



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### “PROPUESTA Y EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA PARA APROVECHAR LA ENERGÍA SOLAR EN EDIFICIOS”

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO

P R E S E N T A:  
DURÁN LARA, JULIÁN JAVIER

DIRECTOR DE TESIS:  
M.I. JOSÉ ESTEBAN BARRIOS BONILLA.



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F., 2014.



## **Agradecimientos.**

En primer lugar quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, por ofrecerme la oportunidad de estudiar en la máxima casa de estudios del país y que para mí es y será la mejor universidad de México. En ella conocí personas y viví momentos que me cambiaron la forma de ver la vida.

A la Facultad de Ingeniería que me proporcionó los conocimientos y habilidades necesarias para formarme como ingeniero. Por generarme nuevas y más grandes metas y tener la confianza de llevarlas a cabo y cumplirlas con éxito. A todos los maestros con los que tuve la oportunidad de llevar clase, pues de todos he aprendido conocimientos, experiencias y hasta reflexiones.

También agradezco el haber entrado a Proyectos de Ahorro de Energía (PAE), donde realice mi Servicio Social y tuve la oportunidad de conocer a personas muy valiosas. Ahí descubrí habilidades que no sabía que tenía, conocimientos que me sirvieron para realizar este trabajo y la preparación para empezar a desarrollar nuevos proyectos a futuro.

A mi asesor y Maestro en Ingeniería José Esteban Barrios Bonilla por la oportunidad, confianza y paciencia durante la realización de este trabajo. Por apoyarme y alentarme a realizar todo lo que yo quería cubrir y en convertirlo en un posible proyecto laboral.

Gracias a todos mis amigos y amigas. A los que conocí en primer semestre y que aún seguimos en contacto (aunque muy pocos acabamos la carrera). A todos los de ingeniería mecánica que fui conociendo conforme íbamos avanzando en los semestres. A los de la DIMEI, todas las demás ingenierías y de otras facultades. A los eléctricos que conocí en Proyectos de Ahorro de Energía. Y a todos los que conozco antes de entrar a la universidad que han sido muy importantes para mí. A todos ellos con los que he compartido y seguiré compartiendo risas, bromas, retas, trabajo, consejos, esfuerzos, fiestas, alegrías y grandiosas experiencias durante toda la vida.

A todos mis tíos, primos y parientes que han estado siempre presentes en momentos buenos y malos desde que era pequeño. Gracias por todo.

En especial quiero agradecer a mis padres y hermano, este trabajo es gracias y para ustedes. Primero que nada gracias por mi oportunidad de existir, me dieron la vida y me han enseñado con un gran ejemplo como vivirla. Por su sacrificio inalcanzable en los momentos más difíciles, por enseñarme a nunca rendirme sin importar lo difícil que sea, por su ejemplo de superación y dedicación para salir adelante y así cumplir todas las metas que tenga y siempre ponerme más. Gracias por su apoyo, comprensión y confianza, por su amistad y amor incondicional. Pero más que nada, porque todo lo que tengo y todo lo que soy es gracias a ustedes. GRACIAS MAMÁ, PAPÁ, MAU SON LO QUE MAS QUIERO EN EL MUNDO.

## Objetivos:

- Realizar propuestas y análisis utilizando equipos con tecnología solar (calentadores y paneles) y diversos métodos y equipos necesarios para obtener la medición del consumo total de energía utilizada en una vivienda, y así proponer un ahorro energético y económico.
- Aprovechar la radiación proveniente del sol para convertirla en energía eléctrica y calefacción para beneficio de un grupo de personas viviendo en un edificio o condominio.
- Alcanzar estándares de vida óptimos para los seres humanos en armonía con el medio ambiente.

## Resumen Ejecutivo.

Con el propósito de generar energía para satisfacer las necesidades del hogar típico en la Ciudad de México y que represente un ahorro en la economía de las familias y que además ésta energía no provenga de combustibles fósiles que contaminan el medio ambiente, es que se lleva acabo el presente trabajo.

La energía que se busca aprovechar es la que proviene de la radiación del sol. En específico se realizó un estudio para poder emplear, las dos aplicaciones más importantes que tiene la energía solar: producir electricidad y calefacción, y se hizo una evaluación tanto económica como energética en un condominio para obtener los resultados correspondientes y así considerar si es viable el uso de estas aplicaciones solares.

Antes de comenzar con el estudio, se investigaron aspectos generales e introductorios a la importancia del uso de la energía solar, su disponibilidad, su aprovechamiento mundial y en México; ya que el uso correcto de las energías renovables o alternas, pueden ser la solución al creciente problema de la alta demanda de energía, los elevados costos de producción energética y la disminución a gran escala de los recursos energéticos fósiles.

En cuanto a la energía solar aprovechable en México, suponiendo un promedio de 230 PJoules como consumo anual para calentar agua en México, el área que se tendría instalada sería cercana a los 70 millones de metros cuadrados, lo que representaría un ahorro aproximado de casi 5 millones de toneladas de gas licuado y 640,200 m<sup>3</sup> de gas natural, equivalentes a poco más de 49 mil millones de pesos en recursos ahorrados, además de una disminución de alrededor de 4 millones de toneladas en emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes al año.

Ahora bien, suponiendo una eficiencia del 15%, bastaría una superficie de 25 km cuadrados en el desierto de Sonora o Chihuahua para generar toda la energía eléctrica que requiere hoy el país.

Es por esto que mi propuesta para mejorar el problema energético es utilizar el ahorro de energía y la radiación solar para sustentar un edificio no solo proveyendo calor sino también electricidad.

En el análisis energético se identificó los posibles riesgos que tiene la instalación eléctrica. Al conocer estos riesgos se propone una mejor repartición y distribución de la carga en los circuitos, así como cambiar la protección y el calibre de los hilos de los circuitos del centro de carga, con esta propuesta se mejorará la instalación eléctrica generando una mejora en la calidad de energía de toda la instalación y con esto se libera de capacidad a las líneas, transformadores y dispositivos, incrementando la vida útil de los equipos y sistemas.

Dado los 10 años que se otorga de garantía y los 25 años de vida útil que tiene el calentador solar, se concluyó que es viable aplicar esta tecnología para todos los casos analizados ya que en su mayoría la inversión inicial se recupera de 3 a 4 años aproximadamente con más de 15 años de ahorros energéticos y económicos.

A diferencia de los resultados con calentadores solares, los sistemas FV tienen un precio más elevado por lo que tarda más en recuperarse la inversión. Para este tipo de aplicación solar es más difícil competir contra los precios tradicionales de la producción de energía eléctrica. En algunos casos se tarda muchos años en pagarse el precio del sistema FV y llega a darse el caso en que no existe ningún ahorro y ni siquiera se llega a recuperar la inversión. Aun así hay muchos casos, sobretodo (Tarifa DAC) en que es totalmente viable acudir a estas aplicaciones solares teniendo grandes ahorros económicos de más de \$15,000 pesos al año por más de 20 años. En estos casos se debe de considerar en invertir pues no sólo es totalmente viable sino que también resulta ser un gran negocio.

Además de los ahorros energéticos y económicos que se analizaron, el uso de energía solar nos brinda grandes beneficios ambientales. Con el sistema FV tomando como base los 30 años que tiene de vida útil, evita que se emitan 18 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Este estudio considera que no habrá cambios significativos en el uso de la energía eléctrica o térmica, estilo de vida o número de ocupantes del domicilio donde se instalará el sistema en el tiempo que se analizó, aunque en un futuro el sistema puede ser ampliado fácilmente.

El consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de un país. Es trascendental encontrar el equilibrio entre seguridad energética, impacto ambiental y economía. Es la clave de la política energética futura. Es preciso evolucionar hacia otro modelo energético que permita mantener nuestro estado de bienestar de una forma más responsable y respetuosa con el medio ambiente.

## Nomenclatura.

IEA - Agencia Internacional de Energía.  
OTEP - Oferta Total de Energía Primaria.  
PIB - Producto Interno Bruto.  
CFE - Comisión Federal de Electricidad.  
SENER - Secretaría de Energía.  
PEMEX - Petróleos Mexicanos.  
GEI - Gases de efecto invernadero.  
IIE - Instituto de Investigaciones Eléctricas.  
CRE - Comisión Reguladora de Energía.  
INE - Instituto Nacional de Estadística.  
LAFRE - Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía.  
LAERFTE - Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.  
CONUEE - Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.  
GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (German Society for International Cooperation).  
EN - Energía Renovable.  
FV - Fotovoltaica.  
ANES - Asociación Nacional de Energía Solar.  
SEN - Sistema Eléctrico Nacional.  
TMCA - Tasa Media de Crecimiento Anual.  
AWG - American Wire Gauge o bien en español CAE-calibre de alambre estadounidense.  
CFL - Lámpara fluorescente compacta.  
DAC - Tarifa Doméstica de Alto Consumo.  
DOF - Diario Oficial de la Federación.

MMtep – Millones de toneladas equivalentes de petróleo.  
MMbpe – Millones de barriles de petróleo equivalente.  
Tg CO<sub>2</sub> eq – Teragramos de dióxido de carbono equivalente.  
PJ – PetaJoules.  
MW – MegaWatts.  
GW – GigaWatts.  
MWh – MegaWatts-hora  
KWh/m<sup>2</sup> – kilo Watt-hora en metro cuadrado.  
cUSD/KWh – centavos de dólar por cada kilo Watt-hora.  
Wp – Watt pico.  
USD/Wp – dólar por Watt pico.  
KVA – kilo volts-amperes.  
MXN/KWh – peso mexicano por cada kilo Watt-hora.

# Índice.

Agradecimientos.-----	3
Objetivos:-----	4
Resumen Ejecutivo.-----	4
Nomenclatura.-----	6
<b>Capítulo 1. Introducción.-----</b>	<b>11</b>
1.1. Antecedentes.-----	11
1.1.1. Energía.-----	11
1.1.2. Estadísticas Históricas del Consumo y Demanda de Energía.-----	12
1.1.2.1. Indicadores Energéticos Mundiales.-----	13
1.1.2.1.1. Participación y Evolución de la Energía Renovable o Alterna en el Consumo Mundial de Energía.-----	15
1.1.2.2. Contexto Energético Nacional.-----	17
1.1.2.2.1. Participación y Evolución de la Energía Renovable o Alterna en el Consumo Nacional de Energía.-----	24
1.2. Justificación del Trabajo.-----	26
1.2.1 Impacto Ambiental.-----	27
1.2.2. Crisis Energética.-----	29
1.3. Propuestas Viables.-----	31
1.3.1. Energías Renovables.-----	35
1.3.2. Energía Solar.-----	42
1.3.3. Energía Solar en México.-----	46
<b>Capítulo 2. Desarrollo Teórico.-----</b>	<b>50</b>
2.1. Energía solar térmica.-----	51
2.1.1 Tipos de Colectores Solares Térmicos.-----	52
2.2. Energía Solar Fotovoltaica.-----	55
2.2.1 Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red Eléctrica.-----	57
<b>Capítulo 3. Propuesta y Evaluación del Sistema Energético en un condominio típico.63</b>	
3.1. Propuesta y Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica.-----	63
3.2. Propuesta del Sistema Solar Térmico.-----	81

3.3.	Propuesta del Sistema Solar Fotovoltaico. ....	91
<b>Capítulo 4.</b>	<b>Análisis de Resultados. ....</b>	<b>101</b>
4.1.	Análisis de las propuestas energéticas. ....	101
4.1.1.	Resultados de la Propuesta Solar Térmica en el Edificio. ....	101
4.1.2.	Resultados de la Propuesta Solar Fotovoltaica en el Edificio. ....	105
4.2.	Costos, Beneficios y Desventajas. ....	109
4.2.1.	Costos. ....	109
4.2.2.	Beneficios. ....	111
4.2.3.	Desventajas. ....	114
<b>Capítulo 5.</b>	<b>Conclusiones. ....</b>	<b>117</b>
5.1.	Conclusiones: ....	117
5.2.	Recomendaciones y Prospectos futuros. ....	119
<b>Anexos.</b>	<b>.....</b>	<b>122</b>
A.	Tablas. ....	122
B.	Planos. ....	132
C.	Marco legal, regulatorio y normativo. ....	134
D.	Descripción de posibles mecanismos de financiamiento y subsidios. ....	141
<b>Glosario.</b>	<b>.....</b>	<b>144</b>
<b>Referencias.</b>	<b>.....</b>	<b>149</b>

## Lista de Figuras.

Figura 1. Producción mundial de energía primaria, 2011	13
Figura 2. Oferta interna bruta mundial de energía, 2011	14
Figura 3. Consumo mundial de energía por energético, 2011	14
Figura 4. Distribución de la demanda mundial de energía, 1990-2010	15
Figura 5. Tasa de crecimiento de la capacidad global de producción de energía renovable,	16
Figura 6. Estructura del Sector Energético Mexicano.	18
Figura 7. Producto interno bruto vs. Consumo nacional de energía	19
Figura 8. Estructura del consumo final total por tipo de energético, 2012	22
Figura 9. Consumo final energético por sector y energético, 2012.	23



Figura 10. Estructura de la producción de energía primaria, 2011	25
Figura 11. Emisiones de CO <sub>2</sub> .	27
Figura 12. Evolución del consumo nacional de energía y las emisiones asociadas al consumo de combustibles.	28
Figura 13. Ejemplo de pérdidas de energía al producirla y transportarla.	30
Figura 14. Energías Renovables.	35
Figura 15. Energía Eólica.	37
Figura 16. Energía Geotérmica.	38
Figura 17. Plantas Hidroeléctricas.	39
Figura 18. Energía Mareomotriz.	40
Figura 19. Bioenergía.	41
Figura 20. Capacidad instalada de energía fotovoltaica. Principales países, 2011, (GW).	44
Figura 21. Energía Solar.	45
Figura 22. Estimado de energía consumida para el calentamiento de fluidos a baja temperatura en México (1996 a 2005).	47
Figura 23. Evolución de la capacidad instalada y generación de electricidad con sistemas FV en México.	48
Figura 24. Ejemplo de sistema solar térmico.	54
Figura 25: Representación general del efecto fotovoltaico.	55
Figura 26: Elementos de un panel y conjunto fotovoltaico.	56
Figura 27: Sistema FV aislado.	57
Figura 28: Ejemplo de sistema FV interconectado a la red eléctrica en una vivienda.	58
Figura 29: Capacidad instalada con sistemas FV a nivel mundial 1995 – 2010.	59
Figura 30: Desarrollo del costo de los módulos FV, 1980 – 2010 (curva de aprendizaje).	59
Figura 31: Costos de generación con sistemas FV a nivel mundial 2002 – 2011.	60
Figura 32: Evolución de la capacidad instalada y generación de electricidad con sistemas FV en México.	61
Figura 33. Plano de los departamentos y edificio.	64
Figura 34. Transformador tipo pedestal (izquierda) e interruptor general (derecha).	66
Figura 35. Interruptores de seguridad.	66
Figura 36. Centros de Carga.	67
Figura 37. Material para realizar el levantamiento eléctrico.	68
Figura 38. Trazador conectado en un contacto.	68
Figura 39. Plano del levantamiento eléctrico de un departamento.	69
Figura 40. Simbología y levantamiento eléctrico (cocina).	70
Figura 41. Atributos de una lámpara fluorescente compacta.	70
Figura 42. Datos usados para la propuesta solar térmica.	82
Figura 43. Datos para obtener el consumo de una estufa doméstica.	85
Figura 44. Colector solar IUSA MOD. SCSI1008.	88
Figura 45. Datos del Calentador solar IUSA MOD. SCSI1008.	90
Figura 46. Dimensiones del panel del módulo JKM50P.	96

## Lista de Tablas.

Tabla 1. Producción de energía primaria (Petajoules)	20
Tabla 2. Consumo final de energía (Petajoules)	21
Tabla 3. Consumo de energía en los sectores residencial, comercial y público (Petajoules).	24
Tabla 4. Fuentes de energía renovables estimadas sobre la superficie de la Tierra.	45
Tabla 5. Levantamiento de potencia.	71
Tabla 6. Cuadro de carga.	73
Tabla 7. Cuadro de Carga.	74
Tabla 8. Cuadro de Carga (continuación).	75

Tabla 9. Cuadro de Carga (continuación).-----	76
Tabla 10. Cuadro de Carga (continuación).-----	77
Tabla 11. Valor normalizado de protecciones fijas (A).-----	78
Tabla 12. Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C.-----	79
Tabla 13. Tabla de impedancias para conductores con aislamiento THW, RHW y RHH en canalización metálica, para un solo conductor.-----	79
Tabla 14. Cuadro de carga (continuación).-----	80
Tabla 15. Precio del Gas LP en el Distrito Federal (2014).-----	86
Tabla 16. Diferencias entre colectores planos y colectores de tubos de vacío.-----	87
Tabla 17. Especificaciones generales del calentador solar IUSA MOD. SCS11008.-----	89
Tabla 18. Facturación de la Tarifa 01 (marzo 2014).-----	92
Tabla 19. Facturación de la Tarifa DAC región central (marzo 2014).-----	92
Tabla 20. Especificaciones generales del módulo fotovoltaico JKM250P.-----	94
Tabla 21. Insolación Global Media de la República Mexicana (kWh/m2).-----	95
Tabla 22. Resultados de la Propuesta Solar Térmica en el Edificio.-----	102
Tabla 23. Resultados de la Propuesta Solar Térmica en el Edificio.-----	102
Tabla 24. Resultados de la Propuesta Solar Térmica en el Edificio.-----	103
Tabla 25. Resultados de la Propuesta Solar Térmica en el Edificio.-----	104
Tabla 26. Resultados de la Propuesta Solar Fotovoltaica en el Edificio.-----	105
Tabla 27. Resultados de la Propuesta Solar Fotovoltaica en el Edificio.-----	106
Tabla 28. Resultados de la Propuesta Solar Fotovoltaica en el Edificio.-----	107
Tabla 29. Resultados de la Propuesta Solar Fotovoltaica en el Edificio.-----	107
Tabla 30. Número de hogares con mayor potencial en la aplicación de sistemas FV.-----	109

# **Capítulo 1. Introducción.**

## **1.1. Antecedentes.**

Este capítulo tiene como base el estudio y los antecedentes de la energía solar, para lo cual es necesario, establecer conceptos previos tales como fuentes de energía, combustibles fósiles, energías renovables, ahorro de energía y en primer lugar el concepto de energía como tal.

De la misma forma, tiene como objetivo explicar el porqué de realizar este trabajo y la importancia que tiene y que se le debe de dar al uso actual y futuro de las aplicaciones de la energía solar, y para esto es necesario realizar una breve descripción de lo que significa crisis energética y el modelo económico y energético actual.

Para finalidad de este trabajo se hará referencia por igual a las energías renovables y las energías alternas sin distinción entre ellas pues así lo manejan en Secretarías, organizaciones internacionales, instituciones, etc. Sin embargo a continuación se mencionará una breve descripción de lo que significan estas energías.

### **1.1.1. Energía.**

La energía por definición termodinámica es la capacidad que tienen los cuerpos a realizar un trabajo. Teniendo esto en cuenta la energía solar tiene la capacidad para realizar cualquier trabajo ya que es inagotable y puede ser transformada en muchas otras energías útiles para una gran variedad de aplicaciones. Para empezar a hablar de la energía solar y las aplicaciones que se quieren adecuar para su uso en viviendas domésticas, sería bueno explicar el porqué de utilizar las energías alternas, lo que son éstas y lo que se puede entender por crisis energética.

Las fuentes de energía, en una explicación breve y fácil de entender, son aquéllas que producen energía útil directamente o por medio de una transformación. Las fuentes de energía se pueden clasificar en dos tipos: primarias y secundarias.

La energía primaria comprende aquellos productos energéticos que se extraen o captan directamente de los recursos naturales. Dentro de esta clasificación se pueden mencionar los siguientes: carbón mineral, petróleo crudo, condensados, gas natural, energía nuclear, hidro-energía, energía geotérmica, energía eólica, energía solar, bagazo de caña, leña y biogás, entre otros. Este tipo de energía se utiliza como insumo para obtener productos secundarios o se consume en forma directa.

Dentro de esta clasificación de energías primarias se encuentran las energías renovables y no renovables.

Las no renovables son aquéllas que se extraen de los depósitos geológicos que se formaron a partir de biomasa y también considera los combustibles secundarios producidos a partir de un combustible fósil.

Por otro lado se encuentran las energías renovables, provenientes de fuentes energéticas que se renuevan constantemente, y que teóricamente no se agotan con el paso del tiempo, sin importar su nivel de utilización.

Bajo el concepto de energía secundaria se agrupan a los derivados de las fuentes primarias, los cuales se obtienen en los centros de transformación, con características específicas para su consumo final.

Por otra parte, en la naturaleza existen diversas fuentes de energía, diferentes a las tradicionales o convencionales, que se presentan en forma potencial con posibilidades viables de utilización prácticamente en todos los aspectos, y cuyo aprovechamiento representa un impacto ambiental mínimo, a este tipo de energías se les denomina: Energías alternas.

### **1.1.2. Estadísticas Históricas del Consumo y Demanda de Energía.**

Para dar una idea acerca de la cantidad de energía que se necesita generar para abastecer la demanda, tanto mundial como nacional, me di a la tarea de investigar las estadísticas de producción, oferta y la demanda de energía, además de otros indicadores energéticos, que a continuación se presentan.

Asimismo se dan a conocer las estadísticas de las energías renovables, su producción, su demanda, los usos que tienen y que se les pueden dar y la importancia que están teniendo en la actualidad todas estas energías alternas, pues de esto trata este trabajo, de encontrar la manera de concientizar el uso apropiado de las energías alternas, en este caso la energía solar.

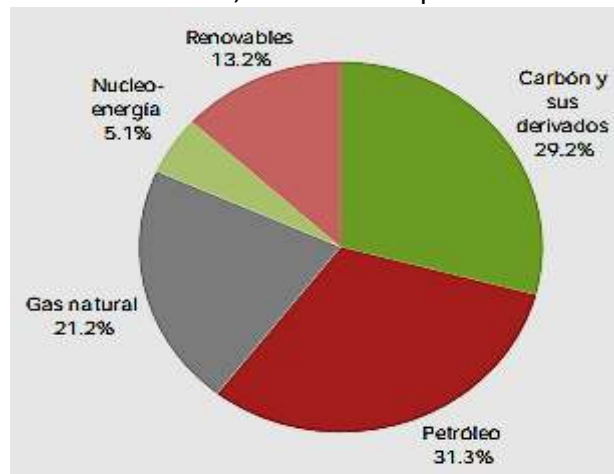
En lo que se refiere a las estadísticas y números importantes que se darán a continuación, son obtenidos de agencias, organizaciones y secretarías internacionales y nacionales, en donde las publicaciones más recientes datan del 2011-2012 (principalmente obtenidos de la SENER), los cuales son datos obtenidos de un año anterior.

### 1.1.2.1. Indicadores Energéticos Mundiales.

En el 2011, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA), la producción mundial de energía primaria totalizó 13,201.76 millones de toneladas equivalentes de petróleo (MMtep). El gas natural presentó un crecimiento de 5.6%, resultado del uso de tecnologías de perforación más eficientes y rentables. La producción mundial de carbón y sus derivados incrementó 5.6%, la de energías renovables 2.1% y la de petróleo crudo 1.3%, mientras que la núcleo-energía disminuyó 6.3% con respecto al año pasado.

Como se ve en la siguiente figura la producción mundial de energía primaria está dividida principalmente en las ya mencionadas y a continuación se muestran sus porcentajes hasta esa fecha.

Figura 1. Producción mundial de energía primaria, 2011  
13,201.76 MMtep

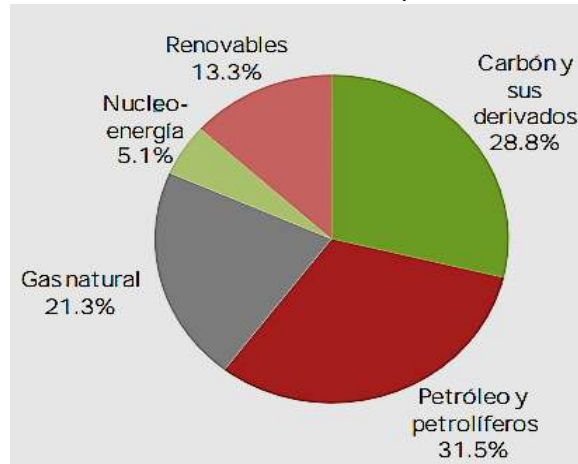


Fuentes: World Energy Balances, IEA, edición 2013.

Los países con mayor producción primaria fueron China, Estados Unidos, Rusia, Arabia Saudita e India, con participaciones de 18.4%, 13.5%, 10.0%, 4.6% y 4.1%, respectivamente. México se situó en el duodécimo lugar, con 1.7% de la energía total producida en el mundo.

Como se puede ver en la siguiente figura, la oferta interna bruta de energía, a nivel mundial, sumó 13,113.38 MMtep en 2011, 1.6% por encima de lo ofertado en 2010. El petróleo aportó la mayor parte de dicha oferta con el 31.5% y 13.3% provinieron de fuentes renovables de energía (Figura 2). Por otro lado, destacó el incremento de 5.0% en la oferta del carbón y sus derivados y la caída de 6.3% en la energía nuclear.

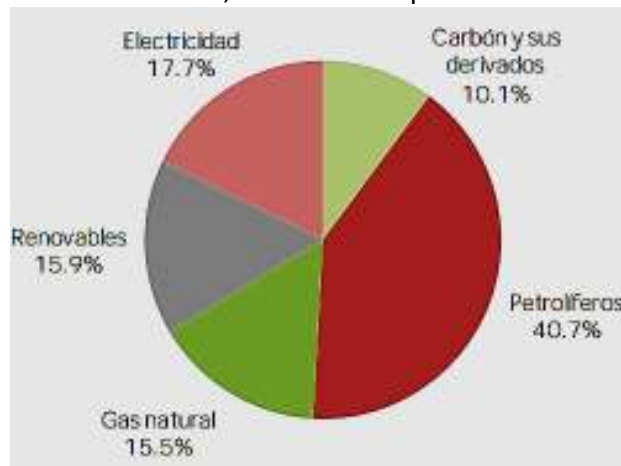
Figura 2. Oferta interna bruta mundial de energía, 2011  
13,113.38 MMtep



Fuentes: World Energy Balances, IEA, edición 2013.

Al igual que la producción y la oferta total de energía, el consumo mundial de energía también creció con un porcentaje de 1.7% en 2011, al totalizar 8,917.53 MMtep. El aprovechamiento de las energías renovables presentó un incremento de 1.7%. Los tipos de energía renovable con dinamismo más acelerado fueron la solar y la eólica, con 17.5 MMtpe, cifra 20.7% más alta que la registrada en 2010.

Figura 3. Consumo mundial de energía por energético, 2011  
8,917.53 MMtep.



Fuentes: World Energy Balances, IEA, edición 2013.

La relación entre producción y oferta interna bruta mide el grado en que la oferta interna bruta de un país es cubierta con la producción nacional. Todos aquellos países o regiones que tienen una tasa mayor que la unidad, satisfacen la mayor parte de sus necesidades energéticas con producción propia. Tal es el caso de México, Rusia, Canadá y los países de

Medio Oriente, entre otros. En cambio, países como Estados Unidos, China, India y Brasil, además de Europa Occidental y Oriental, presentaron un índice menor a uno, lo que implica que dependen mayoritariamente de las importaciones para cubrir la oferta interna bruta. En 2011, el índice o relación entre producción y oferta interna bruta de México fue de 1.23, lo que quiere decir que nuestro país sí satisface sus necesidades energéticas con la producción de energía que se lleva a cabo en el territorio nacional.

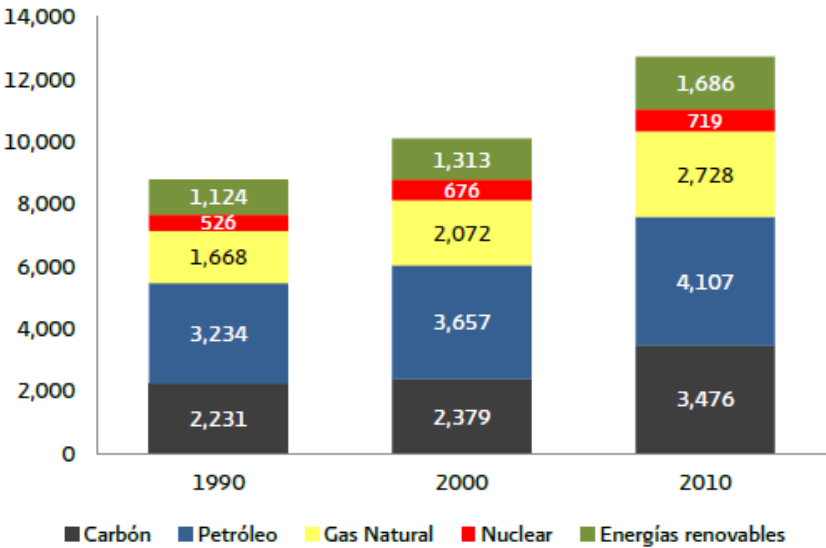
Otras estadísticas importantes que vale la pena mencionar son la oferta total de energía per cápita que a nivel mundial para el 2011, fue de 1.88 toneladas equivalentes de petróleo (tep) por habitante. Otro punto importante es el Producto Interno Bruto (PIB) mundial (medido en dólares) el cual creció 3.7%.

**1.1.2.1.1. Participación y Evolución de la Energía Renovable o Alterna en el Consumo Mundial de Energía.**

Una estadística muy importante para este trabajo, es que las energías renovables crecieron a una tasa promedio anual de 2.9% de 1990 a 2010, y contribuyeron con 19.4% de la generación de energía eléctrica mundial.

Desde hace dos décadas, este proceso de transición se ha acelerado en varios países del mundo, debido a importantes inversiones en la explotación y uso de las energías renovables, como el caso de Alemania, España, Dinamarca, Estados Unidos, Brasil, India y China.

Figura 4. Distribución de la demanda mundial de energía, 1990-2010 (Millones de toneladas de petróleo equivalente)



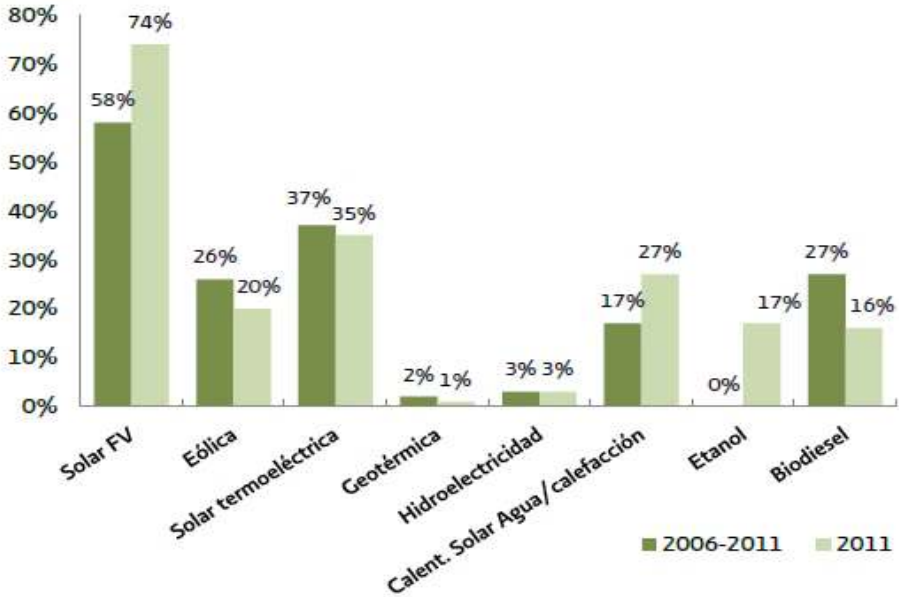
Fuente: International Energy Agency. 2012. World Energy Balances.

Como se muestra en la Figura 4, entre 1990 y 2010, la demanda mundial de energía se incrementó de 8,783 MMtep a 12,716 MMtep, esto implica el crecimiento de la población, puesto que a mayor población la demanda de energía también será mayor. La participación de la demanda de petróleo pasó de 43% a 32%, dada la disminución de este recurso en el planeta y a la participación de las demás fuentes de generación de energía las cuales incrementaron su importancia energética mundial.

Entre 2006 y 2011, la capacidad de producción global de energías renovables, incluyendo grandes hidroeléctricas, creció a tasas promedio anuales muy altas, entre 17% y 58%. La energía solar termoeléctrica aumentó casi 37%. La energía solar fotovoltaica registró el crecimiento más acelerado, con un aumento en la capacidad instalada de 58% anual promedio durante este período. Por primera vez, en 2011 la energía solar fotovoltaica representó la mayor cantidad de nueva capacidad eléctrica instalada en la Unión Europea, más que ninguna otra tecnología.

Como se puede ver en la figura 5, la energía eólica creció a un ritmo de 26% anual. La producción de biocombustibles ha sido variada, con una expansión del biodiesel en 2011, mientras que el etanol se mantiene estable, ligeramente por debajo en comparación con 2010. Otras tecnologías, incluyendo la energía hidroeléctrica y la geotermia, han crecido a tasas más moderadas, que van de 2% a 3%, haciendo comparable su comportamiento con las tasas de crecimiento global de combustibles fósiles de 1% a 4%.

