$$= 0.001341 \text{ hp (Horse Power)}$$

Múltiplos y submúltiplos.

Prefijo	Símbolo	Potencia	Cantidad
Exa	E	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000
Peta	P	10^{15}	1 000 000 000 000 000
Tera	T	10^{12}	1 000 000 000 000
Giga	G	10^9	1 000 000 000
Mega	M	10^6	1 000 000
Kilo	K	10^3	1 000
		10^0	1
Mili	m	10^{-3}	0.001
Micro	μ	10^{-6}	0.000 001
Nano	n	10^{-9}	0.000 000 001
Pico	p	10^{-12}	0.000 000 000 001
Femto	f	10^{-15}	0.000 000 000 000 001
atto	a	10^{-18}	0.000 000 000 000 000 001

Bibliografía

- Biebrich Torres Carlos Armando, Spíndola Yañez Alejandro. “Los instrumentos jurídicos de la Política Energética”, Miguel Angel Porrúa México, 2008
- Nicholas Georgescu-Roegen y Óscar Carpintero Redondo (ed.) Ensayos Bioeconómicos. Antología. Editorial Catarata.
- Carrillo González Graciela y Hernández Mar Raúl. “Adaptación al cambio climático desde la industria: una visión integral”, en Política y Cultura *Vulnerabilidad y adaptación al cambio ambiental global*, UAM, otoño 2011, num 36.
- Concheiro Alonso Antonio y Viqueira Rodríguez Luis. “Alternativas energéticas”, Fondo de Cultura Económica, México 1985.
- Cremoux Raúl. “La crisis energética. Testimonios”, Terra Nova, México 1981.
- Estrategia Nacional de Energía 2013-2027. Secretaria de Energía.
- Galindo Luis Miguel y Samaniego José Luis. “La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: Algunos Hechos estilizados”, revista CEPAL N°100, Abril 2010 pp. 69-97.
- Georgescu- Roegen Nicholas. Energy and Economic Myths. Southern Economic Journal January 1975. Vol. 41 No. 3. pp347-381.
- Georgescu-Roegen nichoas. La Ley de la Entropía y el Proceso Económico. Fundación Argentaria. Colección Energía y Naturaleza. España 1996
- Gómez López Claudia S., Barron Arreola Karla S. y Moreno Moreno Luis. “Crecimiento Económico y medio ambiente en México”, *Trimestre Económico*, Vol. LXXVII, México Enero- Marzo de 2010 num 305pp. 185-217.
- Guslain Pierre. “The Privatization Challenge. A strategic, legal and institutional Analysis of International Expirience”, The World Bank, Washington D.C. 1997.
- Hans Zandvliet1.El Pico de Petróleo y el Destino de la Humanidad: no existen soluciones técnicas rápidas y las consecuencias pueden ser graves. New York, Enero de 2011
- Horace M. Gray, “The passing of the Public Utility Concept”, Journal of Land and Public Utility Economics (1949)
- Kapany Norinder S. “Finance and utilization of Solar Energy”, *Center of Innovation and Entrepreneurial Development*, University of California 1982
- Kilian Lutz. “The economic effects of Energy Price Shocks”, *Journal of Economic Literature*, Diciembre 2008, Volume XLVI, number 4 pp 871-909.
- Kolstad D. Charles. “Environmental economics”, Oxford University Press, Ney York 2011.

Lina Montes Nora. “Problemas y desafíos cruciales del sector energético en México”, *Economía Informa*, num 340 mayo-junio 2006.

Lotka Alfred. *The Law of Evolution as a Maximal Principle. Human Biology a record of research.* September 1945. Vol 17 No. 3 pp.167-194.

Menéndez Pérez Emilio. “Energía. Factor Crítico en la sostenibilidad”. Netbiblo España 2004.

Menéndez Pérez Emilio. “Energías renovables, sustentabilidad, y creación de empleo”, Catarata, Madrid, septiembre 2001.

Moutinho dos Santos Edmilson. “La tecnología como condición básica para acceder a una energía más costosa”, *Economía Informa* num 340 mayo-junio 2006.

Pardo Sheinbaum Claudia. “Tendencias y perspectivas de la energía residencial en México. Análisis Comparativo con las experiencias de conservación y eficiencia de los países de la OCDE”, UNAM, México 1996.

Peter John. “Energy and the Ecological economics of sustainability”, Island Press, Washington D.C. 1992.

Prospectivas del Sector Eléctrico 2013- 2018, Secretaría de Energía.

Programa de Fomento de Sistemas Fotovoltáicos en México. Secretaría de Energía

Review by Gordon Tullock and Holbert R. Harris . “*Direct Electric Utility Competition: The Natural Monopoly Myth* by Walter J. Primeaux. .Public Choice Vol. 54, No. 1 (1987), p. 99

Romeiro Franco. “La energía como fuente de crecimiento y desarrollo en la perspectiva del fin de la era de los combustibles fósiles”, *Economía Informa*, num 340, mayo- junio 2006.

Murray Rothbard, “Man, Economy and State with Power and Market”. Ludwig von Mises Institute. 2nd edition. 2009

Scheer Hermann. *Autonomía Energética: La situación económica, social y tecnológica para las energías renovables.* Icaria. España, Noviembre 2009.

Sorensen Bent. *Renewable Energy: physics, engineering, environmental impacts and planning.* Elsevier. Estados Unidos.

Thomas J. DiLorenzo, “The Myth of Natural Monopoly”, *The Review of Austrian Economics* Vol.9, No.2(1996).

Tonda Juan. *El oro solar y otras fuentes de energía.* Fondo de Cultura Económica. México,

Turvey Ralph y Anderson Dennis. “Electricidad y economía”, Publicado por el Banco de México, Tecnos, Madrid 1979.

Páginas electrónicas.

<http://www.energia.gob.mx>

<http://www.cfe.gob.mx>

<http://www.cre.gob.mx>

<http://www.fide.org.mx>

<http://www.iie.org.mx>

<http://www.dof.gob.mx>

<http://www.eurosolar.org>

<http://www.eldinamo.cl/2013/08/29/que-tal-en-alemania-la-energia-solar-ya-es-mas-barata-que-la-proveniente-de-combustibles-fosiles/>