Figura 5. Tasa de crecimiento de la capacidad global de producción de energía renovable, 2006-2011 (%)



Fuente: Renewables 2012, Global Status Report, REN21, 2012.



En el 2010, la energía proveniente de fuentes renovables suministró 16.7% del consumo final de energía. Cabe destacar, que la energía renovable esta gradualmente sustituyendo a los combustibles convencionales, sobre todo en los siguientes mercados o servicios:

- La generación de electricidad,
- Calentamiento de agua,
- Calefacción,
- Combustibles para transporte y
- La provisión de energía en centros rurales alejados de la red energética.

Actualmente la IEA considera diversos escenarios para las energías alternas, que contemplan distintos niveles de compromiso respecto a las políticas gubernamentales dirigidas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a la diversificación del portafolio energético. Se espera que el suministro de energía renovable moderna (hidráulica, eólica terrestre y marina, solar, geotérmica, de los océanos y biomasa) se incremente de 1,124 MMtep en 2010 a una participación de 1,900 MMtep a 3,250 MMtep en 2035 <sup>[19]</sup>, en función de los diferentes escenarios.

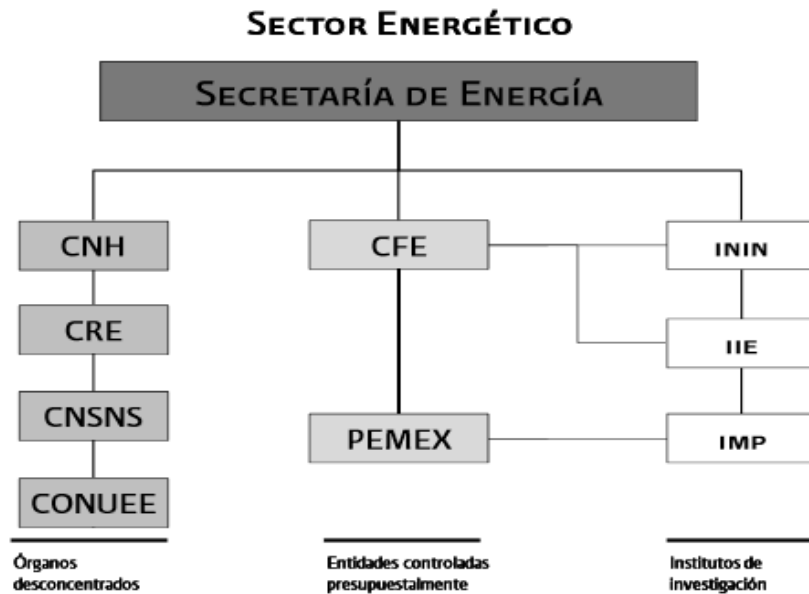
Los costos unitarios de generación de las tecnologías de energías renovables continuarán disminuyendo durante los próximos años, las principales causas de este decrecimiento serán el aumento en la investigación de nuevas tecnologías que optimicen el aprovechamiento de estas energías limpias, normas o mecanismos políticos y/o gubernamentales que apoyen y faciliten el uso de estas energías y el desarrollo de economías de escala en la fabricación de los equipos asociados. En particular, se espera que los costos de la tecnología solar fotovoltaica en grandes centrales y sistemas integrados en edificios disminuyan considerablemente sus costos. De igual forma, se espera una reducción en costos para las plantas solares de concentración.

### **1.1.2.2. Contexto Energético Nacional.**

La estructura del sector energético de México está bajo la coordinación de la Secretaría de Energía (SENER), Petróleos Mexicanos (PEMEX) y sus Organismos Subsidiarios y la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

El sector energético agrupa a estas empresas en dos ramas: hidrocarburos y electricidad. Incorpora, además, a otras entidades que son responsables, en el ámbito de su competencia, de brindar diversos productos y servicios de valor agregado. Por un lado, los institutos de investigación del sector: Mexicano del Petróleo (IMP), de Investigaciones Eléctricas (IIE) y Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), desarrollan trabajos de investigación científica, que proporcionan elementos de innovación tecnológica para que PEMEX y la CFE aumenten su competitividad y ofrezcan mejores productos y servicios.

Figura 6. Estructura del Sector Energético Mexicano.

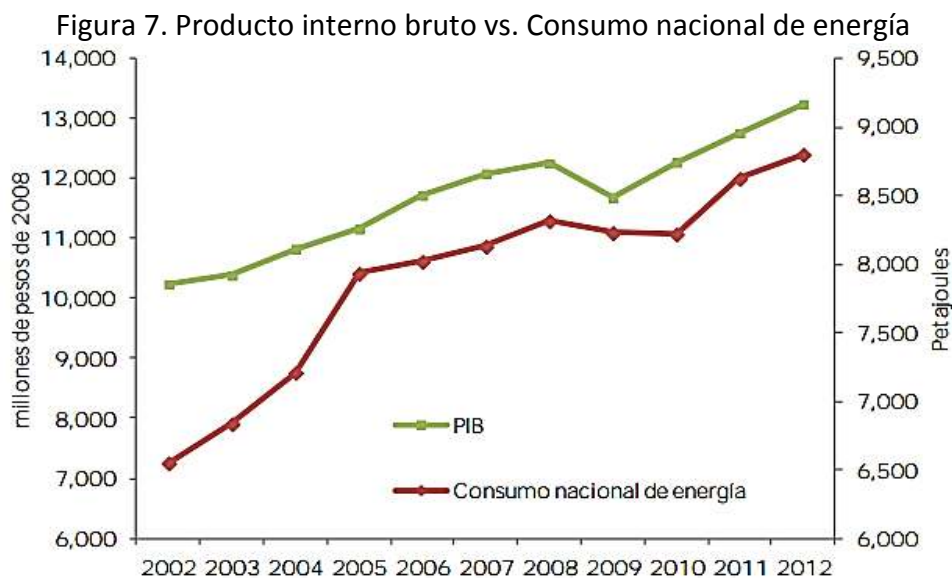


Adicionalmente, el sector energético se apoya en la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), cuyo objetivo principal es regular y supervisar la exploración y extracción de petróleo, así como las actividades de proceso, transporte y almacenamiento que se relacionen directamente con los proyectos de exploración y extracción de hidrocarburos. La Comisión Reguladora de Energía (CRE) regula las industrias de gas natural y electricidad. Por su parte, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) promueve tanto el uso racional y eficiente de la energía como la utilización de energías renovables. Finalmente, la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS) supervisa los niveles de seguridad en las instalaciones nucleares y radioactivas en los sectores de energía, salud, industria, comercio e investigación y vigila el cumplimiento de la regulación en la materia.

Ahora bien dentro de los indicadores energéticos, la intensidad energética es la cantidad de energía requerida para producir un peso de Producto Interno Bruto y es definida por el PIB y el consumo nacional. En el 2012 tuvo un ligero incremento en el consumo de energía y se debió principalmente a un mayor requerimiento de energía en las actividades de transformación, lo cual a su vez, estuvo asociado a la mayor generación de electricidad, necesaria para cubrir la incorporación de nuevos usuarios que se conectaron al servicio público de energía eléctrica.

Es importante mencionar que el consumo de energía está estrechamente ligado a la actividad económica del país. Durante el periodo 2002 a 2012, el coeficiente de correlación lineal entre el PIB y el consumo nacional de energía fue 0.91. Esto implica que cuando el PIB incrementa, también lo hace el consumo de energía. No obstante, la

relación no siempre se mantiene cuando el PIB disminuye. Esto se debe a que durante la desaceleración de la economía, las centrales eléctricas y muchas de las plantas de producción industrial necesitan permanecer encendidas, lo que impide que el consumo energético decaiga a la par de la actividad económica. En la figura 7 se presenta la relación que existe entre el PIB y el consumo nacional de energía.



Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

El consumo de energía per cápita fue 75.18 GJ o 12.1 barriles de petróleo por habitante durante todo el año 2012, 0.8% mayor que 2011. En dicho año, la población mexicana pasó de 115.7 a 117.05 millones de habitantes, lo que representó un crecimiento de 1.2%.

Por su parte, la producción nacional de energía primaria totalizó en 9,073.83 PJ, 2.4% menor a la registrada en 2011. Este comportamiento se debió principalmente a la menor producción de petróleo, principal energético primario, que disminuyó 0.25% respecto a 2011, como se observa en la tabla 1. No obstante, los hidrocarburos continúan siendo la principal fuente de energía primaria en el país, con una aportación cerca del 89%.

Así mismo en esta tabla se pueden ver la producción del 2011 y del 2012, de diferentes energías primarias, como el carbón, otros hidrocarburos y distintas energías renovables, al igual que se muestra su variación y su estructura porcentual.

Tabla 1. Producción de energía primaria (Petajoules)

	2011	2012	Variación porcentual (%) 2012/2011	Estructura porcentual (%) 2012
Total	9,292.51	9,073.83	-2.35	100
Carbón	392.28	327.69	-16.47	3.61
Hidrocarburos	8,152.10	8,033.58	-1.45	88.54
Petróleo	5,933.53	5,918.86	-0.25	65.23
Condensados	100.38	87.69	-12.64	0.97
Gas natural	2,118.19	2,027.03	-4.30	22.34
Nucleoenergía	106.39	91.32	-14.17	1.01
Renovables <sup>1</sup>	641.73	621.24	-3.19	6.85
Hidroenergía	130.56	114.68	-12.16	1.26
Geoenergía	149.29	133.13	-10.83	1.47
Solar	5.81	6.67	14.80	0.07
Energía eólica	5.93	13.12	121.13	0.14
Biogas	1.47	1.82	23.80	0.02
Biomasa	348.67	351.82	0.91	3.88
Bagazo de caña	90.58	95.08	4.97	1.05
Leña	258.09	256.74	-0.52	2.83

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.

La generación de electricidad se ubicó en 1,067.88 PJ, equivalente a 296,632.85 GWh. Tal nivel de generación incrementó 1.8% respecto a lo observado durante 2011. Se integra por la generación de las centrales eléctricas públicas, que se refiere a las que son propiedad de la Comisión Federal de Electricidad, a las centrales de los Productores Independientes de Energía y a las de los privados para generación eléctrica, ya sea de autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción, usos propios continuos y exportación.

En 2012 el consumo de electricidad per cápita se incrementó 1.8% respecto al año anterior, al ubicarse en 1,997.44 kilowatts-hora (KWh). Esto fue resultado de un crecimiento más acelerado del consumo de energía eléctrica (3.0%) comparado con el de la población nacional (1.2%).

El consumo final de energía, definido como la suma del consumo no energético y el consumo energético, mostró decremento de 0.5% respecto a 2011, totalizando 5,101.84 PJ (Tabla 2). Este flujo representa la energía que se destina al mercado interno o a las actividades productivas de la economía nacional.

El consumo no energético total, que se refiere a aquellos productos energéticos y no energéticos derivados del petróleo que se utilizan como insumos para la producción de diferentes bienes, representó 3.9% del consumo final.

Tabla 2. Consumo final de energía (Petajoules)

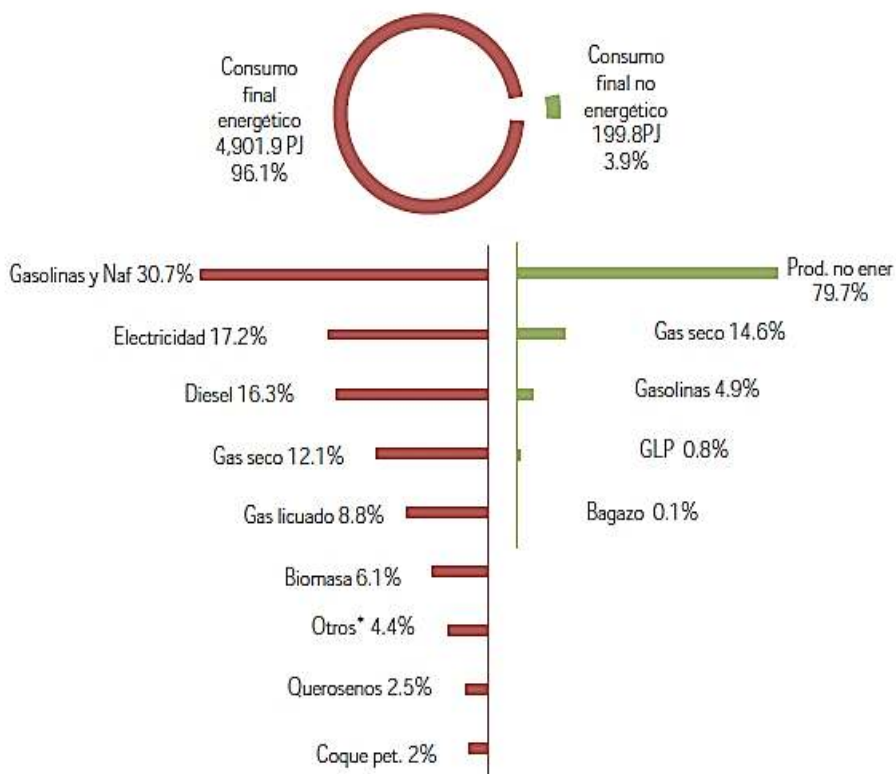
	2011	2012	Variación porcentual (%) 2012/2011	Estructura porcentual (%) 2012
<b>Consumo final total</b>	<b>5,124.92</b>	<b>5,101.84</b>	<b>-0.45</b>	<b>100</b>
Consumo no energético total	260.51	199.87	-23.28	3.92
Petroquímica de Pemex	161.60	112.39	-30.45	2.20
Otras ramas	98.91	87.48	-11.55	1.71
<b>Consumo energético total</b>	<b>4,864.41</b>	<b>4,901.97</b>	<b>0.77</b>	<b>96.08</b>
Transporte	2,286.64	2,282.35	-0.19	44.74
Industrial	1,492.31	1,530.63	2.57	30.00
Resid, comer y púb	928.28	928.94	0.07	18.21
Agropecuario	157.18	160.05	1.82	3.14

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.

Por su parte, el consumo energético total, se refiere a la energía destinada a la combustión en los procesos y actividades económicas, así como la que se emplea para satisfacer las necesidades energéticas de la sociedad. Éste representó 55.7% del consumo nacional y 96.1% del consumo final. Los sectores en que se divide el consumo energético son el transporte, que es el sector más intensivo en uso de energía, representando el 46.6% del consumo energético total; el industrial, que consumió 31.2%; el residencial, con 15.7%; el agropecuario, con 3.3%; el comercial, con 2.6%; y, el público, con 0.6%.

Asimismo, en el consumo energético las gasolinas y naftas mostraron la mayor demanda, principalmente asociada al consumo del sector transporte, con 30.7%. La electricidad fue el segundo energético de mayor consumo con el 17.2%, seguida del diesel con el 12.6% de los requerimientos energéticos finales y el gas seco con 12.2%.

Figura 8. Estructura del consumo final total por tipo de energético, 2012

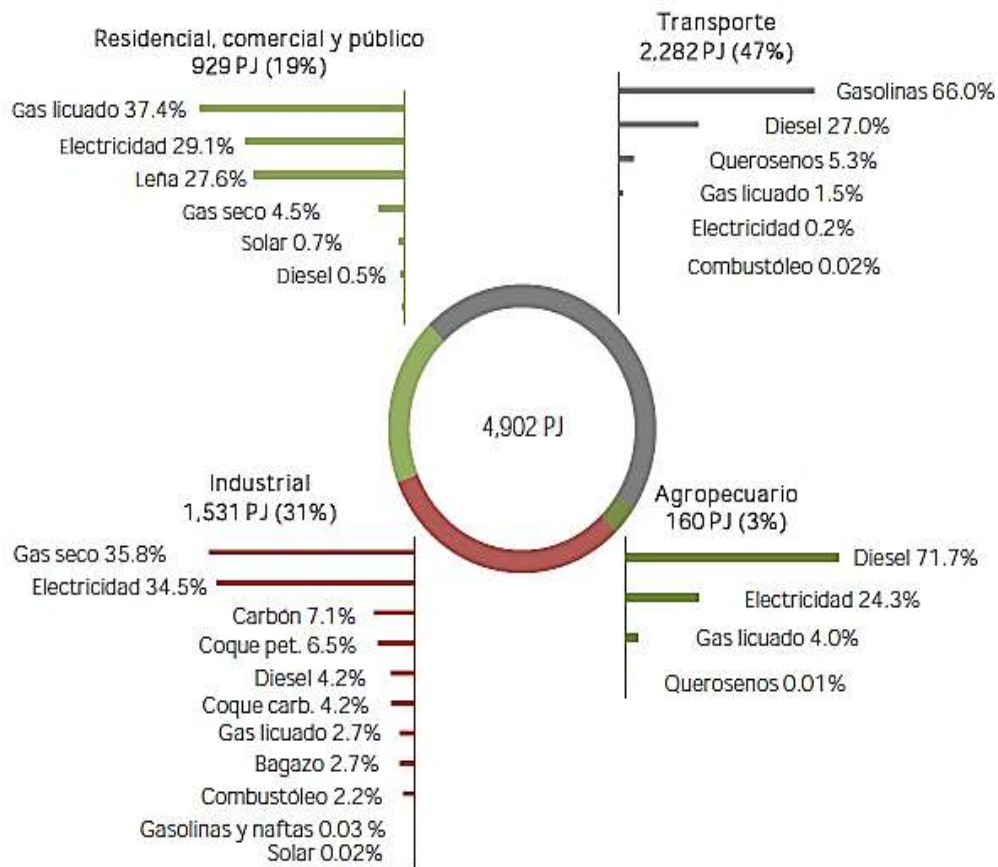


\*Incluye carbón, coque de carbón, combustóleo y energía solar.

Fuente: Sistema de Información Energética.

En 2012 el consumo final energético creció 0.8% respecto a 2011, que se ubicó por debajo del crecimiento del PIB (3.9%). El consumo del sector industrial mostró el mayor incremento, con 38.32 PJ (7.06 MMbpe); es decir, 2.6% mayor que el del año anterior. La Figura 9 presenta el consumo final por sectores en 2012.

Figura 9. Consumo final energético por sector y energético, 2012.



Fuente: Sistema de Información Energética.

El consumo de energía en el sector residencial incrementó 0.4% en 2012 con respecto a 2011, totalizando 771.33 PJ (121.53 MMbpe), como se ve en la Tabla 3. Este crecimiento se debió principalmente al consumo de gas licuado de petróleo en los hogares, que pasó de 285.76 PJ en 2011 a 287.88 PJ en 2012. Asimismo, en 2012 se observó una disminución en el consumo de leña en hogares. Esto se debió a un ligero incremento en el uso de gas seco en zonas urbanas del país, las mejoras en los estándares de eficiencia de los calentadores de agua, la preferencia por el uso del horno de microondas, la sustitución de estufas y la introducción de paneles solares.

Para la realización de este trabajo el sector de importancia es el residencial ya que es donde se quiere poner a prueba el uso y aplicaciones de la energía solar y es por eso que se enfoca más hacia este sector y no en los demás.

Tabla 3. Consumo de energía en los sectores residencial, comercial y público (Petajoules).

	2011	2012	Variación porcentual (%) 2012/2011	Estructura porcentual (%) 2012
<b>Residencial</b>	<b>768.57</b>	<b>771.33</b>	<b>0.36</b>	<b>100</b>
Solar	3.23	3.66	13.41	0.47
Leña	258.09	256.74	-0.52	33.29
Total de petrolíferos	287.05	289.09	0.71	37.48
Gas licuado	285.76	287.88	0.74	37.32
Querosenos	1.29	1.21	-6.26	0.16
Gas seco	31.19	31.87	2.17	4.13
Electricidad	189.02	189.98	0.51	24.63
<b>Comercial</b>	<b>130.59</b>	<b>127.41</b>	<b>-2.44</b>	<b>16.52</b>
Solar	2.17	2.47	13.41	0.32
Total de petrolíferos	65.91	64.32	-2.41	8.34
Gas licuado	61.75	60.06	-2.74	7.79
Diesel	4.16	4.26	2.52	0.55
Gas seco	9.64	10.22	6.09	1.33
Electricidad	52.87	50.40	-4.67	6.53
<b>Público</b>	<b>29.12</b>	<b>30.20</b>	<b>3.70</b>	<b>3.91</b>
Electricidad	29.12	30.20	3.70	3.91

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.

En México, durante la última década, se ha observado un crecimiento anual promedio del consumo energético final superior al observado en el PIB; en términos generales y a nivel individual (per cápita), hoy nos cuesta más energía crecer económicamente que hace 10 años. En 2012, el consumo nacional de energía observó un aumento superior a la tasa promedio que se ha tenido en la última década. De continuar con este nivel de intensidad energética, la demanda total de energía podría aumentar más de un 50% respecto a lo observado en 2013.

#### **1.1.2.2.1. Participación y Evolución de la Energía Renovable o Alterna en el Consumo Nacional de Energía.**

Hablando ahora de la participación de energías renovables dentro del territorio nacional, en Diciembre del 2005 se aprobó en la Cámara de Diputados la iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (LAFRE), en la que se establece la creación de un Programa para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía.

La producción de energía solar en el año 2012, aumentó 14.8% respecto a 2011. Esto último fue resultado de un incremento de 14.0% en el área total instalada de calentadores solares y de 46.0% en módulos fotovoltaicos.

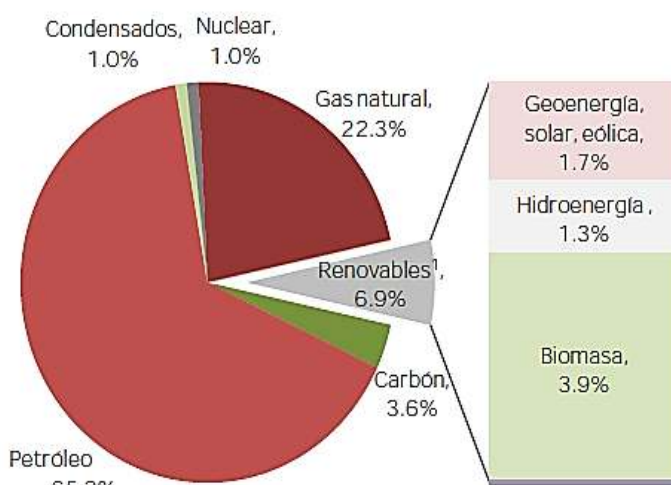


La producción de energía nuclear disminuyó 14.2%, para pasar de 106.40 PJ en 2011 a 91.32 PJ en 2012. Este decremento se debió a la recarga de combustible en la central nucleoelectrónica Laguna Verde.

Por otro lado, la generación de las hidroeléctricas disminuyó 12.2%, derivado de los escasos niveles de precipitación en 2012 y la consecuente disminución en el nivel de agua en los vasos de almacenamiento en las presas.

La geo-energía totalizó 133.13 PJ (36,980.29 GWh) durante 2012. Dicha producción presentó una disminución de 10.8% respecto a 2011. Cabe señalar que México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en el aprovechamiento de esta fuente renovable.

Figura 10. Estructura de la producción de energía primaria, 2011  
9,190.76 PJ



Fuente: Sistema de Información Energética.

En lo que se refiere a la energía eólica, durante el 2012 arrancaron las centrales Oaxaca I, II, III, IV y La Venta III con una capacidad de 510.9 MW. Dichas centrales inyectaron a la red 5.6 PJ (1,556.18 GWh). Adicionalmente, los autogeneradores de electricidad aportaron 6.84 PJ (1,899.66 GWh) de energía eólica y las centrales eléctricas públicas aportaron 0.68 PJ (187.95 GWh). Con ello, la producción eólica alcanzó 13.12 PJ (3,643.80 GWh), 121.1% mayor respecto a 2011.

La producción de biogás mostró un incremento de 23.8%, pasando de 1.47 PJ (0.23 MMbpe) en 2011 a 1.82 PJ (0.29 MMbpe) en 2012. Si bien la cantidad de este tipo de energía es aún pequeña, su participación está cobrando importancia dentro de una visión de diversificación de las fuentes de energía primaria. Por su parte, la biomasa, que se integra por bagazo de caña (27.0%) y leña (73.0%) incrementó de 348.67 PJ (54.69 MMbpe) en 2011 a 256.74 PJ (55.43 MMbpe) en 2012.

La capacidad de generación eléctrica estuvo conformada en 72.9% por fuentes fósiles y 27.1% por fuentes no fósiles. Las energías alternas sin considerar grandes hidroeléctricas ni energía nuclear, participaron con 5.8%. Si se consideran las grandes hidroeléctricas, dicha participación ascendió a 24%.

La generación bruta de las centrales termoeléctricas, nucleoelectricas, eolo-eléctricas e hidroeléctricas aumentó 2.8%, 36.4%, 18.9% y 2.2%, respectivamente, mientras que la de las centrales Carbo-eléctricas y geo-termoeléctricas disminuyó 9% y 9.5%, debido a trabajos de mantenimiento.

## **1.2. Justificación del Trabajo.**

En la actualidad, el sector energético se ha convertido en una condición para el crecimiento económico de los países, debido a la estrecha relación que existe entre el crecimiento del producto interno bruto y la demanda de energía de cada país (como se mostró en el tema anterior). El incremento en el nivel de vida de la población, ha generado un aumento persistente de la demanda energética. La naturaleza finita de los recursos ha obligado a buscar una mayor eficiencia en la producción y el uso de la energía; así como a desarrollar el potencial del uso de fuentes de energía no fósiles. Bajo este contexto, el uso de las energías renovables aparece como un elemento que contribuye a aumentar la seguridad energética del país, al diversificar su matriz energética ante la expectativa del encarecimiento y la volatilidad de las fuentes convencionales de energía, solucionar el tema de la crisis energética, así como a mitigar las emisiones de gases efecto invernadero y las graves consecuencias del cambio climático provenientes del uso de energéticos fósiles.

Los hidrocarburos representan un sector estratégico en la economía debido a su importancia como insumo en la mayoría de los procesos productivos, así como por ser una fuente importante de ingresos públicos y divisas para el país. Pero como ya se sabe su oferta cada vez es menor y va seguir disminuyendo.

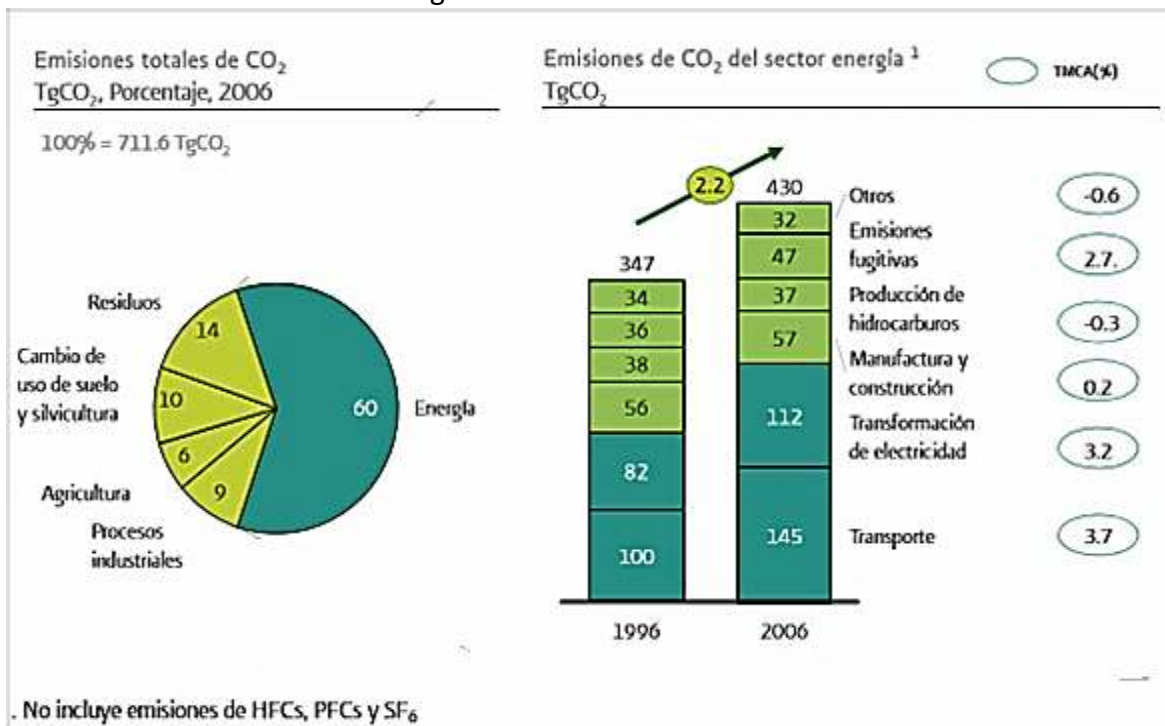
Actualmente se emplea una gran cantidad de recursos económicos con el objetivo de encontrar fuentes primarias de energía, producirlas, transformarlas en energía secundaria y transmitirla a los usuarios finales. Como resultado, la demanda de energía ha mostrado una tendencia creciente en los últimos años. Esta tendencia generará un desbalance insostenible en el largo plazo, el cual amenaza el crecimiento económico y la seguridad energética, así como el medio ambiente.

### 1.2.1 Impacto Ambiental.

Dentro del contexto internacional, la IEA ha identificado que el sector energético contribuye con aproximadamente 82% de las emisiones de GEI en el mundo. En su mayoría, se derivan de la liberación de CO<sub>2</sub> durante la combustión, como resultado de la oxidación de carbono en los combustibles. Destaca el incremento de 5.3% de emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el uso y producción de energía entre 2010 y 2011. No obstante, también existen emisiones fugitivas producidas por la liberación de gases como el metano (CH<sub>4</sub>).

En México la producción de combustibles fósiles y su uso generan poco más del 65% del total de las emisiones de GEI y más de tres cuartas partes de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Lo anterior hace patente el estrecho vínculo que existe entre este sector y las emisiones totales de GEI.

Figura 11. Emisiones de CO<sub>2</sub>.



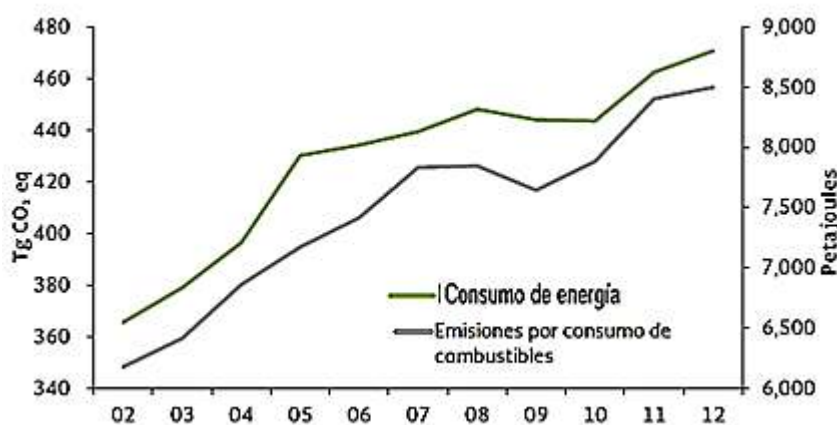
Fuente: Inventario Nacional de gases efecto invernadero (INEGEI), INE 2009.

Tanto el consumo de energía como las emisiones de GEI asociadas al consumo de combustibles en nuestro país han mostrado un comportamiento ascendente en los últimos años.

De 2002 a 2012 la tasa de crecimiento promedio anual del consumo de energía fue de 2%, mientras que las emisiones por consumo de combustibles crecieron 2.7% promedio anual. En el 2012 (456.56 Tg CO<sub>2</sub> eq.), 93.1% de la oferta interna bruta, equivalente al consumo nacional de energía, provino de combustibles fósiles, mientras que el 6.9% se cubrió con combustibles no fósiles.

Esta proporción se ha mantenido relativamente constante, mostrando la fuerte dependencia del país en los combustibles fósiles, principalmente en los hidrocarburos. No obstante, en la figura 12 también se puede observar cómo a partir de 2005 comienza una disociación entre el ritmo de crecimiento del consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de combustibles.

Figura 12. Evolución del consumo nacional de energía y las emisiones asociadas al consumo de combustibles.



Fuentes: SENER e INE.

Esta separación está asociado a las acciones que se han llevado a cabo para transitar hacia un sector energético más sustentable que busca: diversificar la matriz energética, mediante el impulso a las energías limpias y renovables; incrementar los niveles de eficiencia en el uso y consumo de la energía; y, reducir el impacto ambiental del sector energético.

Las emisiones per cápita promediaron 4.19 toneladas de CO<sub>2</sub> en 2012, 6.3% menor que las de 2011. En 2012 se emitieron 37.03 gramos de CO<sub>2</sub> equivalente por cada peso del PIB, 8.7% por debajo de lo observado durante 2011. Lo anterior muestra cómo se ha ido transitando hacia una economía más sustentable.

La producción y el consumo de energía generan efectos negativos en el medio ambiente, cuya manifestación es el calentamiento global por emisiones de GEI, contaminación atmosférica, lluvia acida, contaminación por desechos de hidrocarburos o radiactivos,

entre otros. La prevención, contención o compensación adecuada de éstos permitirán alcanzar un desarrollo sustentable.

Es de suma importancia que las metas que se establecen para el sector energético se vinculen con el sector ambiental. Es por ello que se debe de dar más importancia a las energías alternas. La protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales son asuntos prioritarios para el país, y su atención debe ser una responsabilidad compartida entre el gobierno y la sociedad.

### **1.2.2. Crisis Energética.**

Una crisis energética es una gran escasez o subida de precio en el suministro de fuentes energéticas a una economía. Normalmente hace referencia a una disminución de la disponibilidad de petróleo, electricidad u otros recursos naturales. La crisis a menudo repercute en el resto de la economía, provocando una recesión. En particular, los costos de producción de electricidad crecen, lo que eleva los costos de la manufactura.

En una economía el precio de los productos energéticos, tales como el petróleo, el gas o la electricidad se comportan según un principio de oferta y demanda que puede ocasionar cambios repentinos en el precio de la energía cuando cambia la oferta o la demanda. No obstante, en algunos casos una crisis energética obedece a una imposibilidad del mercado de ajustar los precios en respuesta a una disminución de la materia disponible.

Actualmente, el mundo se encuentra en un periodo de crisis energética, ya que dentro de algunos años, la producción mundial de petróleo convencional empezará a disminuir, al haber alcanzado actualmente el límite de producción. Mientras tanto, la demanda mundial no deja de aumentar. El choque resultante de esta creciente demanda petrolera junto con la disminución de la producción, es inevitable, a causa de la importancia de la dependencia de nuestras economías respecto del petróleo.

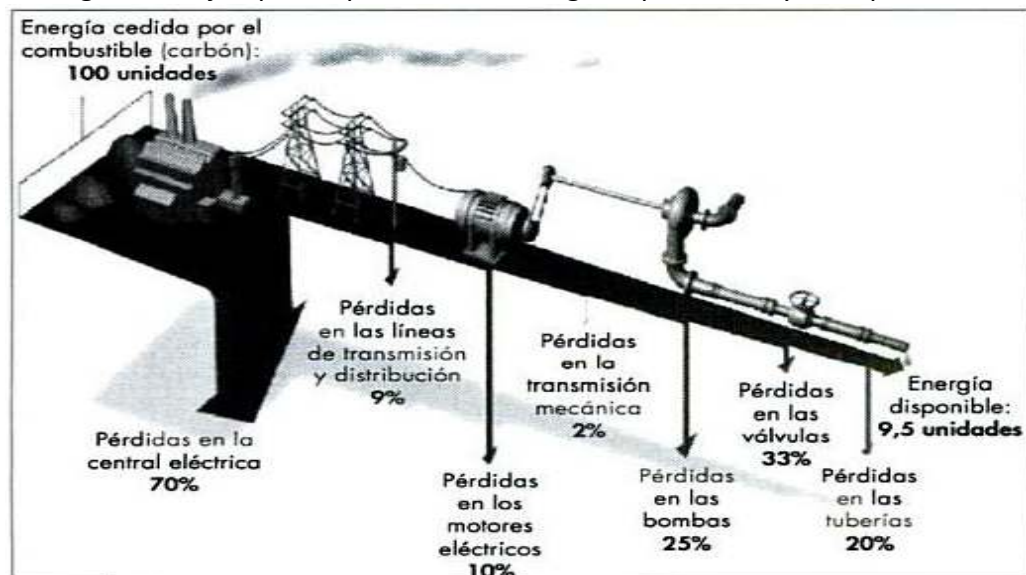
Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda igualmente creciente de energía. Puesto que las fuentes de energía fósil son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema se venga abajo, salvo que se descubran y desarrollen nuevos métodos para obtener energía.

Una teoría acerca de la disminución de los recursos fósiles que representa la actual crisis energética y económica es la llamada "pico del petróleo", que se define como el momento en el que la mitad de las reservas mundiales de petróleo ya se hayan consumido y el ritmo al que se está consumiendo el petróleo es mucho más rápido que el ritmo al que se descubren nuevas reservas. Si el pico del petróleo sucediera, la oferta de petróleo ya no sería capaz de atender la demanda, resultando en un incremento de precios y una

recesión económica, junto con implicaciones políticas, lo que llevaría a incrementar los esfuerzos para desarrollar formas de energía alternativas y encontrar formas más eficientes de usar la energía. Por otra parte, el mayor problema que predice esta teoría es que a medida que las exploraciones petrolíferas se realizan en lugares menos propicios, o se extraen crudos menos energéticos, la cantidad de energía conseguida va disminuyendo en relación con la energía invertida en dicha extracción. Se estima que a principios de siglo, sólo era necesario gastar un barril de petróleo para obtener cien, mientras en la actualidad, esa relación ha bajado a uno gastado por cada ocho conseguidos.

Existe una pérdida muy considerable a la hora de producir y transportar la energía eléctrica. En cada paso para que llegue esta energía hasta nuestras casas existen muchas pérdidas como se puede ver en el siguiente ejemplo:

Figura 13. Ejemplo de pérdidas de energía al producirla y transportarla.



Fuente: Marcelo Romero Tous. "Energía Solar Fotovoltaica."

Como se puede ver en el ejemplo anterior de 100 unidades disponibles para su producción en la planta eléctrica, después de todas las pérdidas existentes, solo se disponen de 9.5 unidades de energía. Esto quiere decir que más del 90% de energía se pierde o desperdicia en la producción y transmisión de la misma. No podemos seguir con este sistema tan ineficiente.

Las centrales eléctricas son los centros de transformación que mayores pérdidas tienen. Lo anterior se debe a que en esas instalaciones se pasa de un tipo de energía, ya sea primaria o secundaria, que en su mayoría es en estado sólido, líquido o gaseoso, a electricidad. Las centrales públicas registraron la mayor pérdida, alcanzando 981.57 PJ (272,659.07 GWh).

Ante este panorama, varios países del mundo han incursionado en la búsqueda de fuentes alternativas de energía y México no es la excepción.

La economía mexicana es altamente dependiente de la producción de petróleo y el informe anual de PEMEX muestra que la extracción de petróleo sigue disminuyendo. Ante ello, México ha establecido estrategias energéticas tanto para la explotación petrolera en aguas profundas como para la diversificación de las formas de obtener energía, para esto, debe establecer metas ambiciosas de participación de fuentes renovables de energía.

Por otra parte, el empleo de las fuentes de energía actuales tales como el petróleo, gas natural o carbón acarrea consigo problemas como la progresiva contaminación, o el aumento de los gases invernadero. Como alternativas se recomienda disminuir la dependencia del combustible fósil y se ha incrementado el interés en la investigación de combustibles y energías alternativas, así como ahorrar energía.

Como sociedad tenemos que aprender a ahorrar la energía que tenemos a nuestra disposición ya que de por sí solo al obtenerla, producirla, almacenarla y distribuirla ya se está desperdiciando una gran cantidad de ella. Es por eso que implementando técnicas de ahorro de energía es cómo podemos empezar a reducir los daños que hemos provocado en el planeta y tener un futuro alentador en términos energéticos.

Para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), hacer frente a los efectos del cambio climático y tratar de enfrentar la crisis energética se ha fomentado la eficiencia en la generación y el uso de la energía, considerando la utilización de energías alternas, así como de tecnologías de bajas emisiones en los procesos industriales y del transporte, que permitan la reducción de la dependencia de combustibles fósiles, y den lugar al ahorro y manejo racional de las fuentes de energía disponibles en el planeta. Asimismo, se ha impulsado la concientización de la ciudadanía, a efecto de lograr un uso más racional de los recursos, propiciar la adaptación a las nuevas condiciones ambientales y el uso de nuevas tecnologías para la generación de energías limpias.

### **1.3. Propuestas Viables.**

Una vía para incrementar la seguridad energética consiste en balancear la utilización de fuentes primarias de energía, promoviendo el uso sustentable de los recursos naturales. Para garantizar la estabilidad, calidad y seguridad en el abastecimiento de electricidad se requiere equilibrar el portafolio de generación con distintas tecnologías y fuentes primarias, que incorporen el riesgo por disponibilidad, dependencia sobre importaciones, volatilidad de precios, así como los costos ambientales asociados.

Países como Alemania, Brasil, Dinamarca, España, Canadá y Reino Unido han desarrollado tecnologías que les han permitido utilizar diversas fuentes renovables, fundamentalmente

para la generación de energía eléctrica y, aunque su participación en la producción mundial aún es pequeña, estas energías representan una opción para el suministro eléctrico mundial. El análisis de las experiencias internacionales muestra que las energías renovables son un tema prioritario en las agendas energéticas, tanto en los países industrializados como en las economías en desarrollo, gracias a sus efectos positivos en las esferas ambiental, económica y social. Las energías renovables son precursoras del desarrollo y comercialización de nuevas tecnologías, de la creación de empleo, de la conservación de recursos energéticos no renovables, de la reducción de la dependencia de energéticos importados mediante el aprovechamiento energético de recursos locales, y de la reducción de gases de efecto invernadero y de partículas que pueden dañar el ambiente y la salud pública.

Dada la evolución de las emisiones de GEI, es evidente que existe un gran potencial para reducirlas. Una de las opciones para lograr lo anterior, es la captura, uso y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Esta tecnología representa una oportunidad de desarrollo industrial claramente alineada con las necesidades de la economía de bajo carbono y la estructura energética de México. La presencia de una industria petrolera, metalúrgica, cementera y química madura en el país, así como el uso extensivo de plantas termoeléctricas, hace posible aprovechar este reto tecnológico.

Otras acciones que se han llevado a cabo para contribuir en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> es la elaboración, por parte de la CFE, de un portafolio de proyectos viables bajo el esquema de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), con una contribución estimada de 3.8 millones de toneladas evitadas. Adicionalmente, la CFE incrementó dentro de su parque de generación, el número de centrales generadoras que utilizan gas natural, en sustitución de centrales eléctricas que utilizan combustóleo. Esto ha permitido elevar la eficiencia energética y reducir la cantidad de emisiones asociadas a la generación.

La eficiencia energética busca ofrecer el mismo servicio con un menor consumo de energía. Es una oportunidad para reducir el gasto en insumos energéticos, aumentar la competitividad del sistema energético, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y conservar los recursos energéticos de nuestro país.

Una solución a la contaminación producida por las plantas energéticas es el manejo adecuado de residuos peligrosos, pues reduce la contaminación de suelos y el pasivo ambiental de las actividades de transformación del sector energía. Esto impacta de forma positiva en la conservación de los recursos naturales de un país: cuerpos de agua superficiales, cuerpos de agua subterráneos, suelos y vida silvestre.

A partir de 1988, con la publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), se han realizado estudios de evaluación del impacto ambiental para los proyectos del sector energético. Es a partir de estos estudios que se desarrollan las medidas de prevención y mitigación que se aplican durante las diferentes



etapas (preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento) de desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica.

A pesar de contar con reservas de combustibles fósiles, debemos impulsar el uso de fuentes alternas de energía, aprovechando el importante potencial que tenemos para la generación de energía a partir de fuentes como la solar, la eólica, la hidráulica y la biomasa.

Las acciones estratégicas que se han aplicado permitirán fomentar el desarrollo regional, propiciando un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, reduciendo la contaminación ambiental y mejorando la calidad de vida.

Por ejemplo, saber que en el 2011 la producción primaria de fuentes no fósiles incrementó en 6.1%, que la producción de fuentes fósiles disminuyó 1.2% respecto a 2010 y que, con ello, las emisiones de gases efecto invernadero del sector disminuyeron en 3.6% de 2010 a 2011, permite cuantificar el impacto de las medidas adoptadas. Estos datos evidencian que vamos por buen camino para lograr la transformación integral y de fondo del sector energético, promoviendo el uso de combustibles más limpios y amigables con el medio ambiente.

En los próximos 25 años, la IEA estima que la demanda total de energía a nivel mundial se incrementara en casi un tercio. Esto implica que la inversión total en infraestructura energética deberá superar los 38 billones de dólares. En México, se estima un incremento en la demanda de energía de 3.4% promedio anual para el periodo 2012-2026, el cual deberá ser acompañado por una ampliación y modernización de la red de infraestructura eléctrica y de hidrocarburos.

Por su parte, la participación de energías renovables está en ascenso. Se estima que el porcentaje de generación a partir de estas tecnologías a nivel mundial pasará de 3% en 2009 a 15% en 2035. En este sentido, el contexto mexicano replica al mundial, pues se están realizando importantes cambios regulatorios que fomentan el uso de fuentes renovables de generación, dándole prioridad a las energías eólica y solar.

La ley señala, entre otras cosas, que los pagos a los generadores por la energía que entreguen a las redes del Sistema Eléctrico Nacional reflejarán los costos evitados por los suministradores en virtud de la operación de los proyectos de generación. Asimismo, el Sistema Eléctrico Nacional deberá aceptar la electricidad generada a partir de fuentes renovables en cualquier momento que se produzca.

En el marco de los esfuerzos internacionales para mitigar el cambio climático a través de la reducción de emisiones de GEI, el papel de la eficiencia energética ha cobrado mayor importancia. La creación de normas y programas que promueven un aprovechamiento sustentable de la energía se ha intensificado a nivel mundial. México no es la excepción, de hecho, los programas de sustitución de focos y electrodomésticos, junto con varias

Normas Oficiales Mexicanas de eficiencia energética, lo colocan en una posición de liderazgo en la materia.

En el sector residencial, el objetivo principal es lograr cambios en los patrones de consumo mediante el establecimiento de una conciencia de ahorro en la población. En este sector, las oportunidades de ahorro en consumo de energía están dirigidas a la reducción del consumo por iluminación y en electrodomésticos y equipos electrónicos.

Con este fin se desarrollaron varios programas para promover el ahorro de energía en los hogares. El primero, el Programa de Sustitución de Equipos Electrodomésticos para el Ahorro de Energía “Cambia tu viejo por uno nuevo”, ha establecido las condiciones para que más de un millón y medio de familias reduzcan su consumo energético, cambiando electrodomésticos viejos por nuevos principalmente refrigeradores. El ahorro total de energía de este programa es de 11,527 GWh.

Por otro lado el Programa de Sustitución de Focos Incandescentes por Lámparas Fluorescentes Compactas llamado “Luz Sustentable”, ha permitido el cambio de más de 17 millones de focos. Este programa, de manera conjunta con la Norma de iluminación para lámparas incandescentes autoalabastradas asegurará que no se vendan más focos ineficientes. En su segunda etapa, el programa Luz Sustentable continuará sustituyendo gratuitamente lámparas incandescentes por lámparas ahorradoras que cumplen con altos estándares de calidad.

A lo largo de la segunda etapa, se entregaran 23 millones de focos, para alcanzar un total de casi 46 millones de focos entregados por el Programa Luz Sustentable. Esta meta lo convierte en el programa más grande de sustitución de focos a nivel mundial. Estas acciones pueden llegar a construir ahorros de hasta 3,126 GWh por año, lo que equivale al consumo de los Estados de Campeche, Colima y Nayarit en un año.

Finalmente, en este sector destaca el financiamiento de viviendas verdes en el que se incluyen diferentes tecnologías como el aislamiento, los calentadores de agua eficientes y/o solares, y los sistemas para ahorro de agua, dependiendo de la zona climática en la que se localice la vivienda.

En este sentido, es importante crear los mecanismos para reducir la importación de equipos de segunda mano e ineficientes que llegan de EUA. Al mismo tiempo, es importante desarrollar acciones para reducir el consumo de energía pasiva o el llamado “standby power” en los equipos. Esta energía es aquella que consumen los equipos cuando no están en uso. Se estima que en México equivale a la generación de una planta del tamaño de Laguna Verde.

De acuerdo con estimaciones llevadas a cabo por el INE para calcular el potencial total de abatimiento, se encontró que se pueden reducir alrededor de 260 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente para el año 2020. De estas, más de 55% está

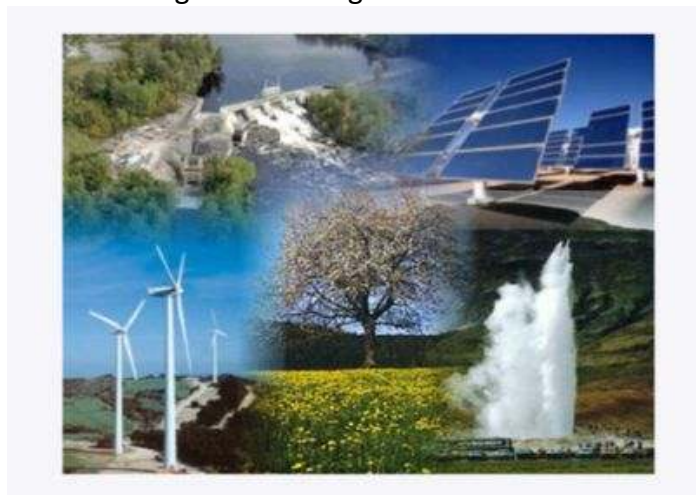
relacionado con el sector energético del país. Esta reducción se encuentra a lo largo de toda la cadena de valor del sector, desde la energía primaria hasta el consumo final. Asimismo, gran parte de la solución está en promover las fuentes de energía limpias, diversificar la matriz energética, transformar la energía de forma eficiente y consumirla de modo sustentable.

### 1.3.1. Energías Renovables.

En este tema, se presenta la propuesta viable más importante para combatir la crisis energética y la contaminación provocada por los GEI y esta es el uso apropiado de las energías renovables.

Para ampliar un poco más la breve descripción que se hizo al principio de este trabajo, energía alterna o alternativa, es aquella que se encuentra directamente en la naturaleza, son aquellas que pueden suplir a las energías o fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación. Un ejemplo de este tipo de energías es: la energía solar, la energía eólica, la energía de las mareas, la geotérmica, la tecnología de la celda de combustible, del hidrógeno, del Metanol, la bioenergía, etc.

Figura 14. Energías Renovables.



Fuente: [www.dforcesolar.com](http://www.dforcesolar.com)

Las energías renovables representan un 20% del consumo mundial de electricidad, siendo el 90% de origen hidráulico. El resto es muy marginal: biomasa 5,5%, geotérmica 1,5%, eólica 0,5% y solar 0,05%. Alrededor de un 80% de las necesidades de energía en las sociedades industriales occidentales se centran en torno a la industria, la calefacción, la climatización de los edificios y el transporte (coches, trenes, aviones). Sin embargo, la

mayoría de las aplicaciones a gran escala de la energía renovable se concentra en la producción de electricidad.

A continuación se presenta una breve descripción de las características, del comportamiento reciente y las tendencias a futuro del mercado nacional de energías renovables, así como su posible costo actual.

Empezando por la energía solar que es la que compete en este trabajo, para después aunar en este tema más adelante.

➤ Energía Solar.

México se localiza geográficamente entre los 14° y 33° de latitud, situación que resulta ideal para el aprovechamiento de la energía solar, colocando al país dentro de los primeros lugares en el mundo. La irradiación promedio cambia a lo largo de la República y depende también de la época del año, descendiendo ligeramente por debajo de 3 kWh/m<sup>2</sup> al día y pudiendo alcanzar valores superiores a 8.5 kWh/m<sup>2</sup> al día.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) ha realizado estudios respecto del potencial de aprovechamiento de la energía solar térmica de concentración y ha estimado un potencial medio aprovechable en el corto plazo en las zonas norte y noroeste del país de 1,653 MW, mientras que el potencial para calentamiento solar de agua se ubica en más de dos millones de metros cuadrados de calentadores solares de agua al año.

➤ Energía Eólica.

El potencial energético del recurso eólico estimado en el territorio nacional es del orden de 71 mil MW, considerando factores de planta superiores al 20%. Para factores de planta mayores que 30% se estima un potencial de 11,000 MW y con más de 35% de factor de planta se estiman 5,235 MW. Cabe mencionar que en las condiciones que rigen actualmente el mercado nacional de electricidad, los proyectos con factores de planta inferiores al 30% resultan económicamente factibles en ciertos lugares.

Además en función de la evolución de los precios de gas natural, se estima que 40% de dicho potencial puede ser competitivo dentro de los próximos 8 años. Es decir, se considera que, para 2020, existe una capacidad competitiva equivalente a 20,000 MW.

En el 2005 la CFE inició la construcción en la Venta, Oaxaca, la primera planta eólica de gran escala en México (83 MW) que entró en operación en Octubre de 2006. Adicionalmente, la SENER tiene programada la construcción de otros 505 MW de capacidad eólica (en la modalidad de productor independiente) en la misma región en los próximos años, con lo que se espera tener instalados 588 MW en 2014. Existen 7 permisos otorgados por la CRE para proyectos privados de autoabastecimiento con tecnología

eólica que aportarán en los próximos años un total de poco más de 950 MW al Sistema Eléctrico Nacional.

En las centrales eoloeléctricas, los impactos ambientales se relacionan a la preparación del sitio y durante su etapa de construcción. Dependiendo de la topografía del sitio, se pueden generar residuos mientras que, por lo general, se usan en el mismo sitio para rellenos y nivelaciones.

Los costos típicos de inversión en instalaciones para el aprovechamiento de esta energía están entre 900 y 1,400 USD/kW instalado y los costos nivelados de generación se encuentran en un rango de 3.5 a 4 cUSD/kWh.

Figura 15. Energía Eólica.



Fuente: [www.ecologiaahoy.com](http://www.ecologiaahoy.com)

### ➤ Energía Geotérmica.

México ocupa el tercer lugar mundial en capacidad de generación de energía geotérmica. Los recursos de la energía geotérmica de alta temperatura ( $T > 200^{\circ}\text{C}$ ) pueden utilizarse para generar energía eléctrica, los de temperatura baja ( $T < 200^{\circ}\text{C}$ ) para aplicaciones térmicas.

Para la generación geo-termoeléctrica, de acuerdo con datos de la CFE, se encontraban en operación 38 unidades de generación con una capacidad instalada de 960 MW instalados, con los que se generan más de 6,500 GWh. Con base en estudios preliminares, el IIE infiere que existen en el país un total de reservas geotérmicas equivalentes a 10,644 MW, de las cuales 10.7% son reservas probadas, 19.5% son reservas probables y 69.7% son reservas posibles. El IIE también identificó proyectos geo-termoeléctricos en etapa de estudio con una capacidad de 434.1 MW.

Sin embargo, el informe “Evaluación de la Geotermia en México”, realizado por encargo del Banco Interamericano de Desarrollo, cuenta con un modelo volumétrico que indica

que el potencial de recursos hidrotermales susceptibles de ser explotados mediante plantas de condensación y plantas de ciclo binario se encuentra entre 887 y 948 MW. Según estudios realizados en 3 zonas potenciales en el país, Golfo, Orizaba-Xalapa y Zongolica, se podrían ubicar hasta 2,800 MW de potencia media con una producción de 9.79 TWh/año.

En el caso de las plantas geo-termoeléctricas generan residuos minerales producto de la perforación de pozos así como derivados de la utilización de lodos y/o aditivos en esta actividad. Los gases del vapor geotérmico pueden llegar a contener amoníaco, trazas de mercurio, vapor de boro, radón e hidrocarburos como el metano. El impacto ambiental de los desarrollos geotérmicos se puede eliminar casi completamente.

Los montos de inversión en centrales geo-termoeléctricas en México son del orden de 1,400 USD/kW. Por su parte, el costo de generación promedio es de 3.986 ¢USD/kWh, se espera que los costos de esta tecnología disminuyan en los próximos años con lo que será más competitiva.

Figura 16. Energía Geotérmica.



Fuente: <http://news.soliclima.com>

#### ➤ Energía Hidráulica.

En lo que respecta a la situación actual y el potencial de la energía hidráulica en México, cabe mencionar que a diciembre de 2011, la capacidad de generación hidráulica que opera la CFE, en plantas con una capacidad igual o menor que 30 MW, se ubicó en 286.6 MW, mientras que la Comisión Reguladora de Energía (CRE) registró 27 permisos de generación mediante plantas hidráulicas, con una capacidad total de 305 MW.

Las centrales mini hidráulicas (<5 MW) se clasifican, según la caída de agua que aprovechan, en baja carga (caída de 5 a 20m), media carga (caída de 20 a 100m) y alta carga (caída mayor a 100m). Además de la carga, se clasifican en función del embalse y del tipo de turbina que utilizan.

Existe también un potencial no identificado para la construcción de micro-centrales hidroeléctricas que podrían abastecer de electricidad a comunidades aisladas de la red eléctrica. Además, la CFE ha identificado el potencial hidroeléctrico del país en aquellos sitios con una potencia media mayor de 5 MW. Excluyendo las centrales en operación y en planeación, el potencial identificado es de 39 GW.

Actualmente están operando en los estados de Veracruz y Jalisco tres centrales mini hidráulicas con una capacidad instalada de 16 MW, que generan un total de 67 GWh/año. Adicionalmente están en operación tres centrales híbridas (mini hidráulicas-gas natural) en los estados de Veracruz y Durango. La cartera del Sector Energía contempla la ampliación de seis grandes hidroeléctricas por una capacidad de 1,528 MW y una generación de 1,079 GWh.

En las plantas hidroeléctricas la etapa de la preparación del sitio y construcción puede implicar afectaciones significativas al medio ambiente. En esta etapa se generan residuos minerales, producto del movimiento de tierras y la eliminación de la cubierta vegetal. Se debe prestar atención a los residuos derivados de la utilización de explosivos, si es el caso, durante la etapa de construcción, ya que se utilizan con frecuencia para la realización de las voladuras del sistema hidráulico.

Los costos de instalación varían en un rango muy amplio, éstos dependen de las características físicas del sitio donde habrá de realizarse la obra, de las dimensiones de la cortina, de la capacidad instalada, etc. El rango de valores para la inversión es de 800 a 1,800 USD/kW instalado, con gastos de generación de 53 a 20 cUSD/kWh.

Figura 17. Plantas Hidroeléctricas.



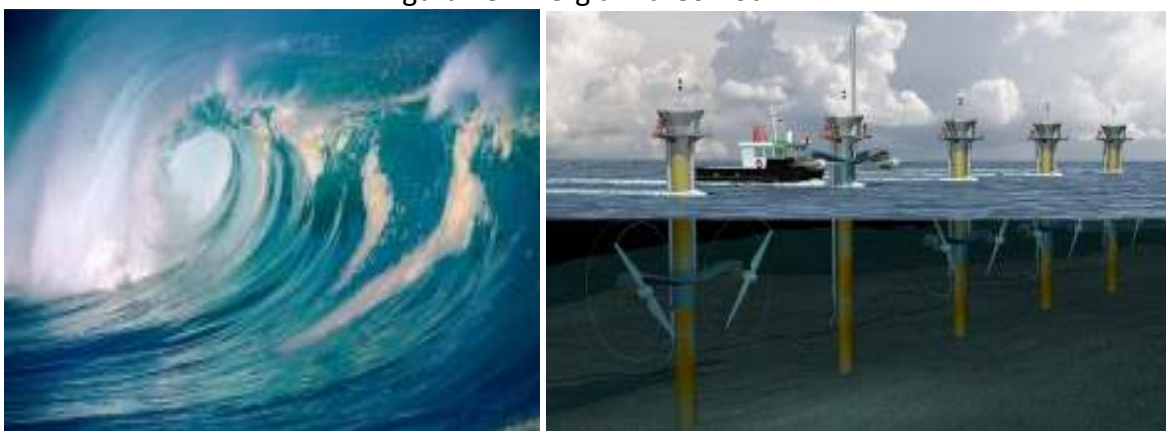
Fuente: [www.renovablesverdes.com](http://www.renovablesverdes.com)

➤ Energía mareomotriz.

De acuerdo con la IEA, la energía generada por las tecnologías oceánica, mareomotriz y undimotriz, generó en promedio cada año 560 GWh en el periodo 2000-2010, con una tendencia a la baja de 0.8%. El conjunto de estas tres tecnologías pasó de generar 605 GW en el año 2000 a 558 GW al final del periodo, sin embargo no se dispone de información estadística desagregada de la energía generada por cada tipo de tecnología.

Por otra parte, a pesar que actualmente México no cuenta con desarrollos piloto o comerciales de centrales de generación operadas por las diferentes formas de energía oceánica, algunos estudios realizados por la CFE indican que existen zonas con alto potencial para su aprovechamiento en el país, principalmente de la energía mareomotriz en la región del Alto Golfo de California. Se creó que en un área de embalse de 2590 km<sup>2</sup>, podría disponer de una potencia máxima instalada de 26 GW, con una producción de 23,000 GWh/año.

Figura 18. Energía Mareomotriz.



Fuente: [www.erenovable.es/](http://www.erenovable.es/)

➤ Bioenergía.

Utiliza materia orgánica como energético, por combustión directa o mediante su conversión en combustibles gaseosos como el biogás o líquidos como bioetanol o biodiesel.

En materia de bioenergía, el Gobierno Federal ha realizado importantes esfuerzos para impulsar la producción de insumos y de bioenergéticos en el país. Actualmente existen diversos proyectos para la producción de etanol anhidro, biodiésel y biogás. EL IIE estima que la producción de residuos sólidos municipales en el país es de 90 mil toneladas diarias, con lo que se podría obtener una capacidad para generar electricidad de aproximadamente 150 MW.



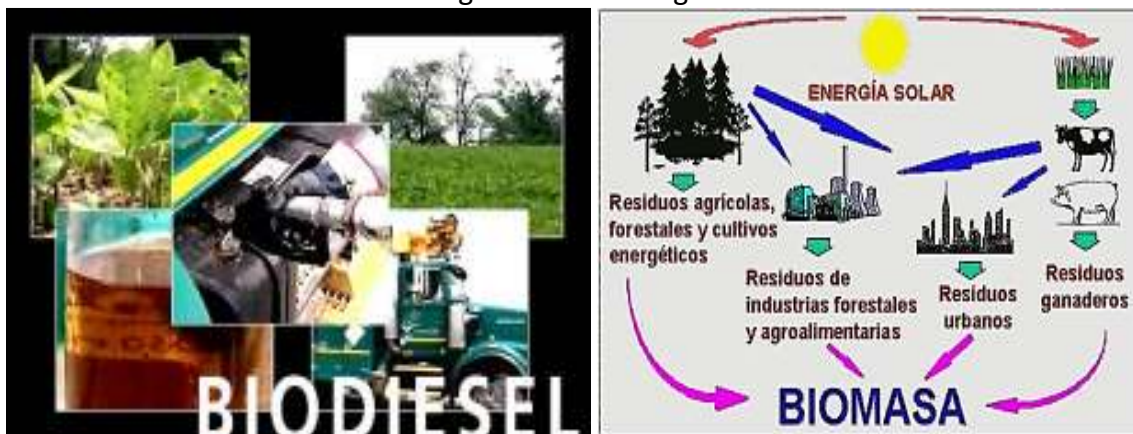
Actualmente, la bioenergía representa el 8% del consumo de energía primaria en México. Los principales bioenergéticos empleados son el bagazo de caña (usado para la generación eléctrica y/o térmica en la industria azucarero) y la leña (fundamentalmente usada para calefacción y cocción de alimentos). En el 2005 la CRE autorizó 19 MW para generar 120 GWh/año con biogás, 70 MW para generar 105 GWh/año con bagazo de caña y 224 MW para generar 391 GWh/año con sistemas híbridos (combustóleo-bagazo de caña).

El potencial técnico de la bioenergía en México se estima entre 2,635 y 3,771 Petajoules al año, sin embargo, su uso actual es 10 veces menor. Del potencial estimado, un 40% proviene de los combustibles de madera, 26% de los agro-combustibles y 0.6% de los subproductos de origen municipal. Se estiman además 73 millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales con potencial energético, y aprovechando los residuos sólidos municipales de las 10 principales ciudades para la generación de electricidad a partir de su transformación térmica, se podría instalar una capacidad de 803 MW y generar 4,507 MWh/año. Además, se cuenta con un área agrícola significativa, potencialmente apta para la producción de bioetanol y biodiesel.

En este sentido, la investigación y el mejoramiento de semillas que se realiza en el país constituye un potencial detonador que puede llevar a México a consolidarse como líder mundial en la producción de biocombustibles.

Para la obtención de etanol a partir de almidones se estima a nivel internacional un costo de inversión de 0.8 USD/l; a partir de recursos ricos en azúcares (melaza), el costo de inversión es de 0.40 USD/l. La elaboración de biodiesel a partir de aceite de soya tiene un costo de 0.57 USD/l, y a partir de aceite de girasol el costo es de 0.52 USD/l. Los costos de inversión en proyectos para generar electricidad a partir de la biomasa, están en el rango de 630 a 1,170 USD/kW instalado, la energía producida tiene un costo que oscila entre 4 y 6 cUSD/kWh generado.

Figura 19. Bioenergía.



Fuente: [www.ecologiaverde.com](http://www.ecologiaverde.com)

Tomando en consideración la creciente participación de las energías renovables en el mundo, y con el fin de promover y aumentar la participación de éstas en México, se han expedido diversas leyes y regulaciones en esta materia, que proporcionan certeza jurídica a los usuarios que desean implementar el uso de energías renovables en nuestro país. Entre otras destacan, la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), que regula el uso de fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica con fines distintos a la prestación del servicio público; el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables que tiene como propósito primordial establecer las políticas públicas en la materia, al determinar metas para el uso de dichas fuentes de energía y las acciones por desempeñar para alcanzarlas, con estricto apego a los objetivos generales del Plan Nacional de Desarrollo, del Programa Sectorial de Energía y del Programa Nacional de Infraestructura.

En lo que corresponde a la modalidad de autoabastecimiento, se estima que para el 2026 se incorporen 10,228 MW, con fuentes renovables de energía distribuidas de la siguiente forma: 81.6% (8,352 MW) en plantas eólicas, 7.36% (752 MW) con solar fotovoltaico, 6.9% (701 MW) con pequeña, mini y micro hidráulica y 4.1% (422 MW) con bioenergía.

Por su parte, la participación de la generación distribuida, con base en las proyecciones elaboradas por la Secretaría de Energía, tendrá una incorporación en capacidad de 2,156 MW, con 54.8% (1,170 MW) en solar fotovoltaica, 21.1% (461 MW) en plantas eólicas, 6.35% (139 MW) en pequeña, mini y micro hidráulicas, 15.8% (345 MW) en plantas operadas con bioenergía, 0.7% (16 MW) en solar de concentración y 1.15% (25 MW) en geotermia. Esto permitirá cumplir la meta de largo plazo establecida en la LAERFTE y en la Estrategia Nacional de Energía 2012-2026 de incrementar la participación de energías limpias en la de generación eléctrica a 35% del total para el 2026.

México dispone de un potencial renovable indiscutible, con un amplio portafolio de recursos (eólico, solar, geotérmico, biomasa e hídrico). Derivado de lo anterior, deben ser impulsadas las diferentes tecnologías para su aprovechamiento, en sus diferentes etapas de desarrollo, de modo que estos recursos puedan ayudar en la transición de la matriz energética y la eficiencia del uso de recursos no renovables.

### **1.3.2. Energía Solar.**

El sol es una fuente de energía limpia, inagotable y gratuita. Una de las energías alternativas más importantes y de la cual se pueden obtener grandes cantidades de energía, es la energía solar. Actualmente es una de las energías alternativas más desarrolladas y usadas en todo el mundo.

La energía solar es la energía producida por la radiación procedente del sol y que es convertida a energía útil, ya sea para calentar, conocida como energía solar térmica o producir electricidad, conocida como energía solar fotovoltaica.

El aprovechamiento de la energía solar se realiza principalmente mediante la utilización de dos tipos de tecnologías:

-Fotovoltaicas, que convierten la energía solar en energía eléctrica con celdas fotoeléctricas, hechas principalmente de silicio que reacciona con la luz.

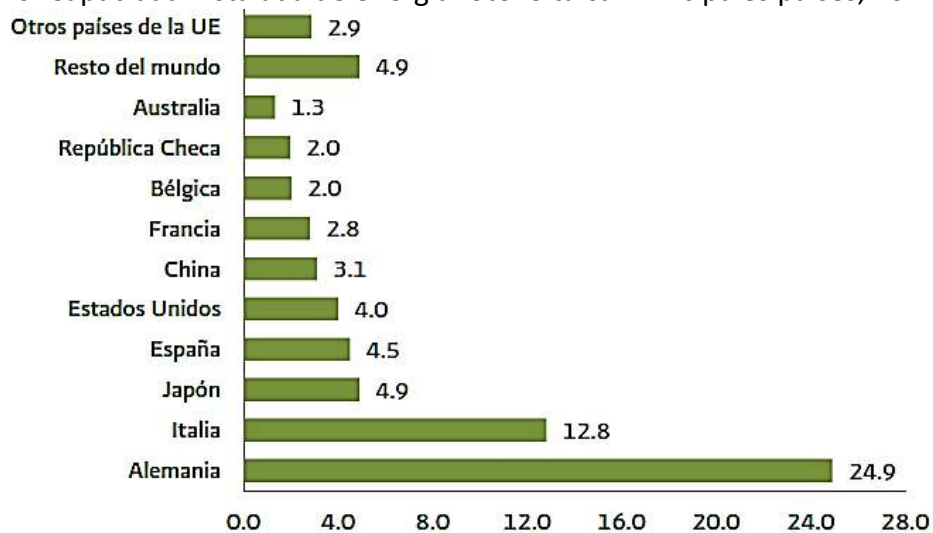
-Termosolares, que usan la energía del sol para el calentamiento de fluidos, mediante colectores solares, que alcanzan temperaturas de 40 a 100 °C (planos), o “concentradores” con los que se obtienen temperaturas de hasta 500 °C.

La transformación de energía eléctrica o térmica puede realizarse en el propio lugar de consumo, sin tener que transportarse.

Este tipo de energía genera electricidad en más de 100 países y ha sido la tecnología de generación más dinámica en los últimos años. Entre 2001 y 2011, la capacidad fotovoltaica creció a una tasa anual promedio de 44%. Se estima que se instaló una capacidad de 17 GW conectada a la red durante 2010, totalizando de esta manera 40 GW.

El 2011 fue un año en el que el mercado fotovoltaico registró un año extraordinario de crecimiento. Casi 30 GW de nueva capacidad solar fotovoltaica entró en operación en el mundo en este año, incrementando la capacidad total instalada mundial en un 74% para alcanzar alrededor de 70 GW. Gran parte de la nueva capacidad se instaló a finales del 2011, motivada por un cambio acelerado en las tarifas, el vencimiento inminente de políticas y una drástica reducción en los precios. La capacidad instalada de energía solar fotovoltaica a finales de 2011 fue 48 veces la capacidad total instalada diez años antes, y los últimos cinco años la tasa media de crecimiento anual superó el 59% para el período comprendido entre 2007 y 2011.

Figura 20. Capacidad instalada de energía fotovoltaica. Principales países, 2011, (GW).



Fuente: Renewables 2012 Global Status Report, REN21, 2012.

Como se puede ver en la figura 20, la Unión Europea dominó el mercado mundial de energía solar fotovoltaica, gracias a Alemania e Italia, que en conjunto instalaron el 57% de la nueva capacidad en 2011. En el 2011, Alemania fue el país que mayor crecimiento registró en instalaciones fotovoltaicas (10.8 GW) alcanzando una capacidad total de 26.2 GW, cifra que supera la capacidad instalada por los demás países el año anterior.

Las inversiones en nuevas centrales termosolares se reanudaron en 2005, después de experimentar un estancamiento desde principios de la década de los noventa. La capacidad mundial en 2011, ubicada principalmente en Estados Unidos y España fue de 1,760 MW, con un crecimiento promedio anual de 23.8% en el periodo 2001-2011. Esta tecnología aumentó cerca de 740 MW entre 2007 y finales de 2010, en 2011 se incorporaron 507 MW adicionales.

Sus usos no se limitan a los ya mencionados, pero estas dos utilidades son las más importantes. Otros usos de la energía solar son:

- Potabilizar agua,
- Estufas Solares,
- Secado,
- Evaporación,
- Destilación y
- Refrigeración.

Como se puede ver en la tabla siguiente, la energía solar es la segunda fuente con más cantidad total en la superficie terrestre y la primera en el total de poder recuperar esa energía.

Tabla 4. Fuentes de energía renovables estimadas sobre la superficie de la Tierra.

Fuente	Cantidad total	Cantidad recuperable
Radiación solar	90 000 TW	1000 TW
Viento	1200 TW	10 TW
Oleaje	3 TW	0,5 TW
Mareas	30 TW	0,1 TW
Flujo geotérmico	30 TW	-
Cosecha permanente de biomasa	450 TW año	-
Calor geotérmico almacenado	10 <sup>11</sup> TW año	>50 TW año
Energía cinética almacenada en circulación atmosférica y oceánica	32 TW año	-

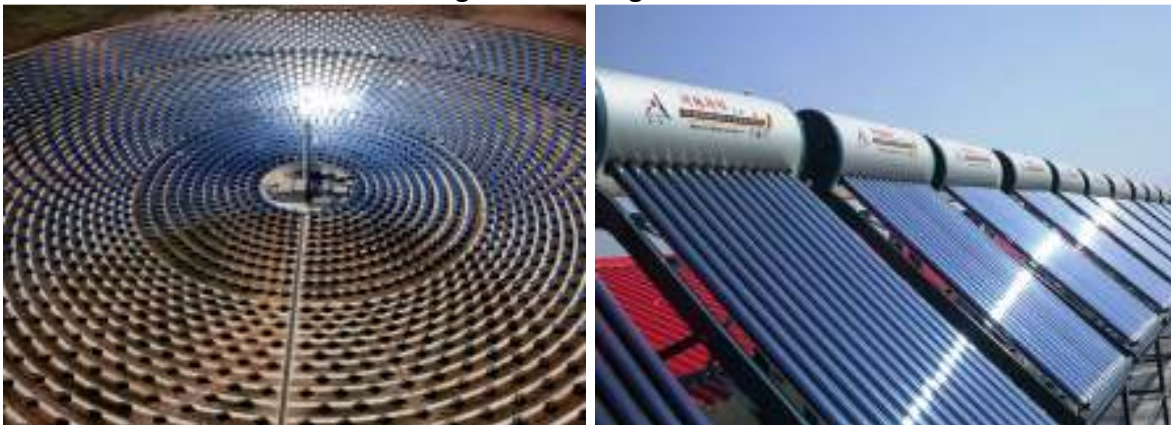
Fuente: José Ma. Fernández Salgado. "Compendio de Energía Solar: Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica." Editorial Mundi-Prensa. Edición 2010.

Para aprovechar la radiación solar, se distinguen dos formas:

- La radiación directa y
- La radiación difusa.

La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias 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 direcciones. Sin embargo, tanto la radiación directa como la radiación difusa son aprovechables.

Figura 21. Energía Solar.



Fuente: [www.biodisol.com](http://www.biodisol.com)

### **1.3.3. Energía Solar en México.**

México ha iniciado un camino para diversificar los combustibles que se utilizan en la generación de electricidad. El uso intensivo de combustibles fósiles tiene impactos en la seguridad energética por la volatilidad de precios y disponibilidad de los combustibles, en el medio ambiente por la emisión de gases de efecto invernadero y en la salud. Es por esta razón que en México recientemente, se han desarrollado diversas políticas, leyes, reglamentos y normativa para fomentar un uso racional de recursos no renovables e incrementar la implementación de fuentes de energía que causan un menor impacto al medio ambiente, como las energías renovables. En el contexto de estas últimas, el uso de la energía solar podría jugar un papel importante.

La energía eléctrica generada en México por plantas hidroeléctricas y geotérmicas representa 25.4% de la capacidad del Sistema Eléctrico Nacional y 15.1% de la generación eléctrica total. Sin embargo, existe aún importante potencial para la generación de energía a partir de otras fuentes renovables, tales como la solar.

La CONUEE considera que de 1993 a 2003, la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos se incrementó de 7 a 15 MW, generando más de 8.4 GWh/año para electrificación rural, bombeo de agua y refrigeración. Para sistemas termosolares, al 2003 se tenían instalados más de 570 mil metros cuadrados de calentadores solares planos, con una radiación promedio de 18,841 kJ/m<sup>2</sup> al día, generando más de 270 Gigajoules para calentar agua.

Actualmente, CFE cuenta con una planta híbrida en San Juanico, Baja California Sur, conformada por 17 kW fotovoltaicos, 100 kW eólicos y motogenerador diésel de 80 kW. Adicionalmente se encuentra en proyecto la instalación de una planta híbrida de ciclo combinado con termosolar al noroeste de México, con una capacidad renovable de 39 MW. El IIE ha instalado en el noroeste del país, pequeños sistemas fotovoltaicos (1.5 a 2 kW) con la finalidad de estudiar su efecto sobre la red de transmisión en la demanda del usuario. Se espera contar con un sistema híbrido de ciclo combinado acoplado a un campo solar de 25 MW en Agua Prieta II, Sonora. Además se han otorgado permisos para dos proyectos fotovoltaicos bajo el esquema de autoabastecimiento en Aguascalientes y Jalisco, por 33.61 MW.

En el 2009, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la GIZ publicaron el estudio: "Nichos de Mercado para sistemas fotovoltaicos en conexión a la red eléctrica en México", el cual identificó nichos económicos significativos para el uso de sistemas fotovoltaicos, principalmente en el sector residencial. De acuerdo con los datos mostrados en el estudio, en 2009 existía un potencial de por lo menos 700 MW económicamente factible para su explotación, frente a una capacidad instalada en 2009

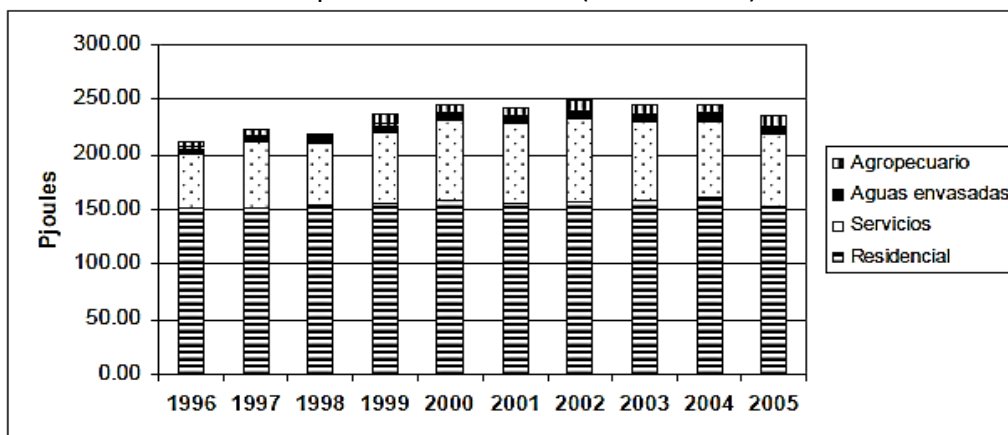
de aproximadamente 25 MW. Estos 700 MW corresponderían a un potencial de ventas de alrededor de 5,200 millones de dólares para la industria solar.

El calentamiento de agua a bajas temperaturas es un proceso que, en México, se obtiene, predominantemente, con la quema de combustibles fósiles, en el sector residencial, utilizando gas LP, gas natural y/o leña (esto último en zonas rurales). Como se ve en la figura 22, el sector residencial es el que consume más energía para el calentamiento de agua a bajas temperaturas y es por eso que este trabajo está enfocado hacia este sector.

En 2011 se instalaron 441 mil metros cuadrados de calentadores solares, mientras que durante el primer semestre de 2012, se espera la instalación de 183 mil metros cuadrados. Entre enero de 2008 y junio de 2012 se han instalado, aproximadamente, 1.29 millones de metros cuadrados de calentadores solares, con los que se ha evitado consumir alrededor de 450 millones de litros de gas L.P. y emitir 810 mil toneladas de bióxido de carbono a la atmósfera.

En México no se tienen estudios que permitan ubicar la cantidad de energía que se utiliza para calentar fluidos a baja temperatura. Sin embargo, se estima que ésta es cercana a los 230 PJ por año (Fig. 22). Esto representa cerca del 6% del consumo energético final del país.

Figura 22. Estimado de energía consumida para el calentamiento de fluidos a baja temperatura en México (1996 a 2005).

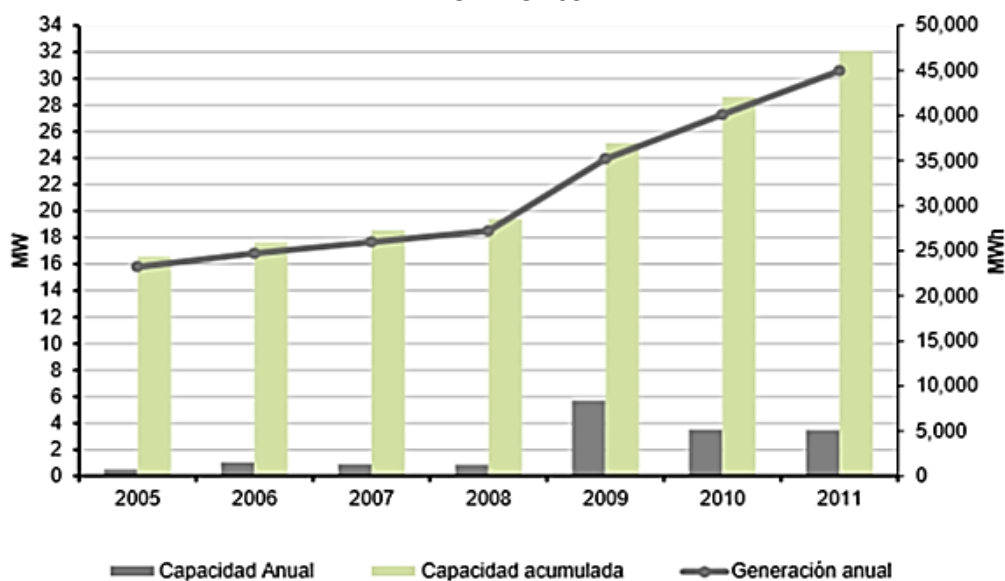


Fuente: SENER. Balance Nacional de Energía 2005

Suponiendo un promedio de 230 PJoules (la figura 22) como consumo anual para calentar agua en México, el área que se tendría instalada sería cercana a los 70 millones de metros cuadrados, lo que representaría un ahorro aproximado de casi 5 millones de toneladas de gas licuado y 640,200 metros cúbicos de gas natural, equivalentes a poco más de 49 mil millones de pesos en recursos ahorrados, además de una disminución de alrededor de 4 millones de toneladas en emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes al año.

De acuerdo con la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), hasta el año 2006, prácticamente todos los sistemas fotovoltaicos, instalados en México, se encontraban en aplicaciones aisladas de la red eléctrica (proyectos de electrificación rural, comunicaciones, señalamientos, bombeo de agua y refrigeración). Sin embargo, a partir del año 2007 se cuenta con registros de aplicaciones conectadas a la red eléctrica. Esta tendencia se ha mantenido en los años posteriores de tal manera que en el año 2011, de los 3.5 MW instalados en ese año, alrededor de 94% fueron sistemas conectados a la red eléctrica. Como se observa en la figura 23, la capacidad anual instalada de sistemas aislados y conectados a la red ha mostrado un comportamiento fluctuante en el período 2005 a 2011. En términos acumulados, la capacidad aumentó de 16.5 MW a 32 MW. Respecto a la generación anual de electricidad, ésta aumentó de 23,235 MWh en el año 2005 a 44,974 MWh en el año 2010.

Figura 23. Evolución de la capacidad instalada y generación de electricidad con sistemas FV en México.



Fuente: SENER. "Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México."

Los costos de generación e inversión para sistemas fotovoltaicos se encuentran en el rango de 3,500 a 7,000 USD/kW instalado y de 25 a 50 dólares por cUSD/kWh generado. Para los sistemas térmicos (concentradores) los costos se estiman en un rango de 2,000 a 4,000 USD/kW y de 10 a 25 cUSD/kWh. El costo de inversión para los colectores solares planos es de 242 USD/m<sup>2</sup> instalado.

Suponiendo una eficiencia del 15%, bastaría una superficie de 25 km cuadrados en el desierto de Sonora o Chihuahua para generar toda la energía eléctrica que requiere hoy el país; por ello, el potencial técnico se puede considerar suficiente para proveer el total de la energía eléctrica demanda en el país.



Tomando en consideración el potencial que México tiene en términos de irradiación promedio al día, es que existe un gran interés en desarrollar un esquema de fomento integral que permita superar los obstáculos económicos, técnicos, regulatorios y normativos y que nos lleve a un aprovechamiento de la condición natural de generación de electricidad a través de sistemas fotovoltaicos.

## Capítulo 2. Desarrollo Teórico.

El objetivo de éste capítulo es explicar el uso eficiente de las celdas solares, tanto para producir calor como electricidad, tomando en cuenta diferentes factores como son la ubicación del sol, la inclinación de los equipos solares, los contratos de interconexión, los beneficios ambientales, etc. todo para el aprovechamiento de estas aplicaciones de la energía solar.

El sol envía energía que llega a la tierra en ángulos diferentes, dependiendo de la situación geográfica, hora del día y época del año. Por esta razón la ubicación de la celda solar es uno de los detalles más importantes del diseño del sistema de energía solar. Estas celdas se deben situar en o cerca del edificio, en la forma más económica y efectiva. Se deben orientar en la dirección correcta, de manera que reciban la luz del sol durante la mayor parte del día, y deben estar inclinados al ángulo apropiado para que capturen el máximo de energía durante los meses en que más se necesita.

Existen diversos factores que involucran la geometría solar y la ubicación de las celdas solares, los cuales son los siguientes:

-El movimiento del sol. Debido a la inclinación del eje terrestre, estará más alto o más bajo en el cielo durante el año a medida que la tierra recorre su órbita. Por medio de mapas solares se puede determinar el movimiento del sol para cualquier día del año y para cualquier área geográfica. Para fines de aprovechamiento de energía solar, el grado de precisión que ofrecen los mapas solares es suficiente.

-Determinación de la sombra solar. El sextante es un instrumento muy útil para determinar la sombra solar, se puede utilizar para medir el ángulo con cual caerá el sol en el lugar propuesto para instalar las celdas, este instrumento puede ayudar a identificar los objetos que pudieran hacer sombra sobre estas a diferentes horas del día y en diferentes fechas. Marcando la posición y la altura de la sombra se puede proceder a tomar una decisión en cuanto a la ubicación de las celdas solares.

-La posición de las celdas solares. La ubicación de las celdas solares de un sistema de energía puede depender del diseño de la construcción de las sombras y del área geográfica.

-Orientación de las celdas solares. Se puede observar que los equipos solares se deben orientar de manera que apunten hacia el sur (el sur geográfico y no el magnético). Ningún cambio de orientación con respecto al sur verdadero deberá exceder de 15° al este o al oeste, se puede aceptar una variación pero este cambio reducirá hasta cierto punto la energía captada.

-Inclinación de los equipos solares. Al ángulo que forma el colector con la horizontal se le llama ángulo de inclinación del colector, también es un factor importante del diseño. El ángulo tendrá que variar de acuerdo con el área geográfica y con las necesidades de energía, el ángulo óptimo de inclinación, cuando se trata solamente de calentar agua debe ser igual a la latitud del área geográfica. El ángulo óptimo de inclinación del colector para calefacción, es igual a la latitud más 15°. Esta mayor inclinación es necesaria para recoger energía máxima del sol invernal que sigue un curso más bajo a través del cielo.

Estos ángulos de inclinación se pueden tomar como guía general. El diseño de la construcción podrá o no requerir que se introduzcan modificaciones, de ser así las variaciones deberán de ser de 10° a uno u otro lado de la orientación óptima son aceptables. El cambio no reducirá significativamente la captación de energía y, en algunos casos, un ángulo diferente puede ser deseable por razones de arquitectura, de clima o de otra índole, por ejemplo en climas más fríos, un ángulo más pronunciado que el óptimo puede ser conveniente debido a la presencia de mayor energía reflejada.

El objetivo de este trabajo es analizar si es viable producir o generar electricidad y calor por medio de sistemas de equipos solares. El calor se logra mediante los captadores o colectores térmicos, y la electricidad, a través de los denominados paneles o celdas fotovoltaicas. Ambos procesos no tienen que ver entre sí, ni en cuanto a su tecnología ni en su aplicación. A continuación se muestran sus funcionamientos y aplicaciones las cuales se esperan implementar en este trabajo.

## **2.1. Energía solar térmica.**

Como ya se mencionó anteriormente, México se localiza geográficamente entre los 14° y 33° de latitud septentrional, y esto resulta ideal para el aprovechamiento de la energía solar, ya que la irradiación global media diaria en el territorio nacional es de alrededor de 5.5 kWh/m<sup>2</sup>. Estudios realizados con respecto del potencial de aprovechamiento de la energía solar térmica estiman un potencial medio aprovechable en el corto plazo en algunas zonas del país de 1,653 MW, con un potencial para calentamiento solar de agua de más de dos millones de metros cuadrados de colectores solares de agua al año.

Estos colectores o calentadores solares, cumplen con tres funciones principales:

- La captación, es decir, la conversión de la radiación solar en calor
- El almacenamiento y
- La distribución, haciendo que se pueda disponer del calor en los lugares y en los momentos en que se requiera.

El calor recogido en los captadores térmicos puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades. Por ejemplo, se puede obtener agua caliente directamente con la radiación

solar, para consumo doméstico o industrial, o bien para dar calefacción a los hogares, industrias, colegios, fábricas, etc. Incluso se puede climatizar las piscinas.

Para explicar de manera sencilla y general esta aplicación se trata de exponer una superficie a la radiación directa del sol que actúa como filtro para ciertas longitudes de onda de la luz solar y deja pasar fundamentalmente la luz visible, y es menos transparente a las ondas infrarrojas de menor energía y pasar por ella un caudal de agua fría con el objetivo de calentarla.

### 2.1.1 Tipos de Colectores Solares Térmicos.

Para explicar de manera más detallada y específica el funcionamiento, uso y las aplicaciones de estos sistemas de colectores solares se enlistan a continuación los principales tipos de calentadores solares térmicos:

#### ➤ Calentadores solares planos.

También llamado colector solar plano. En general un colector de placa plana actúa como un receptor que recoge la energía procedente del sol y calienta una placa. La energía almacenada en la placa es transferida al fluido. Usualmente, estos colectores poseen una cubierta transparente de vidrio o plástico que aprovecha el efecto invernadero, formado por una serie de tubos de cobre, los cuales expuestos al sol absorben la radiación solar y se la transmiten al fluido que atraviesa su interior. Pueden ser a su vez:

- Colectores planos protegidos. Son los más utilizados por tener la relación costo-producción de calor más favorable. En ellos, el colector se ubica en una caja rectangular, cuyas dimensiones habituales oscilan entre los 80 y 120cm de ancho, los 150 y 200cm de alto, y los 5 y 10cm de espesor. La cara expuesta al sol está cubierta por un vidrio muy fino, mientras que las cinco caras restantes son opacas y están aisladas térmicamente.

Dentro de la caja, expuesta al sol, hay una placa metálica. Esta placa está unida o soldada a una serie de conductos por los que fluye un caloportador (generalmente agua, glicol, o una mezcla de ambos).

A dicha placa se le aplica un tratamiento superficial selectivo para que aumente su absorción de calor, o simplemente se la pinta de negro.

- Colectores planos no protegidos. Son una variante económica de los anteriores donde se elimina el vidrio protector, dejando la placa expuesta directamente al ambiente exterior. Carecen también de aislamiento perimetral.

Dada la inmediatez y simplicidad de este tipo de paneles, existen multitud de subvariantes tanto en formas como en materiales: conceptualmente, una simple manguera enrollada y pintada de negro es, en esencia, un colector solar plano no protegido. Debido a su limitada eficiencia, necesitan una superficie más grande para conseguir las necesidades deseadas, pero pueden compensarlo por su bajo costo. Es un sistema más económico y de bajo rendimiento, utilizado esencialmente para climatización de piscinas.

➤ Colectores de Aire.

Son colectores cuya principal característica es tener como fluido caloportador el aire. No tienen una temperatura máxima límite (los procesos convectivos tienen una menor influencia en el aire) y trabajan mejor en condiciones de circulación normal, pero en contraposición poseen una baja capacidad calorífica y el proceso de transferencia de calor entre placa y fluido es malo. Su aplicación principal es la calefacción.

➤ Tubos de vacío.

Los tubos de vacío suponen un concepto distinto: se reduce la superficie captadora a cambio de unas pérdidas caloríficas menores. El tubo captador se coloca dentro de tubos al vacío, con unas pérdidas caloríficas por convección despreciables. Estos tubos presentan el mismo aspecto que un tubo fluorescente tradicional, pero de color oscuro. Los paneles se forman con varios de estos tubos montados en una estructura de peine.

Las ventajas de este sistema son su mayor aislamiento (lo que lo hace especialmente indicado para climas muy fríos o de montaña), y su mayor flexibilidad de colocación, ya que usualmente permite una variación de unos 20° sobre su inclinación ideal sin pérdida de rendimiento. La desventaja es un costo significativamente mayor. Existen dos sistemas para este tipo:

- Flujo directo: el fluido circula por los tubos, como en los captadores planos.
- Flujo indirecto o "Heat Pipe": calor evapora un fluido en el tubo, y éste transmite su energía al condensarse en el extremo.

➤ Concentrador Solar.

El concentrador solar concentra la radiación solar en un área más pequeña, de forma similar al principio de una lupa. El fluido se calienta a alta temperatura mediante espejos parabólicos. Su principal característica es que constituyen simultáneamente la unidad de captación y de almacenamiento. Su superficie de captación es cónica o esférica con una cubierta de vidrio de la misma geometría. Con estas geometrías se consigue que la superficie iluminada a lo largo del día, en ausencia de sombra, sea constante. Su

instalación es sencilla, pero presentan problemas de graduación del agua y la superficie útil de captación es pequeña. Estos pueden ser de dos tipos:

- Sistemas lineales (disposición cilíndrica): el fluido se calienta al recorrer la línea situada en el foco de la parábola.
- Sistemas puntuales (disposición esférica): con forma de plato, utilizado para concentrar más los rayos solares y obtener así temperaturas más altas cuando la infraestructura es de dimensiones limitadas.

➤ Espejos en una central térmica solar.

Estos tipos de concentradores solares reflejan la radiación solar y la concentran en un único punto situado en una torre, en donde se genera vapor de agua para producir electricidad.

Todos estos colectores pueden ser utilizados en el sector residencial excepto los que se usan para una central térmica solar. Los más viables para este sector serían los colectores solares planos, colectores de aire y los colectores de tubos de vacío. El siguiente esquema ejemplifica el sistema solar térmico que se quiere aplicar para este trabajo.

Figura 24. Ejemplo de sistema solar térmico.



Este tipo de equipos pueden estar conectados con el calentador de gas tradicional y así usarlo en caso de que el colector solar no cubra las necesidades de ese día. Así se tendrá agua caliente en cualquier momento y estación del año.

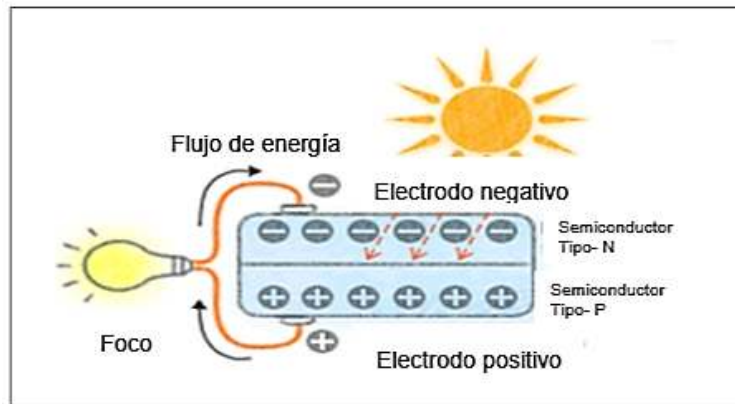
## 2.2. Energía Solar Fotovoltaica.

Esta es la energía obtenida por la radiación electromagnética del sol al convertirse la luz en energía eléctrica de corriente continua.

Para entender cómo es que funcionan las celdas solares fotoeléctricas se debe conocer el efecto fotoeléctrico.

Una manera general de explicar este efecto puede ser de la siguiente forma: cuando la luz solar incide sobre dos capas de un material semiconductor, este choque provoca la liberación de electrones, los cuales fluyen desde la capa inferior hacia la superior del semiconductor; al hacer pasar estos electrones a través de una o varias cargas eléctricas cederán entonces su energía. Es decir, se transforma la energía de la luz, en energía eléctrica, ya que se produce una corriente de electrones.

Figura 25: Representación general del efecto fotovoltaico.

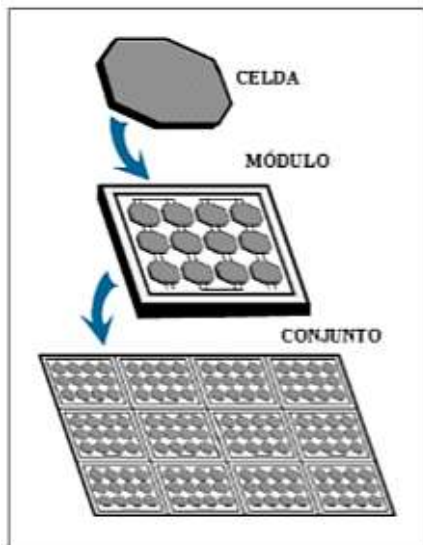


Fuente: [solarpooltech.wordpress.com/](http://solarpooltech.wordpress.com/)

Este fenómeno se aprovecha mediante la utilización de pequeñas placas, denominadas celdas fotovoltaicas, las cuales están formadas principalmente por silicio tipo p y silicio tipo n (amorfos, monocristalinos o policristalinos), uno de los elementos más abundantes en la tierra. Al arreglo formado por varias de estas celdas encapsuladas y conectadas eléctricamente en serie y/o paralelo, montadas en una estructura de soporte, se le denomina módulo o panel fotovoltaico. Los módulos o paneles fotovoltaicos están formados por un cristal o lámina transparente superior y un sellado inferior entre los que queda encapsulado el sustrato conversor y sus conexiones eléctricas. La lámina inferior puede ser transparente, pero lo que se usa más es un plástico de ingeniería. Para encapsular las celdas fotovoltaicas, se suelen añadir unas láminas finas y transparentes que se funden para crear un sellado aislante, sin humedad, transparente y robusto. Un conjunto de estos paneles se montan generalmente en soportes o estructuras, aunque hoy pueden quedar integrados como elementos de sombra, o incluso, como parte de las

fachadas de algunos edificios. En la siguiente figura se puede observar un arreglo de ensamble de un módulo fotovoltaico:

Figura 26: Elementos de un panel y conjunto fotovoltaico.



Fuente: [www.anes.org/anes](http://www.anes.org/anes)

Actualmente, existen dos tipos de estructuras para sostener los paneles solares fotovoltaicos. Uno de ellos, permite seguir el movimiento del sol durante el día llamados seguidores solares y la otra estructura, es completamente fija, y se optimiza orientando la placa con orientación sur en el hemisferio norte, y los grados de esta orientación dependen sólo de la latitud.

Dentro de los sistemas fotovoltaicos sin importar su utilización ni el tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías:

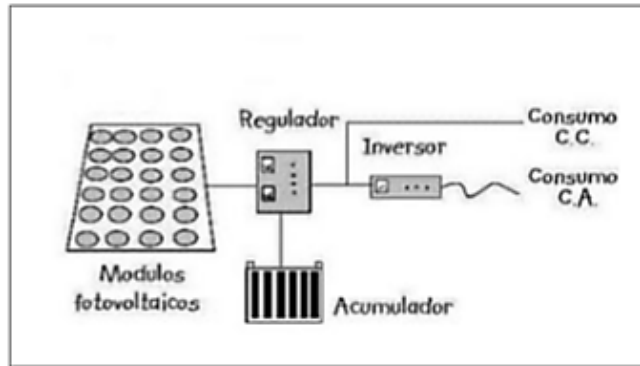
- Aislados (o autónomos) y
- Conectados a la Red.

Los sistemas aislados son característicos de comunidades rurales o zonas aisladas, en las cuales no es económicamente viable construir una red eléctrica para su interconexión con el Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Estos sistemas están formados por los siguientes componentes:

- Panel o conjunto fotovoltaico
- Banco y cargador de baterías
- Dispositivos de interconexión y protección
- Inversor de corriente (opcional, para cargas en corriente alterna).



Figura 27: Sistema FV aislado.



Fuente: [alternativasnuestras.blogspot.com/](http://alternativasnuestras.blogspot.com/)

A diferencia de los sistemas interconectados al SEN, estos no requieren de un dispositivo de medición; sin embargo, adicionalmente requieren de un banco de baterías y un regulador para almacenar la electricidad que será utilizada en otros momentos en los que el sistema fotovoltaico no puede generarla (por ejemplo, durante las noches).

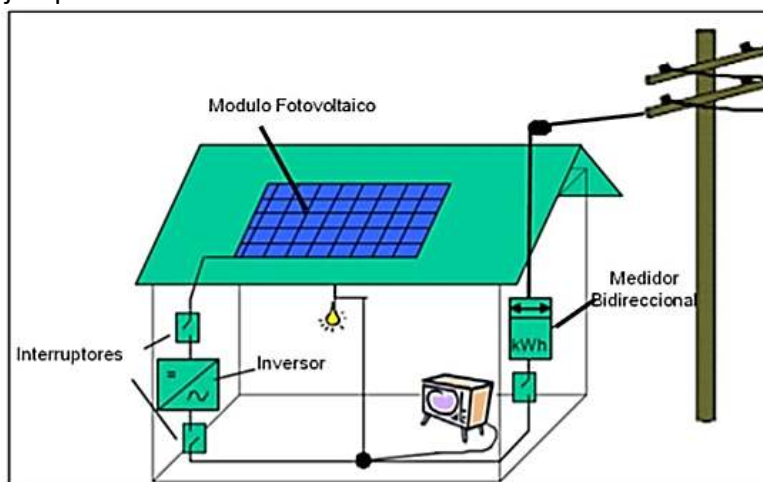
### 2.2.1 Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red Eléctrica.

Una particularidad de la energía fotovoltaica es que la electricidad es entregada como corriente directa (o continua), por lo que en conexión a la red eléctrica todavía es necesario transformarla en corriente alterna que es la forma como la CFE entrega la electricidad en nuestros hogares. Es por esta razón que para poder aprovechar la energía solar, en la mayoría de los casos, se requiere de un inversor de corriente, el cual junto con los demás componentes eléctricos forman lo que se denomina un sistema fotovoltaico. Una de las principales ventajas de estos sistemas fotovoltaicos es que los costos de mantenimiento son bajos a lo largo de su vida útil (aproximadamente 25 a 30 años para módulos fotovoltaicos); sin embargo, sus costos de inversión inicial todavía son altos comparado con otras tecnologías; aunque, los costos de operación y mantenimiento son prácticamente nulos en comparación con los costos de generación de electricidad. Se espera que tanto sus costos de inversión como de generación sigan disminuyendo significativamente en el transcurso de los próximos años.

Estos sistemas interconectados están formados principalmente por los siguientes componentes:

- Panel o conjunto fotovoltaico
- Inversor de corriente
- Dispositivos de interconexión, protección y medición (interruptores, sistema de protección y medidor bidireccional).

Figura 28: Ejemplo de sistema FV interconectado a la red eléctrica en una vivienda.



Fuente: CONUEE/ GTZ, 2009

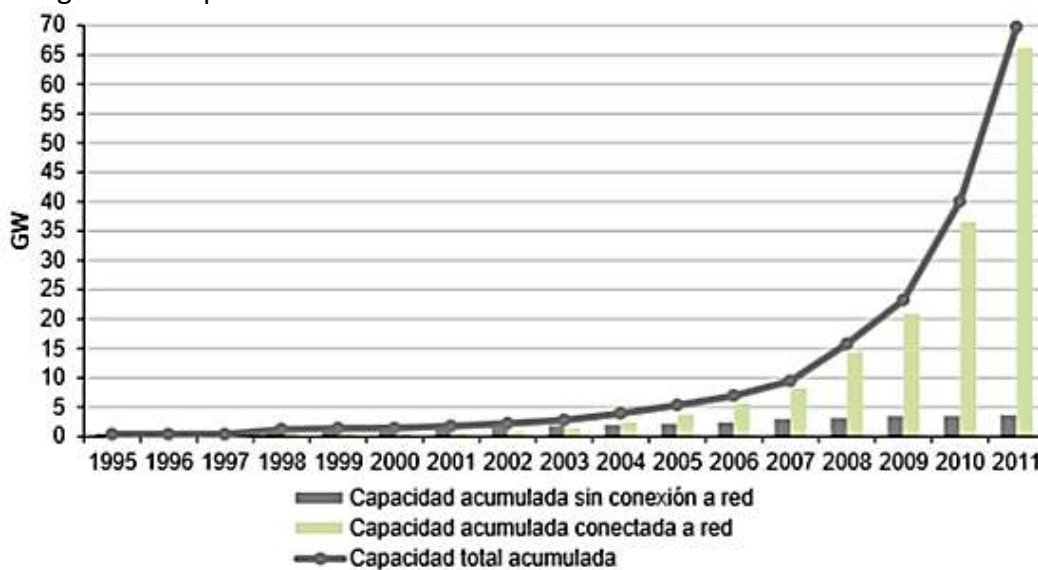
Un sistema interconectado consiste en módulos fotovoltaicos y un inversor el cual se puede conectar con el suministro de energía, de modo tal que si el sistema fotovoltaico genera una mayor energía de la que se está consumiendo en el hogar, el excedente de energía es inyectado a la red de distribución. Empleando un medidor bidireccional la cantidad que es suministrada a la red y la energía consumida de la red puede ser medida y se factura la diferencia. Si la diferencia es positiva, se genera un crédito a favor en el cual puede consumirse dentro de un periodo de 12 meses. Este sistema no requiere baterías por lo que su costo es menor comparado con el sistema aislado, sin embargo requiere que exista un punto de interconexión con la red de distribución.

En el pasado los instrumentos de regulación aplicables a las ER no reconocían la potencia que aportan los equipos de generación de energía eléctrica de este tipo a las horas de máxima demanda del Sistema Eléctrico Nacional. Por tal motivo, la CRE aprobó en enero de 2005 las modificaciones al modelo de Contrato de Interconexión aplicable a este tipo de fuentes, donde se determina la "Potencia Autoabastecida" del permisionario como el promedio de las potencias medidas en el punto de interconexión, que se hayan presentado en los 12 intervalos de medición incluidos dentro de la hora de máxima demanda para todos los días laborables del mes en cuestión. Esta potencia autoabastecida permitirá reducir el cargo por demanda facturable.

Hace veinte años aproximadamente la mayoría de los sistemas FV eran utilizados en sistemas aislados o autónomos. La última década del siglo XX fue especialmente importante para su uso en conexión a la red eléctrica a nivel mundial. Esta tendencia se ha mantenido en los años posteriores, de tal forma que en el período 2000 - 2011 la capacidad total instalada mostró una Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) de 43.5%. Durante el 2011 se adicionaron 29.6 GW, alcanzando un total de 69.6 GW (como se puede ver en la figura 29), de los cuales 92.4% corresponden a sistemas conectados a la red

eléctrica (casi 7.6% de la capacidad total con energía renovable), mientras que 3-4 GW a sistemas aislados.

Figura 29: Capacidad instalada con sistemas FV a nivel mundial 1995 – 2010.

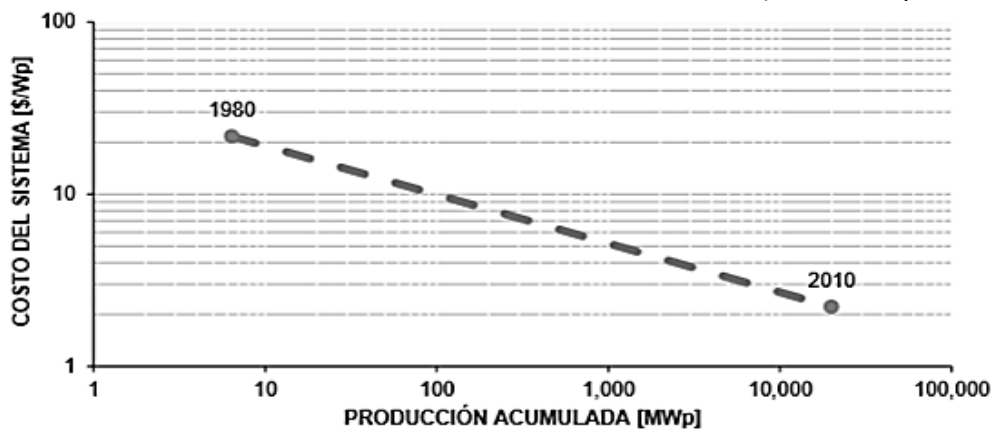


Fuente: Elaboración GIZ con datos de REN , 2012

Respecto al costo de los módulos fotovoltaicos, en los últimos 30 años estos han presentado una reducción de entre 15 y 22% cada vez que se duplica la capacidad instalada. Como se muestra en la figura 30, mientras que en el año 1980 la producción acumulada era menor a 10 MWp y el costo era de alrededor de \$22 USD/Wp, en el año 2010 se redujo a menos de \$ 2.21 USD/Wp y una producción acumulada mayor a 20,000 MWp.

Esto ha sido posible gracias a las economías de escala, así como a la experiencia que ha ganado la industria a través de la innovación, la investigación, el desarrollo y el continuo apoyo político para el crecimiento de este mercado.

Figura 30: Desarrollo del costo de los módulos FV, 1980 – 2010 (curva de aprendizaje).

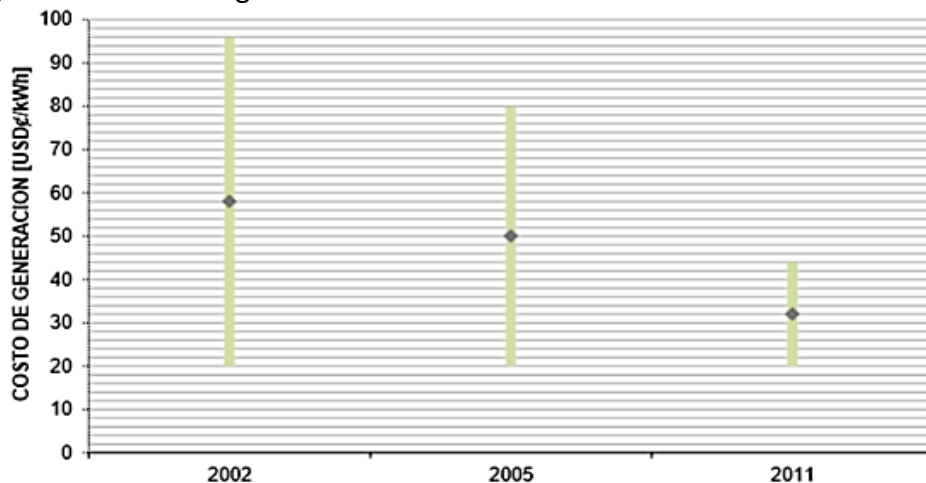


Fuente: Navigant Consulting, EPIA, 2011; TRENDS IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS, IEA, 2012.

En términos de costos de inversión (USD/kWp) de los sistemas FV en aplicaciones conectadas a la red eléctrica (módulo + inversor + otros componentes), se ha experimentado también una reducción de costos importante. Así, los costos de inversión pasaron de \$6,000 – 9,500 USD/kWp en el año 2002 a \$5,000 – 6,500 USD/kWp y \$2,600 – 4,500 USD/kWp entre los años 2005 y 2010, respectivamente. Es importante señalar que estos costos pueden variar de acuerdo con el mercado local, así como por otras condiciones, por ejemplo, si los módulos son integrados como parte de la modernización de una edificación existente, o bien, de una edificación nueva.

Finalmente, los costos de generación o costos nivelados de los sistemas FV también han disminuido, y en muchos países, en donde las tarifas eléctricas son altas, además de que el recurso solar es abundante, ya son competitivos. Sin embargo, estos dependen de forma importante de los costos de inversión, así como de la irradiación anual promedio. Es por esta razón que, a pesar de las reducciones importantes que se han registrado en los costos de inversión en los últimos años, los costos de generación todavía se ubican entre 20 cUSD/kWh y 44 cUSD/kWh bajo las mejores condiciones de diseño, localización del sitio y disponibilidad del recurso solar.

Figura 31: Costos de generación con sistemas FV a nivel mundial 2002 – 2011.

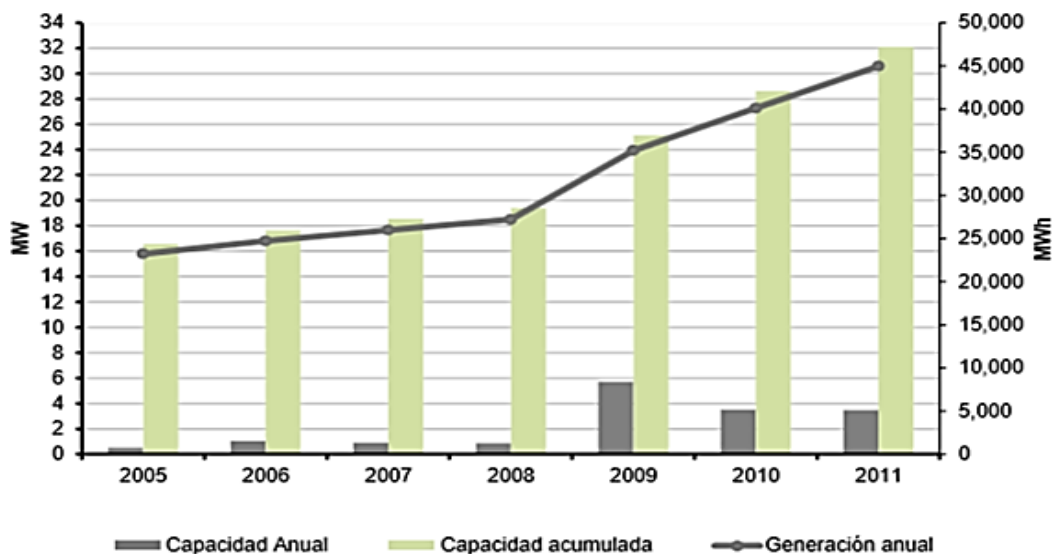


Fuente: Elaboración GIZ con datos de IEA, 2003; REN, 2005, 2010 ; REN, 2012.

De acuerdo con la ANES, hasta el año 2006, prácticamente todos los sistemas fotovoltaicos, instalados en México, se encontraban en aplicaciones aisladas de la red eléctrica como proyectos de electrificación rural, comunicaciones, señalamientos, bombeo de agua y refrigeración. Sin embargo, a partir del año 2007 se cuenta con registros de aplicaciones conectadas a la red eléctrica. Esta tendencia se ha mantenido en los años posteriores de tal manera que en el año 2011, de los 3.5 MWp instalados en ese año, alrededor de 94% fueron sistemas conectados a la red eléctrica. Como se observa en la siguiente figura, la capacidad anual instalada (sistemas aislados y conectados a la red) ha

mostrado un comportamiento fluctuante en el período 2005 – 2011. En términos acumulados, la capacidad aumentó de 16.5 MWp a 32 MWp. Respecto a la generación anual de electricidad, esta aumentó de 23,235 MWh en el año 2005 a 44,974 MWh en el año 2010.

Figura 32: Evolución de la capacidad instalada y generación de electricidad con sistemas FV en México.



Fuente: SENER. “Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México.” 2012

Un elemento fundamental para la promoción de energías renovables es el costo de la energía alterna, en este caso, la energía fotovoltaica. En México se cuenta con una estructura de tarifas para el sector residencial denominada tarifas domésticas o residenciales. Éstas son siete (1 a 1F) y son escalonadas por volúmenes de consumo mensual de energía eléctrica (kilowatt-horas). En dicha estructura los precios aumentan por kilowatt-hora, cuando el volumen mensual de consumo de energía eléctrica supera ciertos límites; y donde cada tarifa residencial cuenta con dos de estos niveles. El primero separa la tarifa en un intervalo básico con precios más bajos y el otro con un intervalo alto con precios más altos, mientras que el segundo límite marca el consumo mensual a partir del cual el hogar sale de la tarifa residencial y entra a la tarifa “Doméstica de Alto Consumo (DAC)” que tiene el precio más alto por kWh.

Los sistemas fotovoltaicos en conexión a la red en México difieren en costos dependiendo de su capacidad. A finales del 2011 la SENER y la GIZ realizaron una encuesta en el país para determinar dichos costos. Donde para el sector residencial, que es el sector de interés para este trabajo, la inversión promedio para sistemas fotovoltaicos con una capacidad entre 0.24 kWp a 1.65 kWp es de \$4,851 USD/kWp con costos nivelados de 17.8 cUSD/kWh, mientras que los costos para sistemas con capacidades entre 2 kWp a 10 kWp se reducen a \$3,000 USD/kWp a 4,200 USD/kWp y sus costos nivelados de generación oscilan entre 10.9 cUSD/kWh (\$1.3 Mx) y 15.4 cUSD/kWh (\$1.8 Mx).

Debido a los costos actuales de la tecnología FV, los subsidios eléctricos y la estructura de las tarifas eléctricas, contra las cuales los sistemas FV compiten, muestran como resultado que el potencial económico y financiero en México para la implementación de sistemas FV, actualmente, se limite a actividades específicas. Sin embargo, considerando la irradiación solar, la constante disminución en los costos de los sistemas FV y el constante aumento en los precios de las fuentes convencionales de energía primaria, se espera que los sistemas FV logren convertirse en una alternativa económicamente viable a gran escala en el mediano plazo en México.

## **Capítulo 3. Propuesta y Evaluación del Sistema Energético en un condominio típico.**

La primera evaluación que se realizó para mejorar el problema energético fue utilizar propuestas de ahorro de energía y usar la radiación solar para sustentar un edificio, no solo proveyendo calor sino también electricidad, ya que en México es posible aprovecharlo al máximo gracias a la posición geográfica y la irradiación solar diaria que incide en el territorio nacional. Además contribuir con el uso de energías verdes para disminuir el uso de los recursos fósiles que contaminan el medio ambiente.

Como es un edificio el que se quiere sustentar por energía solar, lo primordial hubiera sido hacer el levantamiento de todos los departamentos, pero fue difícil convencer a todas las personas de que se les realizara esta actividad, además de que otros departamentos se encuentran sin inquilinos.

Para la utilización de los equipos solares sería conveniente usar sistemas interconectados. Esto quiere decir que para el caso de calentar agua además de usar el colector solar también sería recomendable utilizar el boiler convencional que actualmente se encuentra en las casas, esto serviría para días en que la radiación solar sea baja o que el clima u otras circunstancias afecten la eficiencia del colector. Para el caso de producir electricidad al utilizar un sistema interconectado a la red eléctrica es más eficiente ya que no se necesita el uso de un banco de baterías y además con la nueva tecnología de los medidores bidireccionales, la energía que proporcionen las celdas durante el día que no se esté utilizando es mandada a la red de distribución y cuando se requiera es demandada nuevamente, esto hace que el costo total de este sistema se recupere en menos años de lo que lo haría sin contar con esta tecnología.

Para las propuestas que se hicieron en este trabajo, se explicará a detalle una de ellas y las demás se expondrán en los resultados ya que el procedimiento será el mismo y sólo cambiarán los resultados.

### **3.1. Propuesta y Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica.**

Además de proporcionar el insumo eléctrico y de gas por medio del sol que es una fuente inagotable de energía, también es preciso realizar una propuesta de ahorro de energía. Para esto se tiene que hacer un levantamiento eléctrico y de carga, para saber cuánto es lo que se está demandando y en dónde se puede hacer o considerar un ahorro de energía eléctrica.

Una vez realizado este levantamiento, pasaría a buscar propuestas de colectores solares así como de celdas fotovoltaicas analizando cuanto consumo tiene cada familia y comparando precios comerciales para tomar la mejor decisión.

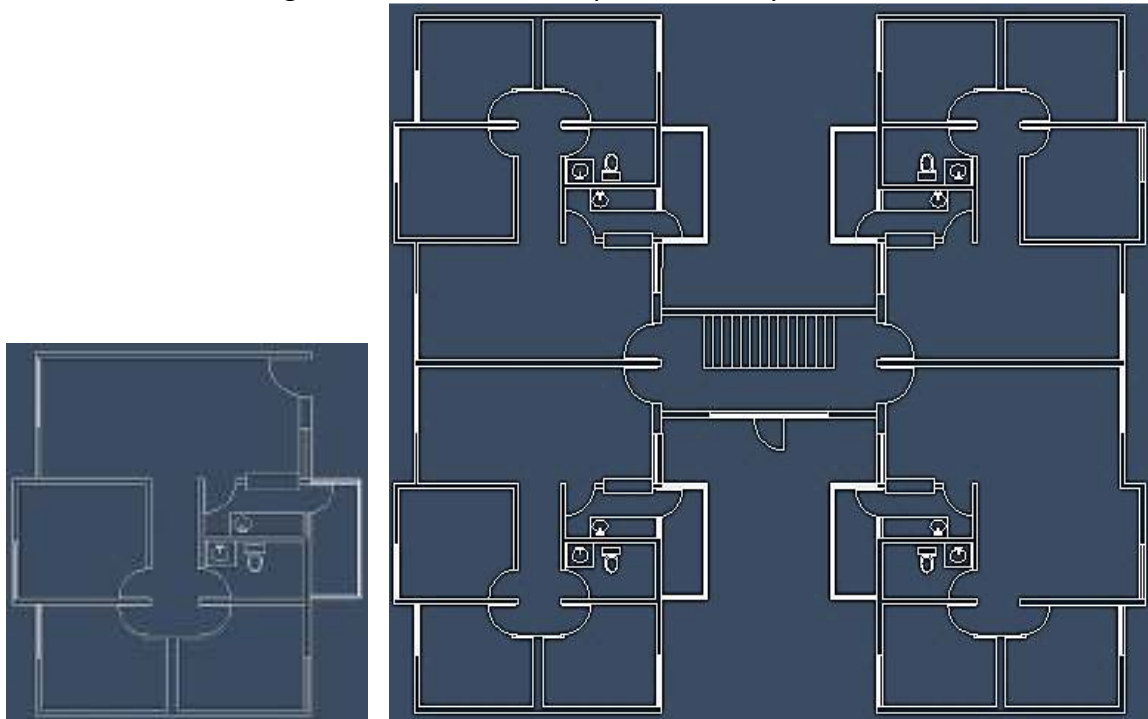
Para empezar este proyecto lo primero que se realizó fue la propuesta de ahorro de energía en la cual incluye:

- levantamiento arquitectónico,
- levantamiento eléctrico y
- levantamiento de carga.

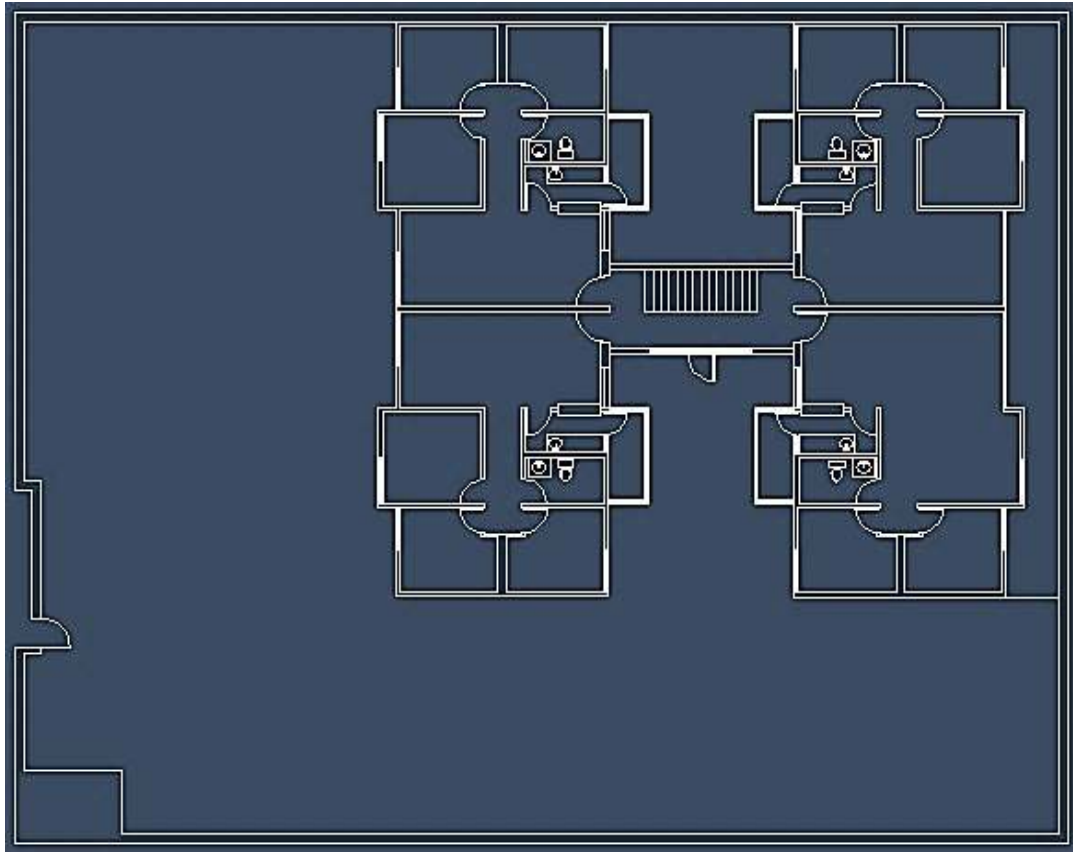
Para realizar el levantamiento eléctrico se necesita, ya sea que un profesional lo haga o tener el equipo adecuado y especializado y por supuesto saber cómo llevarlo a cabo. Por fortuna se adquirieron los conocimientos y herramientas necesarias para realizar un levantamiento eléctrico al realizar mi servicio social en Proyectos de Ahorro de Energía y conseguí quién me prestara el equipo necesario para poder hacer este trabajo.

Lo primero que se tiene que hacer es tomar todas las mediciones del lugar a analizar, esto es: ancho, alto y espesor de todos los muros y paredes para después pasarlas a un programa o software y así tener el plano del lugar con las mediciones reales o lo que es lo mismo el levantamiento arquitectónico.

Figura 33. Plano de los departamentos y edificio.







En la primera imagen se muestra el plano de un departamento, en la segunda se muestra el plano de un piso del edificio y en la tercera el plano de todo el edificio.

Después de tener un plano básico del lugar se pasa a registrar todos los contactos y alumbrado del lugar en el plano. Para tener todas las especificaciones de estos equipos se necesita primero identificar todo el proceso de la red eléctrica que llega hasta los hogares y esto es: la acometida del edificio, luego el interruptor general de todos los departamentos, el interruptor de seguridad que en este caso se encuentra fuera de los departamentos y el centro de carga o tablero eléctrico que se encuentra dentro de los departamentos.

Figura 34. Transformador tipo pedestal (izquierda) e interruptor general (derecha).



Este transformador es de tipo pedestal trifásico con una capacidad de 150 KVA, opera en la intemperie y está montado sobre una base de concreto. El suministro de energía eléctrica es mediante un sistema de distribución subterránea. Este suministro de energía va del transformador hacia el interruptor general el cual distribuye la energía eléctrica a todos los circuitos del edificio. Se utiliza para desconectar manualmente todas las líneas eléctricas conectadas en caso necesario. Y además, para evitar sobrepasar la potencia máxima de la instalación.

Los interruptores de seguridad como su nombre lo indica son el medio de protección y conexión y desconexión eléctrica. Estos interruptores protegen en forma independiente el circuito al que están conectados contra cortocircuitos y sobrecargas eléctricas. Esta protección es mediante cuchillas y/o fusibles. Cada departamento tiene su interruptor de seguridad con dos fusibles dentro como se muestra en la siguiente figura.

Figura 35. Interruptores de seguridad.



En el caso de este edificio todos los departamentos tienen centros de carga los cuales son generalmente empleados para conectar circuitos independientes de alumbrado y/o contactos y para la protección y desconexión de pequeñas cargas eléctricas y alumbrado. Estos centros de carga son generalmente usados en uso residencial.

Figura 36. Centros de Carga.



Una vez identificado el centro de carga dentro del departamento, se abre con cuidado (como en las últimas imágenes, aunque algunos centros de carga ya se encontraban abiertos lo cual puede ser peligroso), para poder conectar el trazador de corriente.

Ya que se conecta se puede visualizar qué cable es el que llega del interruptor de seguridad y cómo está conformado este centro de carga.

Las especificaciones y características del centro de carga analizado son:

- Centro de carga con zapatas principales,
- Una fase,
- Un cable neutro,
- Puentado entre líneas.

- Dos circuitos con una protección de 2 polos de 20 A y 2 hilos de 12AWG de calibre.
- El conductor de entrada es 1 hilo de 8AWG, el puente tiene un calibre de 10AWG.
- Como observación están muy sucios, amontonados, forman ángulos mayores a 90° y los cables no están bien peinados.

Una vez que se identificaron estos aspectos, ahora se identificó los contactos y las luminarias o lámparas de los departamentos.

El material que se usó para realizar los levantamientos son un receptor y un trazador de corriente de los circuitos, el trazador que es el aparato pequeño (que se muestra en la siguiente figura) se conecta a los circuitos, contactos y alumbrado y éste manda una señal que es identificada por el receptor y así se puede saber en qué circuito va conectado cada contacto o cada equipo, foco, etc.

Figura 37. Material para realizar el levantamiento eléctrico.



Aquí por ejemplo se conecta el trazador en un contacto de la casa y con el receptor se ubica la señal en el centro de carga para saber de qué circuito viene, en estos casos solo hay dos circuitos.

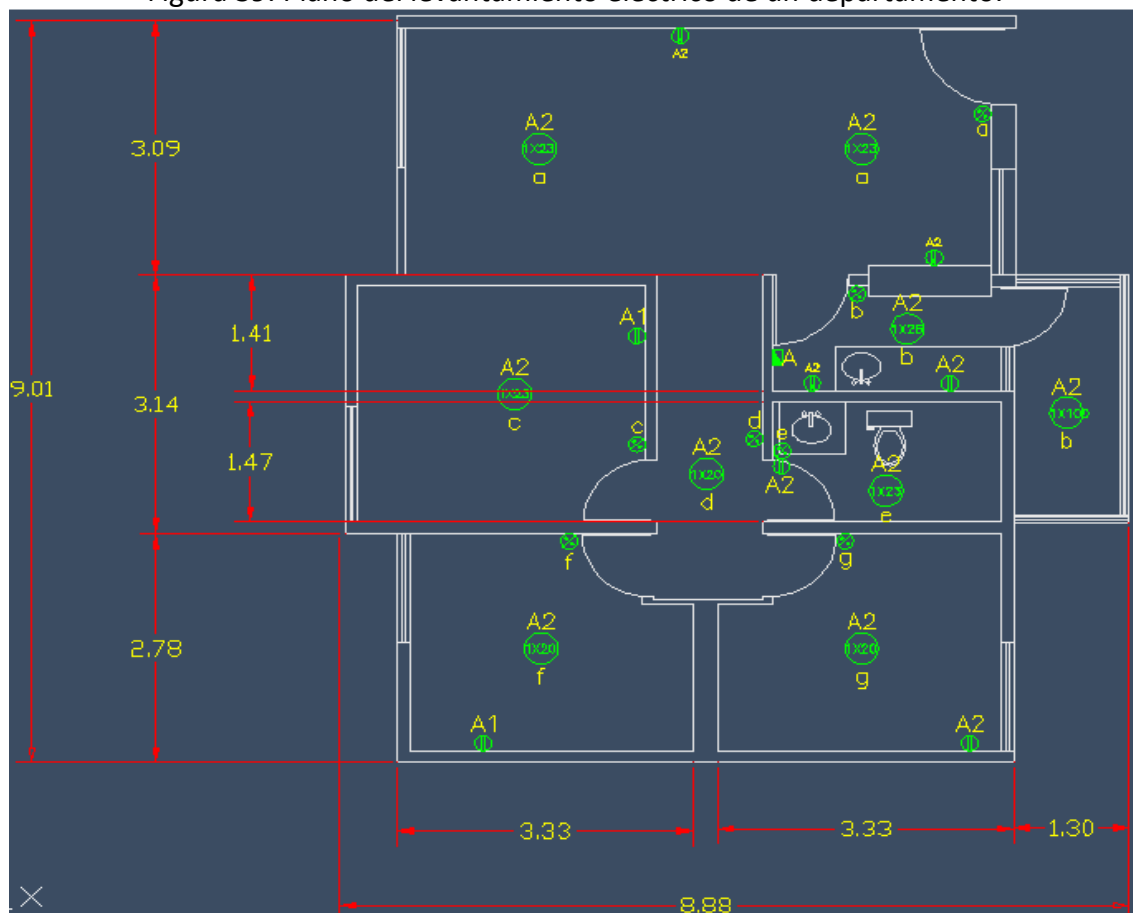
Figura 38. Trazador conectado en un contacto.



Ocurre lo mismo para la identificación de las lámparas, se conecta el trazador al que parece clavija de foco (foto del material) y se conecta como si fuera el foco y así a cada uno para poder saber a qué circuito van todas las lámparas.

Ya que se identificaron todos los circuitos, contactos, equipos y alumbrado se llena el plano del lugar con todos los contactos y lámparas que se hayan identificado junto con todas sus características. El plano del levantamiento eléctrico de un departamento es el siguiente:

Figura 39. Plano del levantamiento eléctrico de un departamento.



Este plano ya viene con la escala real, con cotas espaciadas, simbología, pie de plano, y las diferentes instalaciones eléctricas que se realizaron en el levantamiento eléctrico.

Lo que se quiere decir con esto es que dentro de este plano ya se encuentran todos los contactos de la casa, el centro de carga, todas las lámparas y los apagadores que hay. Todos estos vienen con sus debidas especificaciones de voltaje y corriente. Además en el caso de los contactos y de las lámparas ya vienen identificados en qué circuito están conectados gracias al levantamiento que se realizó.

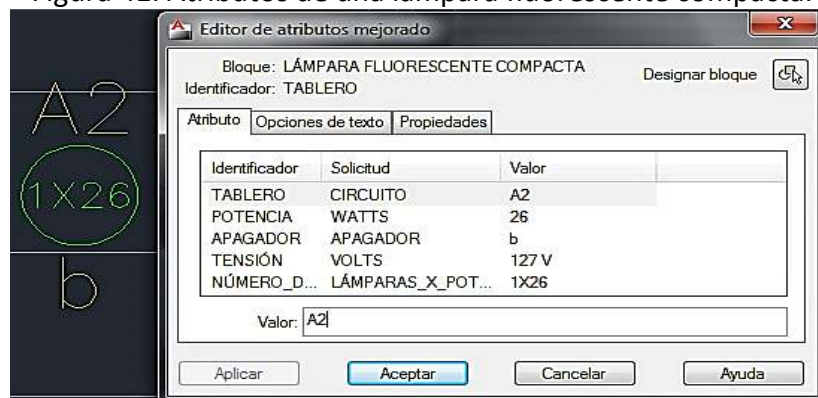
En la figura 40 se muestra la simbología utilizada en el plano para los diferentes equipos y un ejemplo de una área específica del departamento como es la cocina, en donde están reunidos todos los accesorios a analizar en cualquier de estos departamentos.

Figura 40. Simbología y levantamiento eléctrico (cocina).



Por ejemplo, en la siguiente figura se muestra una de las lámparas, ésta es una lámpara fluorescente compacta de 26 Watts y 127 volts la cual está conectada al circuito dos del centro de carga A y que prende al accionar el apagador identificado con la letra b. Todas estas características ya vienen incluidas en sus atributos desde el programa mismo.

Figura 41. Atributos de una lámpara fluorescente compacta.



Por otro lado el levantamiento de carga o también llamado de potencia consiste en identificar cada uno de los equipos electrónicos (esto quiere decir todos los equipos de cómputo, de entretenimiento, electrodomésticos, etc. en si todo lo que se pueda conectar a un contacto) que se encuentran en el lugar a analizar. Esto se hace revisando la placa de datos de los equipos que en su mayoría deben de tener y ahí obtener su potencia y también saber a qué circuito van conectados, pero eso ya es más fácil ya que ya se identificaron todos los contactos en el levantamiento eléctrico.

Para este levantamiento los datos que se anotan son los siguientes:

- Número de equipos existentes
- Equipo
- Marca y modelo
- Potencia [W]
- Voltaje [V]
- Corriente [A]
- Tiempo de uso [hr] y
- Circuito al que va conectado.

En la siguiente tabla se muestra el levantamiento de potencia del departamento que se toma de ejemplo para este análisis. Se tomó un lapso de tiempo de un mes para el tiempo de uso.

Tabla 5. Levantamiento de potencia.

#	No	EQUIPO	MARCA Y MODELO	POTENCIA [W]	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	TIEMPO DE USO [h]	CIRCUITO
1		Supresor de picos 1	Power Sentry - 100306	1875	125	15	720	2
2		Pantalla	LG - 37CS560	-	100-240	1.6	70	S.P. 1
3		DVD	LG - LH-P6240	50	120	-	2	S.P. 1
4		Receptor de audio y video	SKY - 812M-T	25	100-240	-	68	S.P. 1
5		Consola de videojuegos	Microsoft XBOX360	-	100-127	3.7	50	S.P. 1
6		Horno	Mabe - XO1120MD	1000	127	-	3	2
7		Refrigerador	Daewoo - DFR-9010DB	-	127	1.4	200	2
8		Licadora	UL - 15BL17	-	120	3	1	2
9		Regulador 1	VCA - Light 1200	960	120	10	672	1
10		Modem	Alcatel-Lucent - I-240W-T	-	100-240	0.8	672	Reg. 1

11		Televisión	RCA - MR19401	65	240	-	0	Reg. 1
12		Supresor de picos 2	Power Sentry - 100306	1875	125	15	0	1
13		Televisión	Royal - XT-2079	70	120	-	0	S.P.2
14		Supresor de picos 3	Steren	-	125	15	720	2
15		Televisión	Samsung - CT208BW	90	100-240	-	140	S.P. 3
16		Receptor de audio y video	SKY - SLM200	25	115-220	-	140	S.P. 3
17		Ventilador	Mytek - 3129	50	127	-	0.5	S.P. 3
18		Regulador 2	Koblenz - BP-1000-I	800	95-145	-	130	S.P. 3
19		P.C.	Armada - PX400RMFUN	300	-	-	130	Reg. 2
20		Impresora	Epson - TX120	-	100-127	0.6	0.5	Reg. 2

Con este levantamiento se pueden saber varias cosas, por ejemplo, si es que se tiene varios equipos conectados a reguladores o supresores de picos, también se puede saber si esos reguladores o supresores de picos aguantan toda esa potencia demandada para proteger a los equipos o si se necesita alguno otro que tengan una mayor potencia. Además se puede dar cuenta de la potencia demandada que tienen los equipos, tanto de entretenimiento como los electrodomésticos y saber qué equipo es el que está ejerciendo más demanda y genera un gasto mayor en electricidad.

Además del plano eléctrico y el levantamiento de carga, se llenó un archivo con todas las especificaciones, características y atributos del centro de carga encontrado. Este archivo se llama cuadro de carga y fue realizado en Excel, el cual brindó cálculos y otros resultados que se verán a continuación. El archivo es el siguiente:



Tabla 6. Cuadro de carga.

TABLERO:		LOCALIZACIÓN:					PROYECTO: LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO			
ESQUEMA:	CIRCUITO No.	INTERRUPTOR # POLOS - # A	CONDUCTOR # HILOS - CALIBRE	TABLERO	ALUMBRADO	EQUIPOS	Fase A W	Fase B W	Fase C W	Total W
							0.00	0.00	0.00	0.00
							0.00	0.00	0.00	0.00
	Total				0	0	0	0.00	0.00	0.00
Diagrama Unifilar:		Alimentado de:		Contactos y Fza:		000.00 W				
Zapatillas Principales:		Cap. Interruptiva:		Alumbrado:						
Voltaje: 220 / 127 V		Fases:		Hilos:						
Fase A: .00 W		Fase B: .00 W		Fase C: 000.00 W						
Factor de Demanda:		Corriente: 0.00 A		Carga Dem: 000.00 W						
Catálogo:		Marca:		Desbalance: N/A						

Dentro de este cuadro de carga se establece qué tablero o centro de carga se va a analizar junto con el esquema del mismo, esto quiere decir que para cada centro de carga se hizo un cuadro de carga. En este archivo se anotan datos que ya se obtuvieron como: el número de circuitos que tienen los centros de carga, el número de polos del interruptor y la corriente de protección de los mismos, el número de hilos del conductor y el calibre de estos, la potencia de las lámparas y de los equipos electrodomésticos, además de algunos datos como factor de demanda, capacidad interruptiva, fases, hilos y marca del centro de carga o tablero.

Metiendo estos datos se calculó el total de la potencia demandada en cada circuito y en cada fase, la potencia que demanda por separado el alumbrado y los equipos, así como la carga total que es demandada y la corriente.

Esos son los datos resultantes más importantes y que más van a servir para este proyecto, ya que sirven para la propuesta del sistema solar fotovoltaico puesto que con la carga demandada se visualiza cuánta energía eléctrica se requiere para cubrir las necesidades de un hogar y así saber qué equipo solar es el adecuado.

Para empezar a realizar el cuadro de carga, se llena con los datos obtenidos del levantamiento eléctrico y el de potencia.

El centro de carga es nombrado TAB-A, cuenta con una fase, un cable neutro, está puentado entre líneas, dos circuitos (A-1 y A-2) con una protección del interruptor de 1 polo de 20A cada uno y conductores de 1 hilo de 12AWG cada uno.

Tabla 7. Cuadro de Carga.

TABLERO: "A" CENTRO DE CARGA, SERVICIO NORMAL.				LOCALIZACIÓN: PLANTA BAJA DEPTO. #02							
CIRCUIT ONb.	INTERRUPTOR #POLOS-#A		CONDUCTOR #HILOS- CALIBRE		TAB A	2P REG 100.00 W	2P REG 100.00 W	1X20 CFL 20.00 W	1X20 CFL 23.00 W	1X20 CFL 25.00 W	1X100 CFL 100.00 W
A-1	1P	20 A	1 H	12 AWG		2					
A-2	1P	20 A	1 H	12 AWG		3	3	3	4	1	1
Total					0	5	3	3	4	1	1
Horas								100	80	20	5
KWh								2	1.84	0.52	0.5

N L1

ZAPATAS  
PRINCIPALES.

Después se llenó con el alumbrado que se encuentra en el departamento, tanto contactos como las lámparas, luminarias o focos obtenidos del levantamiento eléctrico. Se anotan los watts de cada accesorio, cuántos hay y en qué circuito están conectados para así saber cuántos watts son demandados. Luego se agregó un aproximado de las horas que son utilizados estos accesorios, para así conocer el consumo eléctrico en KWh.

Por ejemplo tomando de modelo la primera lámpara que aparece en el cuadro de carga, es una lámpara fluorescente compacta (CFL) de 20 watts. El cuadro de carga nos dice que se encuentran 3 de este tipo en el departamento y que las 3 están conectadas al circuito 2 (A-2). El aproximado de 100 horas al mes se hizo tomando en cuenta a las tres lámparas, la suma de sus horas usadas ya que las tres tienen diferentes horas de uso. Para el consumo sólo se multiplicaron los watts por las horas de uso:

$$\text{Consumo eléctrico} = \frac{\text{Watts} \times \text{horas}}{1000} \quad (3.1.1)$$

$$\text{Consumo eléctrico}_{\text{lámpara CFL}} = \frac{20 [W] \times 100 [h]}{1000}$$

$$\text{Consumo eléctrico}_{\text{lámpara CFL}} = 2 [KWh]$$

Lo mismo sucede con los electrodomésticos encontrados y ubicados en el levantamiento de potencia, por ejemplo para el consumo eléctrico de la pantalla se sustituyen sus valores en la ecuación (3.1.1):

$$\text{Consumo eléctrico}_{\text{pantalla}} = \frac{190 [W] \times 70 [h]}{1000}$$

$$\text{Consumo eléctrico}_{\text{Pantalla}} = 13.3 \text{ [KWh]}$$

Tabla 8. Cuadro de Carga (continuación).

PROYECTO: LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO											
PANTALLA	DVD	SKY	XBOX	HORNIO	REFRIGERADOR	LICUADORA	MODEM	TELEVISION	VENTILADOR	COMPUTADORA	IMPRESORA
190.00 W	50.00 W	25.00 W	250.00 W	1000.00 W	175.00 W	360.00 W	5.65 W	90.00 W	50.00 W	275.00 W	72.00 W
							1				
1	1	2	1	1	1	1		1	1	1	1
1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
70	2	140	50	3	200	1	672	140	0.5	130	0.5
13.3	0.1	3.5	12.5	3	35.6	0.36	3.7968	12.6	0.025	35.75	0.036

Fase A	Fase B	Fase C	Total
W	W	W	W
365.65	0.00	0.00	365.65
3,923.00	0.00	0.00	3,923.00
4,288.65	0.00	0.00	4,288.65
	0.00	0.00	
125.43	0.00	0.00	125.43

Gracias al acomodo de este programa se puede saber cuántos watts demanda cada circuito y por fase, como para este edificio solo hay una fase en todos los centros de carga de los departamentos, los watts demandados en la fase "A" serán también los watts totales.

Además de los watts demandados, con los resultados que brinda este cuadro de carga se puede conocer el consumo eléctrico que tiene el hogar y con esto se puede saber de cuánto sería el importe a pagar y si la compañía de electricidad nos está cobrando lo correcto.

Conociendo los consumos de cada aparato electrónico se puede saber qué equipo es el que más está consumiendo, cuál es el que se usa más y cuál es el que está generando los mayores gastos. Teniendo en cuenta esto se puede reducir el tiempo de uso de los aparatos con mayor consumo e identificar el que esté consumiendo más y si es posible cambiarlo por uno nuevo con ahorro de energía (principalmente refrigeradores).

En las tablas 9, 10 y 14 se muestra información complementaria acerca del centro de carga y todos los aspectos que son evaluados. En la tabla 9 además de información adicional del centro de carga se muestra la demanda en cada fase, la carga demandada de lo que sería el alumbrado y la carga demandada de los contactos y aparatos electrodomésticos que la suma de ambos resulta en la carga demandada total. Como solo hay una fase no existe desbalance entre fases.

Tabla 9. Cuadro de Carga (continuación).

Diagrama Unitario: RANCHO TOLLOCAN #13	Alimentado de: DEL INTERRUPTOR DE SEGURIDAD	Cargas y Fca:	4,116.65 W
Zapatas Principales:	Capa Interruptivo: 75 AMP	Alumbrado:	278.00 W
Voltaje: 230 L 127 V	Fases: 1	Hilos: 2#-12 AWG, 1#-10 AWG (PUENTE), 0; N 1#-8	
Fase A: 4388.65 W	Fase B: 00 W	Fase C: 00.00 W	
Factor de Demanda: 1	Corriente: 33.77 A	Carga Dem:	4,388.65 W
Catálogo:	Marca: SQUARE D	Desbalance:	N/A

La corriente del centro de carga se obtuvo de la siguiente manera:

Como solo hay 1 fase,

$$I = \frac{W_T}{V} \quad (3.1.2)$$

Donde:

$I$ : Corriente

$W_T$ : Watts totales o carga demandada

$V$ : Tensión o voltaje

Sustituyendo los valores en la ecuación (3.1.2):

$$I = \frac{4,288.65 [W]}{127 [V]}$$

$$I = 33.768 [A]$$

La tabla a continuación muestra cálculos para obtener la corriente demandada, impedancia, caída de tensión y el cálculo de protección para obtener un valor adecuado según la norma de la protección del interruptor de los circuitos del centro de carga.

Tabla 10. Cuadro de Carga (continuación).

SELECTOR DE FASES			TENSIÓN (V)	I <sub>nom</sub> (A)	FACTORES DE AJUSTE			I <sub>dem</sub> (A)	CALCULO DE PROTECCIÓN				IMPEDANCIA EN OHMS/m	LONG. (m) PROM.	CAIDA DE TENSION EN % (e)
					FACTOR DE DEMANDA	FACTOR DE AGRUPAMIENTO	FACTOR DE TEMPERATURA		FACTOR NOM.	ICALCULO PROT. (A)	VALOR DE PROT. SEGÚN NORMA (A)	AMPACIDAD REAL COND. (A)			
a	b	c													
X			127	2.88	1.00	0.80	1.00	2.88	1.25	3.60	15.00	20.00	0.0060028	5.60	0.15
X			127	30.89	1.00	0.80	1.00	30.89	1.25	38.61	40.00	20.00	0.0060028	5.30	1.55

El selector de fases simplemente indica en qué fase se encuentran los circuitos y la tensión es el voltaje del centro de carga.

Para la corriente nominal ( $I_{nom}$ ) de cada circuito, se substituye los valores de los watts totales de cada circuito en la ecuación 3.1.2 de la siguiente forma:

$$I_{nom} = \frac{W_T}{V}$$

Para el circuito (A-1):

$$I_{nom} = \frac{365.65 [W]}{127 [V]}$$

$$I_{nom} = 2.879 [A]$$

Para el circuito (A-2):

$$I_{nom} = \frac{3923 [W]}{127 [V]}$$

$$I_{nom} = 30.889 [A]$$

Los factores de ajuste son tomados de acuerdo a lo publicado en la norma NOM-001-SEDE-2012. La corriente demandada ( $I_{dem}$ ) se obtuvo de la siguiente ecuación:

$$I_{dem} = I_{nom} \times F_D \quad (3.1.3)$$

Donde:

$I_{dem}$  : Corriente demandada

$I_{nom}$  : Corriente nominal

$F_D$ : Factor de demanda

Para el circuito (A-1):

$$I_{dem} = 2.879 [A] \times 1.00$$

$$I_{dem} = 2.879 [A]$$

Para el circuito (A-2):

$$I_{dem} = 30.889 [A] \times 1.00$$

$$I_{dem} = 30.889 [A]$$

Para el cálculo de protección del interruptor se usa un factor nominal de 1.25 y para el cálculo para la protección de corriente ( $I_{prot}$ ) del interruptor se realizó lo siguiente:

$$I_{prot} = I_{dem} \times F_N \quad (3.1.4)$$

Donde:

$I_{prot}$ : Corriente del cálculo de protección

$I_{dem}$ : Corriente demandada

$F_N$ : Factor nominal

Para el circuito (A-1):

$$I_{prot} = 2.879 [A] \times 1.25$$

$$I_{prot} = 3.60 [A]$$

Para el circuito (A-2):

$$I_{prot} = 30.889 [A] \times 1.25$$

$$I_{prot} = 38.611 [A]$$

El valor de protección según la norma se obtuvo con la tabla del Valor normalizado de protecciones fijas (ver tabla completa en el anexo), este resultado se adquiere buscando el valor mayor inmediato normalizado para protecciones del resultado que de la corriente del cálculo de protección.

Sabiendo esto el circuito A-1 tiene una  $I_{prot} = 3.60 [A]$ , el valor mayor inmediato de protecciones que da la norma sería de 15 [A]. Ocurre lo mismo con el circuito A-2 su  $I_{prot} = 38.611 [A]$ , el valor mayor inmediato de protecciones sería de 40 [A].

Tabla 11. Valor normalizado de protecciones fijas (A).

0.001	15
15.00001	20
20.00001	25
25.00001	30
30.00001	40
40.00001	45

Para la ampacidad real en conductores, primero se toma el calibre del conductor en este caso es de 12 AWG. Con este valor se busca en la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012 (anexo) el valor que indique la tabla para conductores de cobre. En este caso para 12 AWG el valor que se encontró fue de 25.

Tabla 12. Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C.

AWG ó KCMIL	mm <sup>2</sup>	60	75	90	60	75	90	AWG ó KCMIL
		TW, CCE, TWD- UV	RHW, THHW, THW, THW- LS,THWN ,XHHW,T T,USE	MI, RHH, RHW- 2, THHW, THHW-LS, THW-2, XHHW, XHHW-2, USE-2 FEP, FEPB	UF	RHW , XHH W	RHW-2, XHHW, XHHW- 2, DRS	
		COBRE			ALUMINIO			
14	2.08	20.00	20.00	25.00	N/A	N/A	N/A	12
12	3.31	25.00	25.00	30.00	N/A	N/A	N/A	10
10	5.26	30.00	35.00	40.00	N/A	N/A	N/A	8

Ahora bien, teniendo este número se le multiplica por los factores de temperatura y de agrupamiento:

$$A_{Real} = V_{Tabla} \times F_T \times F_A \quad (3.1.5)$$

Donde:

$A_{Real}$ : Ampacidad real en conductores

$V_{Tabla}$ : Valor de tabla

$F_T$ : Factor de temperatura

$F_A$ : Factor de ajuste

$$A_{Real} = 25 \times 1.00 \times 0.8$$

$$A_{Real} = 20 [A]$$

La impedancia del circuito se obtuvo al buscar el calibre del conductor en la siguiente tabla (completa ver anexo).

Tabla 13. Tabla de impedancias para conductores con aislamiento THW, RHW y RHH en canalización metálica, para un solo conductor.

CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG/KCM	RESISTENCIA ELEC. (R <sub>0</sub> )		REACTANCIA INDUC. (X <sub>l</sub> )		COS $\phi$	SEN $\phi$	(R <sub>2</sub> )	(X <sub>2</sub> )	IMPEDANCIA (OHMS/METRO) Z= R1 COS $\phi$ + X1 SEN $\phi$
	OHMS/1000F T A 75°C	(OHMS/METRO) A 75°C	(OHMS/1000 FT)	(OHMS/METRO)			(OHMS/METRO) A 75°C R <sub>1</sub> COS $\phi$	(OHMS/METRO) A 75°C X <sub>1</sub> SEN $\phi$	
14	3.1000	0.010170603675	0.0730	0.000239501312	0.90	0.43589	0.009153543307	0.000104396202	<b>0.0092579</b>
12	2.0000	0.006561679790	0.0680	0.000223097113	0.90	0.43589	0.005905511811	0.000097245777	<b>0.0060028</b>
10	1.2000	0.003937007874	0.0630	0.000206692913	0.90	0.43589	0.003543307087	0.000090095352	<b>0.0036334</b>

El siguiente aspecto es la longitud promedio; esta se obtuvo midiendo la distancia entre el centro de carga y la lámpara o contacto más lejano de cada circuito. Para el circuito A-1 la longitud más grande es de 5.60 metros y para el circuito A-2 es de 5.30 m.

Para finalizar, la caída de tensión se obtuvo de la siguiente manera, siendo que los interruptores solo tienen un polo:

$$E = \frac{I_{dem} \times Long. \times Z \times 2 \times 100}{V} \quad (3.1.6)$$

Donde:

$E$ : Caída de tensión

$I_{dem}$ : Corriente demandada

$Long$ : Longitud promedio

$Z$ : Impedancia

$V$ : Tensión

Para el circuito A-1:

$$E = \frac{2.88 \times 5.60 \times 0.0060028 \times 2 \times 100}{127}$$

$$E = 0.15 \%$$

Para el circuito A-2:

$$E = \frac{30.89 \times 5.30 \times 0.0060028 \times 2 \times 100}{127}$$

$$E = 1.55 \%$$

En la tabla 14 se hizo un análisis para saber si la instalación eléctrica es la adecuada o si se necesita cambiar algo. Como el circuito 2 está sobrecargado con la mayor parte de los watts que se consumen se debe aumentar el calibre del conductor y cambiar la protección del interruptor para que exista un balance entre los dos circuitos y así evitar posibles riesgos y un mejor uso de la instalación eléctrica que puede generar un ahorro de energía.

Tabla 14. Cuadro de carga (continuación).

CALIBRE VS CORRIENTE DE DEMANDA: COMPARA EL CALIBRE DEL CONDUCTOR CONTRA LA CORRIENTE NOMINAL DEMANDADA, EN CASO DE ERROR EL CALIBRE DEBE SER MAYOR	PROTECCION VS CARGA: COMPARA EL VALOR DE PROTECCION DE NORMA DE ACUERDO A LA CORRIENTE NOMINAL DEMANDADA Y EL VALOR REAL DE PROTECCIÓN.	PROTECCION VS CALIBRE: VERIFICA QUE EL CONDUCTOR DESPUES DE AJUSTES TENGA LA AMPACIDAD ADECUADA CON RESPECTO AL VALOR DE PROTECCIÓN DE NORMA	CAIDA DE TENSION: VERIFICA QUE LA CAIDA DE TENSION NO SEA MAYOR A UN:  3.00 %
OK	CAMBIAR PROTECCION	OK	Ok
AUMENTAR CALIBRE CONDUCTOR	CAMBIAR PROTECCION	AUMENTAR CALIBRE CONDUCTOR	Ok

La información y resultados de las tablas 10 y 14 son análisis para determinar si la instalación eléctrica es la adecuada y para resolver requerimientos de carga y protección.



Estos resultados se toman como datos complementarios que ayudan a tener un mejor análisis.

Como se puede observar es un cuadro de carga muy completo con muchas observaciones, cálculos y resultados con los cuales se puede brindar una mejor propuesta o algún cambio que mejore la instalación o que nos permita ahorrar energía.

En el análisis energético se identificaron los posibles riesgos o fallas que tiene la instalación eléctrica. Al conocer los posibles riesgos se propone una mejor repartición y distribución de la carga en los circuitos, así como cambiar la protección y el calibre de los hilos de los circuitos del centro de carga, con esta propuesta se mejorará la instalación eléctrica generando una mejora en la calidad de energía de toda la instalación y con esto se libera de capacidad a las líneas, transformadores y dispositivos. Incrementando la vida útil de los equipos y sistemas.

### **3.2. Propuesta del Sistema Solar Térmico.**

Para esta propuesta lo primero que se hizo fue un programa de cálculo en el que se realizó un análisis energético del consumo de gas en una vivienda, para poder aproximar el gasto de gas que se tienen en un hogar. Junto con este procedimiento también se realizó una propuesta para usar un calentador solar térmico en el cual se calculó el ahorro energético y principalmente el ahorro económico para visualizar si es viable o no el cambio a este sistema de energía solar.

Para empezar esta propuesta, un aspecto muy importante es la ubicación del colector solar, (que ya se explicó en el capítulo anterior) pues es uno de los detalles más importantes del diseño del sistema que engloba el equipo solar. Los colectores se deben situar en o cerca del edificio, en la forma más atractiva, económica y efectiva. Se deben orientar en la dirección correcta, de manera que reciban la luz del sol durante la mayor parte del día, y deben estar inclinados al ángulo apropiado para que capturen el máximo de energía durante los meses en que más se necesita.

Las coordenadas geográficas del edificio en donde se hizo este análisis son las siguientes:

- Zona - Coapa
- Latitud - 19°19'00"N
- Longitud - 99°09'00"W.

El colector se debe de colocar en dirección al sur geográfico con una posible variación de no más de 15° hacia el este u oeste si así fuera necesario. Deberá tener un ángulo de inclinación del colector de 19° con respecto a la horizontal o con una mayor inclinación si fuera requerida más energía.

Ya entrando en el análisis, primero que nada se tomaron datos técnicos como las propiedades del gas LP, propiedades del agua y algunas características de cuando se usa la regadera como: las temperaturas (fría y caliente) y el gasto en un baño común. (Figura 42)

Después se tomaron los datos de los equipos a analizar en este caso el calentador de agua y la estufa doméstica, algunos de estos pueden ser: qué tipo de gas utilizan, eficiencia térmica, la capacidad del tanque, tipo de calentador, etc. (Figura 42). Otros equipos que se podrían tomar en cuenta en este análisis son algún tipo de equipo de calefacción, secadoras y equipos para calentar albercas pero en este caso solo se encontraron calentadores de agua y estufas.

Otros datos a tomar van específicamente ligados a las personas que viven en el hogar. Por ejemplo: cuántas personas viven en la vivienda, cuántas veces al mes y al día usan la regadera, cuánto se tardan en la regadera, cuántos días y cuántas horas utilizan la estufa doméstica, así como se muestra a continuación en la siguiente figura.

Figura 42. Datos usados para la propuesta solar térmica.

Datos del calentador:		
Marca:	Cal-o-Rex	
Tipo:	Almacenamiento	
Capacidad del tanque:	38	litros
Temperatura de corte:	70	° C
Eficiencia calentador:	77%	
Tipo de gas:	Gas LP	

PCI gas LP:	49,000	kJ/kg
Agua fría (T1):	19	°C
Cp del Agua:	4.186	kJ/kg °C
Densidad del agua:	1000	Kg/m3
	1	Kg/l

Regadera:		
Gasto de regadera:	18	l/min
Número de veces al día:	1	veces/día
Tiempo de uso regadera:	10	minutos
Temperatura agua caliente (T2):	35	°C
Personas en la vivienda:	2	

	Datos técnicos.
	Datos del equipo.
	Datos por usuario o vivienda.
	Cálculos o resultados obtenidos.

### ➤ CONSUMO DEL CALENTADOR DE AGUA DOMÉSTICO

Con estos datos se obtuvieron los litros de agua usada en la regadera en un día, el calor absorbido y la masa del combustible y así obtener un aproximado de cuanto gas se consume, por ejemplo:

Litros de agua por día ( $m_a$ ):

$$m_a = Q_r \times t_r \times N_r \times N_p \quad (3.2.1)$$

Donde:

$Q_r$ : Gasto de la regadera

$t_r$ : Tiempo de uso de la regadera  
 $N_r$ : Número de veces que se usa la regadera al día  
 $N_p$ : Número de personas.

Sustituyendo los datos en la ecuación (3.2.1):

$$m_a = 18 \left[ \frac{l}{min} \right] \times 10 [min] \times 1 \left[ \frac{veces}{día} \right] \times 2 [personas]$$

$$m_a = 360 \left[ \frac{l}{día} \right]$$

Por la densidad del agua para obtener  $m_a$  en términos de kg:

$$m_a = 360 \left[ \frac{l}{día} \right] \times 1 \left[ \frac{kg}{l} \right]$$

$$m_a = 360 \left[ \frac{kg}{día} \right]$$

Para el calor absorbido ( $Q_a$ ):

$$Q_a = m_a C_p \Delta T \tag{3.2.2}$$

Donde:

$m_a$ : Cantidad de agua usada al día  
 $C_p$ : Calor específico del agua [KJ/kg °C]  
 $\Delta T$ : Diferencia de temperaturas.

Sustituyendo los valores en la ecuación (3.2.2):

$$Q_a = 360 \left[ \frac{kg}{día} \right] 4.186 \left[ \frac{KJ}{kg°C} \right] (35 - 19)[°C]$$

$$Q_a = 24,111 \left[ \frac{KJ}{día} \right]$$

Para obtener la masa del combustible se realizó lo siguiente:

Calor de combustión ( $Q_c$ ):

$$Q_c = m_c \times PCI \tag{3.2.3}$$

Donde:

$m_c$ : Masa de combustible  
 PCI: Poder calorífico inferior del gas LP.

Como se desconocen dos variables de la ecuación (3.2.3), se utiliza la ecuación de rendimiento:

$$\eta = \frac{Q_{util}}{Q_{aportado}} \quad (3.2.4)$$

Siendo:

$\eta = \text{Rendimiento del calentador}$

$Q_{util} = Q_{absorbido}$

$Q_{aportado} = Q_{combustión}$

Se sustituyen estos en la ecuación (3.2.4):

$$\eta = \frac{Q_{absorbido}}{Q_{combustión}} \quad (3.2.5)$$

Sustituyendo las ecuaciones (3.2.2) y (3.2.3) en la ecuación (5):

$$\eta = \frac{m_a C_p \Delta T}{m_c \times PCI} \quad (3.2.6)$$

Despejando  $m_c$  de la ecuación anterior:

$$m_c = \frac{m_a C_p \Delta T}{\eta \times PCI} \quad (3.2.7)$$

Como ya se conoce todos los valores de la ecuación anterior, se sustituyen para obtener la masa del combustible:

$$m_{c1} = \frac{24,111 \left[ \frac{KJ}{día} \right]}{77\% \times 49,000 \left[ \frac{KJ}{kg} \right]}$$

$$m_{c1} = 0.639 \left[ \frac{kg}{día} \right]$$

Este valor por los días de uso al mes, que varía según en cada caso, para este caso se usó un estimado de 25:

$$m_{c1} = 15.976 \left[ \frac{kg}{mes} \right]$$

#### ➤ CONSUMO DE ESTUFA DOMÉSTICA:

Por otro lado, para obtener el consumo de la estufa doméstica se obtuvieron los siguientes datos y resultados:

Figura 43. Datos para obtener el consumo de una estufa doméstica.

<b>Datos de estufa:</b>		
Marca:	<b>MABE</b>	
Tipo:	<b>Estufa de gas</b>	
Tipo de gas:	<b>Gas LP</b>	
Eficiencia térmica:	<b>72%</b>	
<b>Gasto de gas en la estufa:</b>		
Capacidad térmica:	<b>8,840</b>	<b>kJ/h</b>
	<b>2,947</b>	<b>kJ/día</b>
Tiempo de uso de la estufa:	<b>0.33335</b>	<b>horas/día</b>
Días de uso:	<b>22</b>	

Los datos se obtuvieron de la placa de datos de la misma estufa. Como ya se tiene el dato de la capacidad térmica se multiplicó por las horas de uso para poder pasar a sustituir datos en la ecuación (3.2.7) para obtener la masa del combustible:

Para este caso se usa un aproximado de 20 minutos al día de uso de la estufa:

$$C = 8,840 \left[ \frac{KJ}{horas} \right] \times 0.33335 \left[ \frac{horas}{día} \right]$$

$$C = 2,947 \left[ \frac{KJ}{día} \right]$$

$$m_{c2} = \frac{2,947 \left[ \frac{KJ}{día} \right]}{72\% \times 47400 \left[ \frac{KJ}{kg} \right]}$$

$$m_{c2} = 0.0835 \left[ \frac{kg}{día} \right]$$

Usando la estufa un estimado de 22 días al mes:

$$m_{c2} = 1.8376 \left[ \frac{kg}{mes} \right]$$

➤ **CONSUMO DE ESTUFA Y GAS:**

Sumando el consumo de gas de la estufa doméstica y la regadera se obtuvo el consumo total del hogar:

Consumo total de gas LP ( $m_{cT}$ ):

$$m_{cT} = m_{c1} + m_{c2} \tag{3.2.8}$$

$$m_{cT} = 15.976 \left[ \frac{kg}{mes} \right] + 1.8376 \left[ \frac{kg}{mes} \right]$$

$$m_{cT} = 17.8138 \left[ \frac{kg}{mes} \right]$$

Ahora para saber cuánto es lo que cuesta el consumo total de gas LP que se acaba de obtener, se multiplica por el precio del gas en el Distrito Federal (ver anexo para tabla completa) es el siguiente:

Tabla 15. Precio del Gas LP en el Distrito Federal (2014).

No. Región	Estados que participan parcial o totalmente	IVA	Marzo \$/Kg	Marzo \$/Lt
92	Distrito Federal	16%	\$ 13.15	\$ 7.10

El pago mensual sería ( $P_m$ ):

$$P_m = m_{cT} \times \$/kg \quad (3.2.9)$$

$$P_m = 17.8138 \left[ \frac{kg}{mes} \right] \times 13.15 \left[ \frac{\$}{kg} \right]$$

$$P_m = \$ 234.2519 \text{ al mes}$$

Al año aproximadamente serían ( $P_a$ ):

$$P_a = \$ 2,811.0231 \text{ al año}$$

Con este análisis se tiene un aproximado de cuánto consumo de gas LP gasta un hogar al mes y al año y con estos valores hacer una propuesta de cuál colector solar es el adecuado para este consumo, cuánto dinero se puede ahorrar, si es viable o no el gasto de cambiar a un sistema solar térmico y en caso de que sea viable en cuántos años se paga el colector solar.

Para saber qué sistema solar térmico usar para estas propuestas se estuvieron revisando que tipo o clasificación de colector utilizar, llegando a la conclusión que los colectores planos y los colectores de tubos de vacío son las opciones más viables.

Los colectores planos, tanto los protegidos como los no protegidos son viables para utilizarlos, pero como los protegidos tienen una mejor eficiencia son más adecuados para este trabajo. Existen diferencias entre los colectores planos protegidos y los colectores de tubos de vacío algunas de estas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 16. Diferencias entre colectores planos y colectores de tubos de vacío.

 <p><i>Calentadores de colector plano</i></p>	 <p><i>Colectores de tubos de vacío directos</i></p>
Termo tanque con placa de acero de más de 2 mm. porcelanizado.	Termo tanque de cerca de 0.4 mm. porcelanizado.
Resiste presión de hasta 10 kg/cm <sup>2</sup> .	Baja presión de hasta .5 kg/cm <sup>2</sup> y en alta presión hasta 7 kg/cm <sup>2</sup> .
10 años de garantía y más de 20 años de vida útil.	5 años de garantía y 20 años de vida útil.
Productos hechos en México.	Principalmente hechos en China.
Resistentes a impactos.	No resisten impactos fuertes.
Provee agua caliente entre 55° y 70°C.	Provee agua caliente entre 60° y 90°C.
La cara expuesta al sol está cubierta por un vidrio muy fino, mientras que las cinco caras restantes son opacas y están aisladas térmicamente.	Tiene un mayor aislamiento (lo que lo hace especialmente indicado para climas muy fríos o de montaña).
Sencillo de armar, mantenimiento mínimo y refacciones comerciales.	Sencillo de armar, poco mantenimiento y refacciones importadas.
Puede dejarse al sol sin agua y no sufrir deterioro.	No se puede dejar expuesta al sol sin agua.
Permite pocos grados de variación con respecto a su inclinación ideal y esto hace que pierda cierto rendimiento.	Tiene más flexibilidad en su colocación ya que permite 20° sobre su inclinación ideal sin pérdida de rendimiento.
Tiene una menor absorción para aprovechar los rayos infrarrojos.	La forma cilíndrica de los tubos incrementa su habilidad para aprovechar la absorción de los rayos infrarrojos en ángulos de incidencia bajos.
Son los más utilizados por tener la relación costo-producción de calor más favorable.	Su uso va en aumento.

Es por esto que para la propuesta del sistema solar térmico, se eligieron estos dos tipos de calentadores solares. En específico para este caso se utilizó un colector solar plano protegido.

Para el caso analizado anteriormente en donde solo viven dos personas el colector solar que se eligió como mejor opción es de la marca IUSA modelo SCS11008. Este sistema está integrado por el colector solar, termotanque, estructura de soporte y un calentador que sirve de respaldo.

Características del colector solar IUSA Mod. SCS11008:

- Largo: 2000 mm, ancho: 1000 mm y espesor: 63.5 mm.
- Área de colección real 1.8m<sup>2</sup>.
- Temperatura de operación 60° C.
- Presión máxima de operación 10 kg/cm<sup>2</sup>.
- Cubierta de vidrio claro de 4 mm templado y/o policarbonato unicelular de 6 mm de espesor.
- Marco de aluminio de 0.96 mm en color aluminio anodizado.
- Tubería de enrejado y cabezales de tubería de cobre (tubos cabezal en 3/4" y tubos largos en 1/2").
- Aislante térmico, fibra de vidrio de 1".
- Fondo de lámina galvanizada de color negro mate de calibre 24.
- Aletas de cinta de cobre, con tratamiento de dióxido de titanio.

Figura 44. Colector solar IUSA MOD. SCS11008.



Este calentador solar IUSA, es un sistema de calentamiento solar para agua a base de recirculación natural (termosifón). El agua es enviada por medio de esta recirculación natural al termo tanque, el cual la mantendrá caliente durante todo el día y la noche y la distribuirá a la red hidráulica interna de la casa cuando se requiera. Funciona como un calentador de agua alternativo al calentador de gas tradicional y es efectivo al convertir la radiación solar en energía térmica para calentar el agua.

El sistema se interconecta recibiendo agua fría ya sea de tinaco, cisterna o equipo hidroneumático pasando por el calentador solar y conectándose al calentador



convencional existente. Puede operar hasta 10 kg/cm<sup>2</sup> y no requiere bombas o sistemas mecánicos. Genera ahorros mayores al 75% del consumo de gas.

Tabla 17. Especificaciones generales del calentador solar IUSA MOD. SCS11008.

<b>MODELO</b> IUSASOL SCS11008	<b>PESO DEL SISTEMA IUSASOL EN VACIO</b> 105 Kg	<b>PESO DEL SISTEMA IUSASOL EN LLENO</b> 290 Kg	<b>CAPACIDAD TERMO TANQUE</b> 158.9 LITROS	<b>AHORRO EN Kg DE GAS, MENSUAL CERTIFICADO</b> 25.92 Kg (92% más del mínimo requerido)
<b>CONSUMO MENSUAL DE GAS EN VIVIENDA VERDE TIPO</b> 30 Kg	<b>% DE AHORRO MENSUAL DE KGS.</b> 86%	<b>SERVICIOS</b> 1-2	<b>USUARIOS</b> 2-4	<b>PROMEDIO TEMPERATURA AGUA DENTRO DEL TERMOTANQUE</b> 40 A 65 °C
<b>RESPALDO CON CALENTADOR DE GAS</b> SI	<b>RECUPERACION DE LA INVERSION</b> MENOR A 3 AÑOS	<b>CERTIFICADO DIT PROVEEDOR AUTORIZADO PARA HIPOTECA VERDE ( ONNCCE, CONAE/CONUUE )</b> DIT /156/10		

Ahorros y ventajas de este calentador:

- Ahorro de consumo mínimo de 13.5 kg de gas al mes, ahorro certificado de hasta 25.92 kg al mes.
- Recuperación de la inversión menor a tres años.
- Más de 20 años de vida útil.
- Elimina el abastecimiento continuo de gas.
- Fácil instalación y operación.
- Al colocarse en azoteas, se optimizan las áreas muertas de su construcción.
- No requiere de ningún dispositivo para bombear el agua ni dispositivos eléctricos para calentarla.
- Beneficios substanciales en ahorro de gas.
- Proporcionan agua caliente segura y confiable durante las 24 horas del día.
- Alcanza temperaturas de entre 45°C a 65°C evitando el uso de válvula de alivio.
- Ahorro en mantenimiento y refacciones. Al no contar con partes eléctricas o mecánicas que sufran desgaste por uso.
- Cuenta con 10 años de garantía contra defectos de fabricación, de acuerdo a lo estipulado por el INFONAVIT.

Es difícil dar resultados exactos y puntuales sin que se analice el calentador una vez instalado y en funcionamiento ya que para cada caso podría tener un consumo y un ahorro diferente. Como no es posible realizar este estudio en base al equipo en funcionamiento debido a que no se cuenta con los recursos económicos y además de que no es el objetivo de este trabajo, se tomó como referencia los valores que el fabricante da como porcentajes de ahorro.

Tanto IUSA como otras marcas y empresas que se buscaron para realizar este análisis, dan como mínimo un porcentaje de ahorro mayor de 75% en el consumo de kg de gas y como máximo de un 90 al 100% en ahorros en el consumo energético garantizado, al igual en algunos casos hasta ofrecen un número exacto de kg de gas ahorrados. Estos ahorros o porcentajes pueden variar según el caso, dependiendo del consumo actual que se tenga, de los servicios que requieran gas y del número de personas que habita el hogar. Para obtener los resultados más completos que se puedan se hizo el análisis contemplando un 75 y 90% de ahorro en el consumo.

➤ CONSUMO FINAL DE GAS USANDO COLECTOR SOLAR:

Ya habiendo obtenido el consumo total de gas LP y su pago respectivo, los ahorros con un colector solar suponiendo un 75% y un 90% de ahorro, se muestran a continuación:

Figura 45. Datos del Calentador solar IUSA MOD. SCS11008.

AHORRO USANDO CALENTADOR SOLAR		
Datos de fabricante (IUSA):		
Capacidad del termo tanque:	150	litros
Promedio de agua dentro del termotanque:	40 a 65	°C
Ahorro en kg de gas mensual:	25.92	kg
Ahorro mínimo:	75%	
Ahorro estimado:	90%	
Precio del calentador solar IUSA:	\$9,200.00	Pesos

Se obtuvo el consumo final de gas LP ( $m_{cF}$ ) para los dos casos mencionados:

➤ Con un ahorro de 75%:

$$m_{cF} = 4.4535 \left[ \frac{kg}{mes} \right]$$

➤ Con un ahorro de 90%:

$$m_{cF} = 1.7814 \left[ \frac{kg}{mes} \right]$$

Para el pago mensual se utiliza la ecuación (3.2.9), pero ahora se sustituye el consumo final de gas LP usando el colector solar:

$$P_m = m_{cF} \times \$/kg$$

$$P_m = 4.4535 \left[ \frac{kg}{mes} \right] \times 13.15 \left[ \frac{\$}{kg} \right]$$

$$P_m = \$ 58.56 \text{ al mes}$$

$$P_a = \$ 702.68 \text{ al año}$$

$$P_m = 1.7814 \left[ \frac{kg}{mes} \right] \times 13.15 \left[ \frac{\$}{kg} \right]$$

$$P_m = \$ 23.42 \text{ al mes}$$

$$P_a = \$ 281.04 \text{ al año}$$

Los ahorros energéticos y económicos serían:

Ahorro energético: 160.325 kg al año

Ahorro energético: 192.389 kg al año

Ahorro económico: \$ 2,108.27 al año

Ahorro económico: \$ 2,529.92 al año

Conociendo el precio de este modelo de calentador solar, se estima que la inversión se recuperaría respectivamente en:

Recuperación de la inversión:

4.36 años

Recuperación de la inversión:

3.64 años

Dado los 10 años que se otorga de garantía y los 25 años (20 años mínimo) de vida útil que tiene el calentador solar, se concluye que es viable aplicar esta tecnología, que la inversión inicial se recupera de 3 a 4 años como el fabricante lo indica, que se tendría aproximadamente más de 15 años de ahorros energéticos y económicos, que es factible realizar la compra de este equipo y que aparte de recibir un beneficio económico también se beneficia al medio ambiente.

### **3.3. Propuesta del Sistema Solar Fotovoltaico.**

Los sistemas solares interconectados a la red eléctrica es la opción más viable para esta propuesta. Para sistemas interconectados, el acceso a la red eléctrica en México requiere una serie de permisos y contratos con la CFE. La CFE dará punto de conexión a la red eléctrica, pero en la práctica no existen aún gran número de sistemas interconectados. Los sistemas solares interconectados a la red producen o inyectan durante el día energía a la red, reduciendo o eliminando la energía tomada por la noche. Al final de cada día el medidor bidireccional contabiliza la energía producida por el sistema solar y la energía tomada o demandada, dando como resultado un ahorro en el pago mensual hasta de un 90-95%.

Para un sistema interconectado de paneles solares conviene usar celdas policristalinas, los paneles solares de tipo policristalino son los que producen más energía por metro cuadrado, siendo idóneos para aplicaciones residenciales.

Desde el 2007 la legislación mexicana permite a cualquier usuario residencial o comercial del sistema eléctrico nacional el generar su propia electricidad, mediante el uso de sistemas solares, interconectándose a la misma red eléctrica para intercambiar energía con ella. El límite es 10 KW para usuarios en tarifas residenciales, 30 KW en uso comercial y 500 KW en uso industrial, con lo cual se abre la posibilidad a cualquier ciudadano de contribuir con su generación, desde una fracción hasta la totalidad de su consumo eléctrico, pagando a CFE la fracción de energía no generada por el sol.

Ahora bien, la clasificación tarifaria eléctrica residencial de México (1 a 1F) se basa en la diferencia entre los valores de la temperatura promedio de verano en las ciudades, para la 1F es de al menos 33°C, mientras que en la 1 es menor a 25°C. Para el Distrito Federal la tarifa que se aplica es la 01.

La facturación del consumo eléctrico depende de cuantos KWh se consuman dentro del hogar teniendo tres conceptos diferentes de consumo y precio dentro de la tarifa 01. Si se llegara a pasar de los 500 KWh consumidos se aplica la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) la cual tiene un cargo fijo y el cargo por energía consumida. Estos conceptos se muestran a continuación junto con sus respectivos precios:

Tabla 18. Facturación de la Tarifa 01 (marzo 2014).

<b>Facturación del consumo eléctrico</b>		
<b>Concepto</b>	<b>KWh</b>	<b>Precio</b>
Básico	0-150	\$ 0.798
Intermedio	150-280	\$ 0.969
Excedente	280-500	\$ 2.835

Tabla 19. Facturación de la Tarifa DAC región central (marzo 2014).

<b>Facturación del consumo eléctrico</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Precio</b>
Cargo por energía consumida	\$ 3.809
Cargo fijo	\$ 79.25

A esta suma total se le adiciona un IVA del 16%, una diferencia por redondeo y en algunos casos un cargo por servicio común para obtener el importe total a pagar.

Para este análisis se utilizó parte de la información y resultados de la propuesta de ahorro de energía eléctrica, en especial los cuadros de carga y los planos eléctricos.

En el cuadro de cargo que se analizó anteriormente, se puede observar el consumo total que se obtuvo por medio de este estudio y las actividades que se realizaron, y fue de:

Consumo eléctrico mensual = 125.43 KWh.

Este consumo fue analizado para un mes, el recibo de la luz por parte de CFE es bimestral, por lo tanto el consumo resultante que se analizó sería de:

Consumo eléctrico bimestral = 251 KWh.

Precio a pagar: \$ 252

Gracias a que se proporcionó el recibo de luz para este caso, se obtuvieron los datos oficiales de consumo por parte de CFE. El consumo eléctrico y su costo fueron los siguientes:

Consumo eléctrico bimestral (CFE) = 261 KWh

Precio a pagar: \$ 264

Promedio diario del consumo eléctrico: 4.20 KWh

Promedio diario a pagar: \$ 4.25

Consumo eléctrico promedio de 11 bimestres (CFE) = 245 KWh

Precio promedio a pagar de 11 bimestres: \$ 234

El costo real que tiene producir este consumo es de: \$1,152.64, pero el gobierno otorga un subsidio a los consumidores finales de CFE y a mayor consumo de KWh menor es la aportación gubernamental.

Como se puede observar el consumo obtenido del análisis realizado y el consumo oficial por parte de CFE no se distancian mucho, de echo si se toma en cuenta que el recibo viene por 62 días, al restarle esos dos días, el consumo eléctrico sería de 252.6 KWh, comparado con los 250.86 KWh del trabajo se puede concluir que el análisis que se hizo fue realizado con éxito.

Ahora bien, sabiendo el consumo eléctrico, se pasó a elegir el equipo solar de paneles fotovoltaicos que fuera el ideal. Se buscó en varias empresas dedicadas a este tipo de tecnología, los equipos de paneles que se eligieron fueron de una empresa llamada Jinko Solar, y se realizó la siguiente propuesta.

Para esta propuesta se eligió el módulo policristalino JKM250P de la marca Jinko Solar, algunas de las razones por las que se eligió este equipo son sus características importantes y materiales que incluye, las cuales son las siguientes:

- Alta eficiencia de hasta un 15,27% gracias a la tecnología de fabricación y un diseño optimizado.
- Vida útil, un periodo superior a los 30 años.
- Recubrimiento antirreflejante que optimiza la absorción de la luz y reduce el polvo superficial.
- Viene con 2 micro-inversor de la marca Sparq.
- Excelente rendimiento en un entorno de baja irradiación lumínica.
- Cuenta con dos paneles solares de 250 W cada uno.
- Garantía de potencia (12 años al 90%, 25 años al 80%).
- Un área requerida aproximada de 5 m<sup>2</sup>.

- El módulo en conjunto cuenta con una elevada resistencia certificada al viento (2400 Pa) y a la nieve (5400 Pa).
- Alta resistencia a la niebla salina y al amoníaco.
- Estructuras de aluminio.
- Cable de uso rudo. El calibre podrá cambiar dependiendo de la capacidad del sistema fotovoltaico.
- Centro de carga.
- Tornillería de acero inoxidable.

Las características mecánicas de los paneles fotovoltaicos son:

- Tipo de célula: Policristalina 156×156mm.
- Nº de células: 60 (6×10).
- Dimensiones: 1650×992×40mm.
- Peso: 18,3kg.
- Vidrio frontal: 3,2 mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado.
- Estructura: Aleación de aluminio anodizado.
- Caja de conexión: Clase IP67.
- Cables de salida: TÜV 1×4 mm<sup>2</sup>, longitud: 1100 mm.

Tabla 20. Especificaciones generales del módulo fotovoltaico JKM250P.

<b>ESPECIFICACIONES</b>		
Tipo de módulo	JKM250P	
	STC	NOCT
Potencia nominal (P <sub>máx</sub> )	250Wp	184Wp
Tensión en el punto P <sub>máx</sub> -VMPP (V)	30.5V	28.0V
Corriente en el punto P <sub>máx</sub> -IMPP (A)	8.20A	6.56A
Tensión en circuito abierto-VOC (V)	37.7V	34.9V
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	8.85A	7.21A
Eficiencia del módulo (%)	15.27%	
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C~+85°C	
Tensión máxima del sistema	1000VDC (IEC)	
VALORES máximos recomendados de los fusibles	15A	
Tolerancia de potencia nominal (%)	0~+3%	
Coefficiente de temperatura de P <sub>MAX</sub>	-0.41%/°C	
Coefficiente de temperatura de VOC	-0.31%/°C	
Coefficiente de temperatura de ISC	0.06%/°C	
TEMPERATURA operacional nominal de célula	45±2°C	

Para la aplicación del recurso solar en los sistemas fotovoltaicos, se ha tomado por convención otra unidad para especificar el recurso solar. En un día claro un captador horizontal puede recibir una irradiancia directa aproximada de 1000 W/m<sup>2</sup> al medio día solar. Por lo anterior, se le ha llamado irradiancia-pico, al valor de 1000 W/m<sup>2</sup>.

Para obtener las horas de irradiación solar se necesita conocer la insolación global media del lugar en cuestión. La insolación solar del Distrito Federal se obtuvo gracias a mapas de irradiación global solar en la República Mexicana y a reportes de insolación de México (ver mapa y tabla completa en el anexo), el promedio de insolación en el Distrito Federal es el siguiente:

Tabla 21. Insolación Global Media de la República Mexicana (KWh/m<sup>2</sup>).

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Colima	Colima	4.4	5.1	5.3	5.8	6.0	5.2	4.9	5.0	4.6	4.4	4.4	3.9	3.9	6.0	4.9
D.F.	Tacubaya	5.4	6.0	6.4	5.9	5.3	5.1	4.5	4.9	4.5	4.8	5.2	5.2	4.5	6.4	5.4
Durango	Durango	4.4	5.4	6.5	7.0	7.5	6.8	6.0	5.6	5.7	5.1	4.8	3.9	3.9	7.5	5.7

Las horas en las que se puede aprovechar al máximo la energía proveniente del sol son llamadas horas-pico y se obtuvieron con los dos datos anteriores de la siguiente manera:

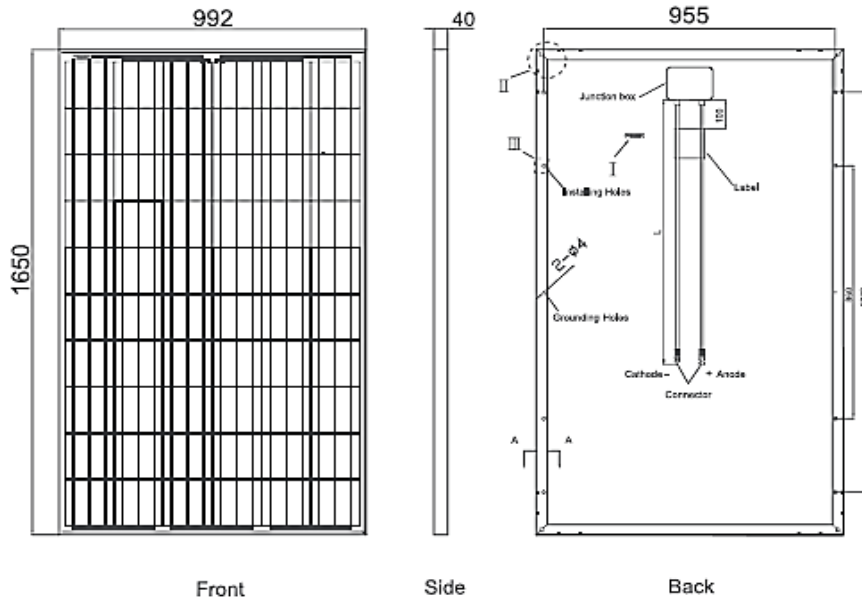
$$Horas_{pico} = \frac{Insolación\ Global\ Media}{Irradiancia_{pico}} \quad (3.3.1)$$

$$h_p = \frac{5,400 \left[ \frac{Wh}{m^2} \right]}{1,000 \left[ \frac{W}{m^2} \right]}$$

$$h_p = 5.4\ horas$$

Con las medidas del módulo de paneles fotovoltaicos elegido y su eficiencia, se obtiene la capacidad de watts para este equipo, las medidas son las siguientes:

Figura 46. Dimensiones del panel del módulo JKM50P.



Con las dimensiones se obtuvo el área del panel fotovoltaico:

$$A = 0.992 [m] \times 1.65 [m]$$

$$A = 1.6368 [m^2]$$

Con ésta área, la irradiancia-pico y la eficiencia de los paneles, se obtiene la capacidad del panel en watts o bien Watts-pico ( $W_p$ ):

$$W_p = A \times \% \times Irradiancia_{pico} \quad (3.3.2)$$

$$W_p = 1.6368 [m^2] \times 15.27\% \times 1,000 \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

$$W_p = 249.939 [W]$$

Como son dos paneles los que forman el módulo elegido, la capacidad del sistema sería de 500 [W]. Para obtener la producción estimada del sistema fotovoltaico se multiplica la capacidad del mismo por las horas-pico y los días que se quieran analizar, en este caso sería un bimestre (60 días), que es el tiempo que cobra CFE en su recibo, la producción estimada en KWh sería:

$$\text{Producción estimada} = W_p \times h_p \times días_{bimestre} \quad (3.3.3)$$

$$\text{Producción estimada} = 500 [W] \times 5.4 [h] \times 60 [días]$$

$$\text{Producción estimada} = 162 [KWh \text{ al bimestre}]$$

$$\text{Producción estimada al año} = 972 [KWh \text{ al año}]$$



Ahora bien, sabiendo el consumo promedio del hogar y la producción estimada del sistema fotovoltaico, se pudieron obtener los ahorros energéticos y económicos al usar paneles fotovoltaicos. El consumo aplicando esta tecnología solar sería el siguiente:

$$\text{Consumo final} = \text{Consumo eléctrico} - \text{Producción estimada} \quad (3.3.4)$$

$$\text{Consumo final} = 251 \text{ [KWh]} - 162 \text{ [KWh]}$$

$$\text{Consumo final} = 89 \text{ [KWh]}$$

$$\text{Consumo final al año} = 534 \text{ [KWh]}$$

El pago de electricidad sería del consumo que no termina de abastecer el módulo fotovoltaico, que ya sólo sería el 35.46% de lo que anteriormente se pagaba. Ahora el consumo quedaría únicamente con un precio básico de \$0.798 y el pago sería de:

$$\text{Pago usando FV} = \text{Consumo final} \times \text{Precio básico} \times \text{IVA} \quad (3.3.5)$$

$$\text{Pago usando FV} = 89 \text{ [KWh]} \times \$0.798$$

$$\text{Pago usando FV} = \$ 71.02 \text{ pesos}$$

Aplicándole el 16 % de IVA:

$$\text{Pago usando FV} = \$ 82.39 \text{ pesos}$$

$$\text{Pago usando FV al año} = \$ 494.31 \text{ pesos}$$

A continuación se muestra el ahorro usando este sistema FV:

$$\text{Ahorro usando FV} = \text{Precio del consumo} - \text{Pago usando FV} \quad (3.3.6)$$

$$\text{Ahorro usando FV} = \$ 252 - \$ 82$$

$$\text{Ahorro usando FV} = \$ 170 \text{ pesos}$$

$$\text{Ahorro usando FV al año} = \$ 1,020 \text{ pesos}$$

Suponiendo que el equipo cumpliera su vida útil mínima que ofrece la marca de 30 años, el ahorro sería de:

$$\text{Ahorro usando FV en 30 años} = \$30,600 \text{ pesos}$$

El costo que tiene el módulo JKM250P es de \$27,040 pesos, tomando en cuenta el ahorro que se tiene al año, se recuperaría la inversión inicial en 26.51 años, con un ahorro final de \$ 3,559.

Si se adiciona el medidor bidireccional a este sistema fotovoltaico, se pueden obtener diferentes resultados. Debe de quedar claro que este medidor no proporciona ningún ahorro energético, su principal beneficio es en lo económico. Teniendo esto claro, es complicado tener un dato o porcentaje del ahorro que proporciona ya que en cada caso

podría ser distinto, dependiendo del consumo del que se tenga en el hogar, de las horas en que se produzca más electricidad, de la producción de los paneles solares, etc. Pues bien, como ya se explicó su funcionamiento anteriormente, lo que hace este medidor es mandar toda la energía que está produciendo los paneles FV a la red de distribución de CFE, siempre y cuando no se esté demandando dentro del lugar en cuestión y cuando es así es redirigida al hogar mismo.

Ya que sólo se podría tener el dato preciso y concreto de cuanto se ahorra con el medidor bidireccional si este estuviera ya instalado y en funcionamiento (y no es el objetivo de este trabajo), se tomará el dato que se ha investigado en cuanto ahorros en el sector residencial, que se dice que es de 90 al 95%, aclarando que su uso es residencial, ya que en su mayoría en los hogares, durante el día que es cuando más produciría el módulo FV y es también cuando menos demanda hay en el hogar; al grado que por este motivo pueda llegar hasta un 100% de ahorro.

Lo que se trata de explicar aquí es que si se manda igual o más energía de la que se consume, el recibo vendría con una diferencia ya sea de cero o a nuestro favor. Con esto no quiere decir que CFE nos vaya a pagar el excedente que se mande a la red, el beneficio que se tendría es que ese excedente se puede utilizar en cualquier momento de los próximos 12 meses.

También es importante señalar que aunque el medidor bidireccional tenga una diferencia de cero o a nuestro favor, no quiere decir que el recibo de electricidad venga con un importe a pagar de \$0 pesos. La Comisión Federal de Electricidad tiene un mínimo mensual de 25 KWh los cuales se tienen que pagar aunque el consumo final resulte menor a esa cantidad.

Pasando al análisis con este medidor, los resultados son los siguientes:

Costo del medidor bidireccional = \$ 2,200 pesos

Ahorro económico con medidor bidireccional = 95%

Con un ahorro estimado del 95%, el pago sería sólo de \$ 13 pesos. Pero como el consumo mínimo que pide CFE es de 25 KWh el pago sería de:

Consumo mínimo bimestral = 50 [KWh]

Pago mínimo bimestral = \$ 46 pesos

Pago mínimo al año = \$ 278 pesos

Ahorro con medidor bidireccional al año = \$ 1,237 pesos

Contemplando el costo del módulo fotovoltaico más el costo del medidor bidireccional y el ahorro al año que se acaba de obtener, la inversión inicial se recuperaría en 23.65 años con un ahorro final de \$ 29,240.

Además de los ahorros energéticos y económicos que ya se analizaron y se presentaron, el uso de energía solar nos brinda grandes beneficios ambientales. Con este sistema FV tomando como base los 30 años que tiene de vida útil, evita que se emitan 18 toneladas de CO<sup>2</sup>. (La Unión Europea paga a 25 euros la tonelada).

Si bien en los dos casos (con y sin medidor bidireccional) se recupera la inversión antes de los 30 años y existe un ahorro, se considera que son muchos los años en que se tarda de pagar este módulo fotovoltaico. Se puede concluir que para este caso si llega a ser viable el uso de este sistema solar, pero no es tan conveniente ya que los sistemas que utilizan paneles FV son más rentables cuando se tienen pagos elevados de luz, pues los ahorros son bastante considerables.

Como datos adicionales importantes que se tienen que considerar para un futuro y auge de estos sistemas fotovoltaicos, los cuales se obtuvieron del Balance Nacional de Energía del 2012 de la Secretaría Nacional de Energía, son que el precio medio de la energía eléctrica al consumidor fue de 1.509 pesos por kilowatt-hora en el primer semestre del 2012, lo que representó un incremento de 4.4% respecto al mismo periodo del año anterior.

Además la relación precio-costo se elevó de 0.75 en el periodo enero-junio de 2011 a 0.80 en ese mismo lapso de 2012, lo que significa un incremento de 6.7%. Si bien estos dos aspectos incrementaron, el subsidio total que el Gobierno Federal otorgó a los consumidores finales de la CFE en el periodo enero-junio del 2012, vía tarifas eléctricas, se estimó en 47,309 millones de pesos, lo que representó una reducción de 5.6% respecto al subsidio del mismo periodo del año anterior, lo cual se refleja en el incremento de la relación precio-costo.

Este estudio considera que no habrá cambios significativos en el uso de la energía eléctrica, estilo de vida o número de ocupantes del domicilio donde se instalará el sistema en el tiempo que se analizó, aunque en un futuro puede ser ampliado el sistema fácilmente.

Asimismo, este análisis no considera el incremento del precio de la energía eléctrica, el cual aumenta mes con mes, tampoco se considera que al año el subsidio que otorga el gobierno disminuye considerablemente y esto conlleva a un incremento en la relación precio-costo. Aunado a esto los costos de tecnologías y aplicaciones de energía solar han ido disminuyendo año con año.

Si bien no son considerados estos datos reales en las propuestas analizadas, si se toman en cuenta y se consideran para tener claro que se avecina un futuro prometedor para este tipo de energía alterna que posiblemente sustituya a la convencional.

## **Capítulo 4. Análisis de Resultados.**

### **4.1. Análisis de las propuestas energéticas.**

En el capítulo anterior se describieron a detalle las propuestas y análisis que se realizaron en este trabajo para un caso particular. Estas mismas propuestas se realizaron para todos los demás casos (departamentos), describirlas paso a paso sería repetir el capítulo anterior con diferentes resultados, por lo que se mostraran sólo los resultados en este capítulo.

En el caso de la primera propuesta en donde se realiza el levantamiento eléctrico, lamentablemente no se pudo llevar a cabo como se hubiera deseado, ya que para realizarlo se necesita analizar, entre muchas otras cosas, las instalaciones eléctricas del domicilio (desde la acometida hasta los contactos del departamento, pasando por el centro de carga). La acometida es la misma para todos los casos y los centros de carga tienen la misma configuración, pero no se permitieron abrir los centros de carga ni los interruptores de seguridad, ni las instalaciones que están dentro del edificio, ya que se necesitaba permiso no sólo de la persona o familia que habita el lugar, sino también del dueño del departamento y del dueño del edificio.

A pesar de estos inconvenientes se recopilaron los datos necesarios para realizar los análisis y propuestas para utilizar energía solar térmica y fotovoltaica.

#### **4.1.1. Resultados de la Propuesta Solar Térmica en el Edificio.**

Ya explicada la propuesta que se realizó para utilizar energía solar térmica, aquí se muestran todos los resultados usando el mismo procedimiento para todos los casos, se utilizaron los mismos datos técnicos y se tomaron respectivamente datos de los equipos y de los usuarios para cada departamento. Para todos los casos se usó el precio de gas LP del mes de marzo del 2014 que es de \$13.15 el kilogramo.

El edificio analizado es de 5 pisos, ya incluida la planta baja y en cada piso hay 4 departamentos, los resultados de los 20 casos se muestran a continuación a manera de tablas:

Tabla 22. Resultados de la Propuesta Solar Térmica en el Edificio.

Depto.	# de habitantes	# de servicios	Consumo de gas LP mensual [Kg]	Pago mensual	Pago anual
001	2	2	19.092	\$ 251.059	\$ 3,012.707
002	2	2	17.814	\$ 234.252	\$ 2,811.023
003	1	2	11.423	\$ 150.212	\$ 1,802.549
004	4	3	36.346	\$ 477.954	\$ 5,735.444
101	-	-	-	-	-
102	3	3	28.678	\$ 377.112	\$ 4,525.339
103	3	3	30.595	\$ 402.322	\$ 4,827.865
104	4	2	33.790	\$ 444.339	\$ 5,332.076
201	3	2	24.843	\$ 326.691	\$ 3,920.286
202	4	3	37.624	\$ 494.761	\$ 5,937.128
203	2	2	17.175	\$ 225.848	\$2,710.181
204	-	-	-	-	-
301	-	-	-	-	-
302	3	2	25.802	\$ 339.296	\$ 4,071.550
303	4	2	35.068	\$ 461.147	\$ 5,533.760
304	5	3	48.169	\$ 633.417	\$ 7,601.023
401	-	-	-	-	-
402	2	3	21.009	\$ 276.269	\$ 3,315.234
403	3	2	26.761	\$ 351.901	\$ 4,222.813
404	-	-	-	-	-

Tabla 23. Resultados de la Propuesta Solar Térmica en el Edificio.

Depto.	Calentador Solar (Marca-Modelo)	Capacidad del Calentador Solar [L]	Área requerida [m <sup>2</sup> ]	Eficiencia de absorción solar [%]	Precio del Calentador Solar
001	IUSA- SCS11008	150	1.8	60	\$ 9,200
002	IUSA- SCS11008	150	1.8	60	\$ 9,200
003	IUSA-300764	150	1.8	60	\$ 8,070
004	CSB-HTS-58/1800-20	180	3.52	92	\$ 14,500
101	-	-	-	-	-
102	CSB-HTS-58/1800-16	160	2.88	92	\$ 11,800
103	CSB-HTS-58/1800-16	160	2.88	92	\$ 11,800
104	CSB-HTS-58/1800-20	180	3.52	92	\$ 14,500
201	CSB-HTS-58/1800-12	120	2.24	92	\$ 9,300
202	CSB-HTS-58/1800-20	180	3.52	92	\$ 14,500
203	IUSA- SCS11008	150	1.8	60	\$ 9,200
204	-	-	-	-	-
301	-	-	-	-	-

302	CSB-HTS-58/1800-12	120	2.24	92	\$ 9,300
303	CSB-HTS-58/1800-20	180	3.52	92	\$ 14,500
304	CSB-HTS-58/1800-25	250	4.3	92	\$ 17,900
401	-	-	-	-	-
402	IUSA- SCS11008	150	1.8	60	\$ 9,200
403	CSB-HTS-58/1800-12	120	2.24	92	\$ 9,300
404	-	-	-	-	-

Tabla 24. Resultados de la Propuesta Solar Térmica en el Edificio.

Depto	Pago anual con CS y ahorro del 75%	Ahorro energético anual (75%) [Kg]	Ahorro económico anual (75%)	Año en que recupera la inversión (75%)
001	\$ 753.177	171.827	\$ 2,259	4.07
002	\$ 702.756	160.325	\$ 2,108	4.36
003	\$ 450.651	102.810	\$ 1,352	5.97
004	\$ 1, 433.861	327.117	\$ 4,302	3.37
101	-	-	-	-
102	\$ 1,131.335	258.099	\$3,394	3.48
103	\$ 1,206.966	275.354	\$ 3,621	3.26
104	\$ 1,333.019	304.111	\$ 3,999	3.63
201	\$ 980.072	223.590	\$ 2,940	3.16
202	\$ 1,484.282	338.619	\$ 4,453	3.26
203	\$ 677.545	154.573	\$ 2,033	4.53
204	-	-	-	-
301	-	-	-	-
302	\$ 1,017.887	232.218	\$ 3,054	3.05
303	\$ 1,383.440	315.614	\$ 4,150	3.49
304	\$ 1,900.256	433.518	\$ 5,701	3.14
401	-	-	-	-
402	\$ 828.808	189.082	\$ 2,486	3.7
403	\$ 1,055.703	240.845	\$ 3,167	2.94
404	-	-	-	-

Tabla 25. Resultados de la Propuesta Solar Térmica en el Edificio.

<b>Depto</b>	<b>Pago anual con CS y ahorro del 90%</b>	<b>Ahorro energético anual (90%) [Kg]</b>	<b>Ahorro económico anual (90%)</b>	<b>Año en que se recupera la inversión (90%)</b>
001	\$ 301.271	206.193	\$ 2,711	3.39
002	\$ 281.102	192.389	\$ 2,530	3.64
003	\$ 180.260	123.372	\$ 1,622	4.97
004	\$ 573.544	392.544	\$ 5,162	2.81
101	-	-	-	-
102	\$ 452.534	309.719	\$ 4,073	2.9
103	\$ 482.787	330.424	\$ 4,345	2.72
104	\$ 533.208	364.933	\$ 4,799	3.02
201	\$ 392.029	268.309	\$ 3,528	2.64
202	\$ 593.713	406.343	\$ 5,343	2.71
203	\$ 271.018	185.488	\$ 2,439	3.77
204	-	-	-	-
301	-	-	-	-
302	\$ 407.155	278.661	\$ 3,664	2.54
303	\$ 553.376	378.736	\$ 4,980	2.91
304	\$ 760.102	520.222	\$ 6,841	2.62
401	-	-	-	-
402	\$ 331.523	226.898	\$ 2,984	3.08
403	\$ 422.281	289.014	\$ 3,800	2.45
404	-	-	-	-

Esos son los resultados conseguidos de todos los departamentos para esta propuesta. Todos los sistemas de colectores solares elegidos cuentan con 20 años de vida útil. La marca IUSA ofrece 10 años de garantía y CSB ofrece 5 años de garantía.

Si bien en algunos casos el calentador solar no pudiera satisfacer por completo los servicios o necesidades requeridas del hogar ya sea por un gran consumo o inconvenientes climáticas, se debe recordar que este equipo estaría conectado junto con el calentador tradicional con el que ya se cuenta para cuando este sea requerido.

Como se puede observar en los años en que se recupera la inversión no pasan de 5 años y en su mayoría se recupera entre los 2 y 3 años. Esto quiere decir que para todos los casos es viable usar este tipo de aplicación solar en los hogares con casi 15 años o más teniendo grandes ahorros económicos.

Este tipo de equipos solares son muy rentables a todo tipo de hogares debido a su relación costo-ganancia, a que se recupera la inversión en un lapso corto de tiempo, su



instalación es sencilla y sólo se necesita limpiarlos cada 6 o 12 meses como mantenimiento. Sin duda termina siendo viable energética y económicamente.

#### 4.1.2. Resultados de la Propuesta Solar Fotovoltaica en el Edificio.

Al igual que en el tema anterior, se siguió el mismo procedimiento que se explicó a detalle en el capítulo anterior pero ahora para la propuesta solar fotovoltaica y aquí se muestran los resultados para todos los departamentos analizados.

Como no se pudo realizar el levantamiento eléctrico, se les pidió a cada departamento su último recibo de CFE para tener un promedio de cada consumo eléctrico y así saber que módulo de paneles solares es el adecuado para sus necesidades y de ser así obtener los ahorros respectivos. Para todos los casos se usaron los precios del consumo eléctrico del mes de marzo del 2014. A continuación se muestran para cada departamento los resultados de las propuestas:

Tabla 26. Resultados de la Propuesta Solar Fotovoltaica en el Edificio.

Depto.	# de habitantes	Tarifa	Consumo eléctrico bimestral [KWh]	Pago mensual	Pago anual
001	2	01	268	\$ 271	\$ 1,629
002	2	01	251	\$ 252	\$ 1,514
003	1	01	124	\$ 115	\$ 689
004	4	01	661	\$ 1,538	\$ 9,228
101	-	-	-	-	-
102	3	01	402	\$ 686	\$ 4,117
103	3	01	458	\$ 870	\$ 5,222
104	4	DAC	511	\$ 2,350	\$ 14,099
201	3	01	322	\$ 423	\$ 2,539
202	4	DAC	559	\$ 2,562	\$ 15,371
203	2	01	199	\$ 194	\$ 1,164
204	-	-	-	-	-
301	-	-	-	-	-
302	3	01	345	\$ 499	\$ 2,992
303	4	DAC	523	\$ 2,403	\$ 14,417
304	5	DAC	624	\$ 2,849	\$ 17,094
401	-	-	-	-	-
402	2	01	297	\$ 341	\$ 2,045
403	3	01	379	\$ 611	\$ 3,663
404	-	-	-	-	-

Tabla 27. Resultados de la Propuesta Solar Fotovoltaica en el Edificio.

Depto.	Módulo solar FV (Marca-Modelo)	Capacidad del panel [W]	Producción del sistema FV [KWh]	Área requerida [m <sup>2</sup> ]	Eficiencia del módulo [%]	Precio del sistema FV
001	Jinko Solar-JKM250P	2 x 250	162	5	15.27	\$ 27,040
002	Jinko Solar-JKM250P	2 x 250	162	5	15.27	\$ 27,040
003	Solaris-1-STH-250	1 x 250	76	2.2	15.3	\$ 14,000
004	Suntech-STP245	5 x 245	335	12	15.4	\$ 61,799
101	-	-	-	-	-	-
102	Suntech-STP245	3 x 245	200	7	15.4	\$ 37,799
103	Suntech-STP245	3 x 245	200	7	15.4	\$ 37,799
104	Jinko Solar-JKM250P	5 x 250	369	13	15.27	\$ 71,147
201	Jinko Solar-JKM250P	2 x 250	162	5	15.27	\$ 27,040
202	Jinko Solar-JKM250P	5 x 250	369	13	15.27	\$ 71,147
203	Solaris-1-STH-250	1 x 250	76	2.2	15.3	\$ 14,000
204	-	-	-	-	-	-
301	-	-	-	-	-	-
302	Jinko Solar-JKM250P	2 x 250	162	5	15.27	\$ 27,040
303	Jinko Solar-JKM250P	5 x 250	369	13	15.27	\$ 71,147
304	Jinko Solar-JKM250P	5 x 250	369	13	15.27	\$ 71,147
401	-	-	-	-	-	-
402	Jinko Solar-JKM250P	2 x 250	162	5	15.27	\$ 27,040
403	Jinko Solar-JKM250P	2 x 250	162	5	15.27	\$ 27,040
404	-	-	-	-	-	-

Tabla 28. Resultados de la Propuesta Solar Fotovoltaica en el Edificio.

Depto.	Pago bimestral usando el sistema FV	Ahorro anual	Ahorro Final	Año en que se recupera la inversión
001	\$ 98	\$ 1,040	\$ 4,166	26
002	\$ 82	\$ 1,020	\$ 3,559	26.51
003	\$ 44	\$ 422	No hay ahorro	33.17
004	\$ 302	\$ 7,417	\$ 160,710	8.33
101	-	-	-	-
102	\$ 187	\$ 2,995	\$ 52,057	12.62
103	\$ 239	\$ 3,789	\$ 75,875	9.98
104	\$131	\$ 13,311	\$ 328,192	5.34
201	\$ 148	\$ 1,650	\$ 22,458	16.39
202	\$ 184	\$ 14,268	\$ 356,893	4.98
203	\$ 114	\$ 480	\$ 413	29.14
204	-	-	-	-
301	-	-	-	-
302	\$ 169	\$ 1,976	\$ 32,241	13.68
303	\$143	\$ 13,560	\$ 335,653	5.25
304	\$ 257	\$ 15,552	\$ 395,413	4.57
401	-	-	-	-
402	\$ 125	\$ 1,295	\$ 11,825	20.87
403	\$ 201	\$ 2,458	\$ 46,702	11
404	-	-	-	-

Tabla 29. Resultados de la Propuesta Solar Fotovoltaica en el Edificio.

Depto.	Precio del sist. FV con medidor bidireccional	Pago bimestral usando el sist. FV con medidor bidireccional o mínimo establecido	Ahorro anual	Ahorro Final	Año en que se recupera la inversión
001	\$ 29,240	\$ 46	\$ 1,351	\$ 11,296	21.64
002	\$ 29,240	\$ 46	\$ 1,237	\$ 7,857	23.65
003	\$ 16,200	\$ 46	\$ 411	No hay ahorro	39.4
004	\$ 63,999	\$ 77	\$ 8,766	\$ 198,988	7.3
101	-	-	-	-	-
102	\$ 39,999	\$ 69	\$ 3,705	\$ 71,163	10.79
103	\$ 39,999	\$ 87	\$ 4,700	\$ 100,997	8.51
104	\$ 73,347	\$ 118	\$ 13,394	\$ 328,473	5.47
201	\$ 29,240	\$ 46	\$ 2,261	\$ 38,587	12.93
202	\$ 73,347	\$ 128	\$ 14,602	\$ 364,725	5.02
203	\$ 16,200	\$46	\$ 886	\$ 10,376	18.29

204	-	-	-	-	-
301	-	-	-	-	-
302	\$ 29,240	\$ 50	\$ 2,693	\$ 51,555	10.86
303	\$ 73,347	\$ 120	\$ 13,696	\$ 337,536	5.35
304	\$ 73,347	\$ 142	\$ 16,239	\$ 413,823	4.52
401	-	-	-	-	-
402	\$ 29,240	\$ 46	\$ 1,768	\$ 23,788	16.54
403	\$ 29,240	\$ 61	\$ 3,297	\$ 69,669	8.87
404	-	-	-	-	-

Esos son los resultados conseguidos de todos los departamentos para la propuesta solar fotovoltaica. Todos los módulos fotovoltaicos elegidos cuentan con más de 30 años de vida útil. Todas las marcas usadas otorgan garantías de:

- 10 años de garantía en el producto
- Garantía de 12 años al 90% de potencia de salida y
- 25 años al 80% de potencia de salida.

Al igual que sucede en los calentadores solares, si el sistema solar fotovoltaico no pudiera satisfacer por completo el consumo eléctrico del hogar, estos sistemas cuentan con interconexión a la red de distribución por lo cual nunca se quedarían sin electricidad.

A diferencia de los resultados con calentadores solares, los sistemas solares FV tienen un precio más elevado por lo que tarda más en recuperarse la inversión. Para este tipo de aplicación solar es más difícil competir contra los precios tradicionales de la producción de energía eléctrica. En algunos casos se tarda muchos años en pagarse por completo el precio del sistema FV y llega a darse el caso en que no existe ningún ahorro y ni siquiera se llega a recuperar la inversión.

Aunque para algunos casos es viable aplicar esta tecnología y se recupere la inversión a los 20 años o más y se tenga casi 10 años de ahorro, se debe considerar que puede existir ciertos riesgos. Algunos de estos riesgos son: la irradiancia diaria cambia conforme la estación del año y las condiciones climáticas, la demanda de energía puede ser mayor de la que se manda a CFE, el ahorro económico pueda ser menor, la vida útil de los módulos disminuye si no se le da un adecuado mantenimiento y la potencia de salida puede disminuir con el tiempo.

Aun así hay muchos casos en que es totalmente viable acudir a estas aplicaciones solares teniendo grandes ahorros económicos hasta más de \$ 10,000 pesos al año por más de 15 años. Tomando en cuenta el ahorro más grande que se encontró en este edificio, su ahorro al año es de \$ 16,239 pesos habiendo pagado el costo del sistema FV a los 4 años y medio y teniendo un ahorro económico de \$ 413,823 pesos a los 30 años. A pesar que la

inversión es alta (\$ 73,347 pesos) y difícil de pagar de contado, teniendo en cuenta el ahorro de más de \$ 400,000 pesos a largo plazo, se debe de considerar seriamente en invertir pues no sólo es totalmente viable sino que también resulta ser un gran negocio.

La siguiente tabla muestra la cantidad de los hogares mexicanos con un volumen de consumo eléctrico dentro del rango DAC y dentro del rango excedente.

Tabla 30. Número de hogares con mayor potencial en la aplicación de sistemas FV.

<b>Tarifa</b>	<b>Cantidad de hogares en rango excedente y DAC</b>
1	3,735,698
1A	473,611
1B	483,987
1C	1,186,823
1D	217,895
1E	96,765
1F	863,778
DAC	511,472
<b>Total</b>	<b>6,214,806</b>

Fuente: Datos de CFE y del Sistema Sectorial de Información Energética (2010).

Una gran cantidad de hogares pudieran estar aprovechando la energía solar en México, pero no se le ha dado la importancia que debería tener. Analizando los dos casos más rentables para la aplicación de sistemas fotovoltaicos en el sector residencial, los hogares que pagan tarifa DAC tienen períodos de retorno entre 3 a 6 años. Sin embargo, existen complicaciones, es una cantidad menor comparada con la cantidad global de usuarios residenciales y dadas las normas mexicanas que otorgan subsidios eléctricos se podrían generar implicaciones negativas para el país, ya que si se dieran los cambios de tarifa DAC a 01 habría un gran incremento en los subsidios.

El caso más grande para la aplicación de sistemas fotovoltaicos se encuentra entonces en el rango alto de las tarifas 1-1F cuyo aprovechamiento tiene implicaciones positivas para los usuarios y para el país, pues si se diera el caso habría una reducción del monto destinado, por el Gobierno Federal, a subsidios eléctricos.

## **4.2. Costos, Beneficios y Desventajas.**

### **4.2.1. Costos.**

Los costos de generación e inversión para sistemas fotovoltaicos se encuentran en el rango de 3,500 a 6,000 USD/KW instalado. Para los sistemas térmicos (calentadores) los

costos se estiman en un rango de 2,000 a 4,000 USD/KW y de 10 a 25 cUSD/KWh. El costo de inversión para los colectores solares planos es de 242 USD/m<sup>2</sup> instalado.

Para impulsar el fomento a las energías renovables, se publicó el Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña Escala, (explicada más afondo en el anexo) el cual considera el esquema de medición neta. Con este contrato la instalación de un sistema FV permite la posibilidad de disminuir la energía mensual (KWh) que un hogar recibe de la red eléctrica de CFE, ya que se sustituiría cierta cantidad de KWh demandados a CFE con los KWh generados por el sistema fotovoltaico y por lo tanto disminuiría los subsidios.

En otras palabras, la cantidad de KWh facturados por CFE disminuyen debido a la energía (KWh) suministrada por el sistema FV. Resulta entonces que implementando un sistema FV es posible provocar un cambio en la tarifa (para el caso de usuarios DAC) o una disminución en el costo de KWh (del rango alto al básico) que paga un hogar por la electricidad que CFE le suministra. Esto dependerá, en gran medida de los costos de generación de energía.

No cabe duda que los dos casos principales para la aplicación de sistemas FV dentro de las tarifas residenciales son:

- Los usuarios con tarifas en rango alto o excedente y
- Usuarios en la tarifa DAC.

Para los usuarios con tarifas en rango alto o excedente el sistema FV genera la electricidad necesaria para que el hogar baje del rango alto al rango básico. La viabilidad financiera del sistema FV se da por la reducción en el precio por KWh (rango excedente a rango básico) que el hogar recibe de CFE.

Para usuarios en la tarifa DAC la aplicación de sistemas FV tiene una rentabilidad alta. El sistema FV genera la electricidad necesaria para que el hogar baje de la tarifa DAC a cualquier rango de la tarifa residencial 01. La viabilidad financiera del sistema FV se da, primero porque el costo de generación por KWh con el sistema fotovoltaico es menor que el precio por KWh de la tarifa DAC y segundo por la reducción en el precio por KWh (DAC a 01) que el hogar recibe de CFE. Además al entrar en los rangos de la tarifa 01 ya contaría con el subsidio otorgado por el gobierno.

Con base en lo anterior, los hogares potenciales con mayor beneficio de una aplicación FV son hogares con un volumen de consumo eléctrico alto, ya sea dentro del rango DAC con una tarifa promedio superior a los 3.8 MXN/KWh y dentro del rango excedente con una tarifa en el rango de 2.835 MXN/KWh. Dicho costo de energía para el usuario debe ser comparado contra el costo de generación de la energía por los sistemas fotovoltaicos (USD ¢17.8/KWh - MXN 2.3 \$/KWh) en dado caso que el costo de generación fotovoltaico sea menor al pagado a CFE, el uso de esta tecnología es rentable.

El impacto en los subsidios por la implementación y/o desarrollo de sistemas FV en los dos puntos principales en el sector residencial, se puede resumir de la siguiente manera:

-Para el caso de usuarios en la tarifa DAC, pasar de una tarifa doméstica de alto consumo a cualquier rango de la tarifa residencial 01, aumentaría el monto destinado de los subsidios otorgados por el Gobierno Federal.

-Para el caso de usuarios con tarifa en rango alto, pasar del rango alto al rango básico dentro de la misma tarifa residencial, reduciría el monto destinado a los subsidios otorgados por el Gobierno Federal.

Es cierto que el costo de los sistemas solares puede ser alto comparándolo con el costo tradicional, pero existen distintos métodos, ayudas, subsidios, préstamos, etc. que otorgan algunos bancos, el gobierno y las mismas empresas que venden estos equipos.

Los gastos que se hagan para el uso de las aplicaciones solares se deben considerar como una inversión ya que a largo plazo se obtienen muchos años con ventajas, ahorros y beneficios económicos, energéticos y ambientales.

#### **4.2.2. Beneficios.**

Existe una gran variedad de beneficios derivados del uso de la energía solar, como lo son:

➤ Beneficios económicos:

- Recurso gratuito.
- Largo periodo de vida de los colectores (más de 20 años).
- Largo periodo de vida de los módulos FV (más de 30 años).
- Ahorros económicos significativos.
- Tiempo de recuperación de la inversión relativamente corto.
- Venta de excedentes de electricidad a una compañía eléctrica.
- Precios accesibles de los calentadores solares.
- Aumento Constante en los precios de los combustibles.

➤ Beneficios energéticos:

- Recurso inagotable.
- Reemplazo de otras fuentes de energía agotables y contaminantes como combustibles fósiles o nucleares.
- Diversificación del portafolio energético del país.
- Ahorros en combustible hasta de un 70%.
- Minimizar el consumo de energía y maximizar la eficiencia de las fuentes renovables.

➤ Beneficios ambientales:

- Reducción hasta en un 50% de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- No contamina: No produce emisiones de CO<sup>2</sup> ni de otros gases contaminantes a la atmósfera.
- Es inagotable.
- Energía limpia e independiente.
- No consume combustibles.
- Certificaciones ambientales
- Cultura ambiental
- No genera residuos.
- No produce ruidos.

➤ Beneficios sociales:

- No existe una dependencia de los países productores de combustibles.
- Creación de empleo.
- Instalación en zonas rurales.
- Desarrollo tecnologías propias.
- Se utiliza en lugar de bajo consumo y en casas ubicadas en zonas rurales donde no llega la red eléctrica general.
- Tolera aumentar la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos.

➤ Otros beneficios:

- Fácil de instalar.
- Poco mantenimiento.
- Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.
- Tecnología confiable.
- Posicionamiento de imagen y calidad.
- Aplicación más segura en comparación con el gas (natural o LP).

➤ Ventajas fiscales al usar un equipo solar:

- El equipo solar es considerado anticontaminante y existen ventajas fiscales si los equipos solares tienen aplicaciones comerciales o industriales.
- La ley del impuesto sobre la renta considera esta inversión sujeta de una amortización acelerada en dos artículos:
  1. ARTICULO 44. Por cientos de deducción de activos fijos.
    - 100% para los siguientes bienes:
    - Equipo destinado a prevenir y controlar la contaminación ambiental en cumplimiento de las disposiciones legales respectivas.
  2. ARTÍCULO 294. Opción para deducción inmediata de inversiones de bienes nuevos de activo fijo.
    - 97% como equipo destinado a prevenir y controlar la contaminación ambiental en cumplimiento de las disposiciones legales respectivas.



- Recientemente hubo una Reforma al Código Financiero en el artículo 265 HG, donde se menciona que las empresas ubicadas en el Distrito Federal y que cuenten con equipo anticontaminante o de reciclado, podrán gozar de un descuento de hasta 50% en el impuesto sobre nómina y un 25% en el impuesto predial.
- Ante CFE del contrato Ley del ISR, artículo 40, fracción XII. Todos los contribuyentes que inviertan en maquinaria o equipo de energías renovables podrán deducir el 100% de la inversión en un solo ejercicio fiscal.

Otros beneficios o Iniciativas fiscales encontradas en el documento de la SENER “Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México” son:

- Iniciativa para modificar la Ley del Impuesto Sobre la Renta: Propone un nuevo estímulo fiscal que promueva la inversión y uso de ER para vivienda, que consiste en un crédito fiscal del 30% a la inversión en equipos para la generación de energía proveniente de ER.
- Proyecto de Ley Especial sobre Producción y Servicios: Propone establecer un impuesto especial del 0.5% a las enajenaciones o importaciones de energía eléctrica, y que los recursos recaudados se destinen al fomento de las ER en la generación de electricidad.
- Iniciativa para modificar la Ley Federal de Derechos: Pretende que los combustibles fósiles paguen un derecho en función del Bióxido de Carbono (CO<sup>2</sup>) liberado en su combustión, gravando su consumo, bajo el principio de que “el que contamina paga”. Para combustibles líquidos, propone derechos de 0.52¢ a 0.97¢ de peso por litro, y un mayor gravamen para los combustibles sólidos. Para el gas natural propone 19.7¢ de peso por millar de pies cúbicos. Los ingresos recaudados se destinarían a la promoción de las ER.
- Normas Oficiales Mexicanas (NOM):
  - (1) NOM para la protección al medio ambiente durante la construcción, explotación y abandono en el uso de energía eólica (fase de aprobación).
  - (2) NOM para determinar el rendimiento térmico y funcionalidad de calentadores solares (en vigor).
  - (3) NOM para calentadores solares, que tiene por objeto establecer los criterios para el aprovechamiento de la energía solar en establecimientos nuevos y remodelaciones en el D.F., que requieran agua caliente para actividades productivas, y establece que al menos 30% del consumo energético anual deberá provenir del sistema de calentamiento basado en el aprovechamiento de la energía solar (en vigor).
- Fideicomisos otorgados a uso de energías renovables:
  - INFONAVIT Hipoteca Verde

La Hipoteca Verde es un monto adicional al crédito INFONAVIT para que el derechohabiente pueda comprar una vivienda que cuente con eco-tecnologías que generen ahorros en el gasto familiar por la disminución en el consumo de energía eléctrica, agua o gas. Se debe cotizar en INFONAVIT y no haber usado nunca el fondo INFONAVIT, no importa la edad o el costo de la casa. Normalmente el cliente no desembolsa ni un centavo en esta modalidad, se usa el dinero que ha ahorrado durante su vida laboral para instalar de forma gratuita un equipo solar y sólo tener mínimo un año de continuidad laboral.

- FIDE

Desarrollar una cultura integral de ahorro y uso eficiente de energía eléctrica en la sociedad mexicana a través de la difusión, concientización y educación a todos los niveles, ofreciendo programas y proyectos de alta calidad e innovación, generando beneficios económicos, sociales y ambientales para el país. Lo que se requiere es estar en Tarifa DAC (Doméstica de Alto Consumo) al menos un año o Tarifas 2, 3, OM, HM. FIDE financia entre el 50 por ciento y 100 por ciento del proyecto aplicable a nivel residencial y comercial a cinco años con tasa preferencial.

- FIRCO

Ofrece apoyos de hasta el 49% de la inversión total a negocios interesados en la adquisición de equipos de energía renovable.

- CIBANCO y otros bancos.

A 12 meses sin intereses con tarjetas bancarias participantes.

Si bien México no tiene la obligación de reducir sus emisiones de carbono en base a lo dispuesto por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, puede vender las reducciones de emisiones que realice, a países que si tengan dicha obligación, empleando para tal efecto el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) establecido por el Protocolo de Kyoto. La venta de estas reducciones a través del MDL genera un valor económico adicional para proyectos de energías renovables y ahorro de energía y cogeneración.

Sería poco racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que nos puede liberar definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o, simplemente, agotables.

### **4.2.3. Desventajas.**

El que no se haya logrado aprovechar a cabalidad el potencial de calentamiento de energía solar en México se debe a la existencia de un conjunto de barreras que inhiben su compra e instalación por los posibles usuarios. Entre estas barreras resaltan:

- Alto costo inicial de los equipos.
  - Altas tasas de interés y limitado acceso al financiamiento para la adquisición de equipos solares a tasas preferenciales.
  - Poca tecnología desarrollada comparada con las energías actualmente usadas.
  - Mercado poco competitivo.
  - Falta o limitada oferta de financiamiento bajo condiciones competitivas.
  - Su rendimiento varía en función de agentes externos.
  - Desconfianza de los posibles usuarios y/o compradores en la tecnología.
  - Existencia muy limitada de técnicos capacitados para instalar y/o reparar los sistemas.
- *Barreras en el desarrollo de las energías renovables en México*
    - **Institucionales:** La planeación energética del país está basada en metodologías que evalúan sólo el costo económico de corto plazo de la generación de energía. La falta de valoración de los beneficios que las energías renovables aportan a la economía nacional, tales como la estabilidad de precios de la energía en largo plazo, y la reducción de riesgos en el abasto energético, aunado al hecho de contar con importantes recursos energéticos fósiles nacionales, hace que las políticas y perspectivas energéticas nacionales sigan basándose en combustibles fósiles.
    - **Legales y Regulatorios:** Existen limitaciones constitucionales y legales a la participación privada en el Sector Energía. Para el caso específico de la generación de energía eléctrica, La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) solamente permite la generación a particulares, a través de permisos, para casos específicos, que podrán incluir transmisión, transformación y entrega de la energía eléctrica a los respectivos beneficiarios. Si bien, estas modalidades permiten la participación de particulares en la generación y transmisión de energía eléctrica, obliga a las empresas públicas de electricidad a adquirirla al menor costo económico de corto plazo. Bajo este enfoque, la generación eléctrica a través de ER resulta más costosa, comparado con fuentes fósiles convencionales, por lo que se requieren mecanismos que permitan fomentarlas, similares a los que se han implementado en los países donde su participación es relevante.
    - **Económicos/Financieros:** Dado que la planeación energética está basada en la evaluación tecnológica de generación de menor costo económico de corto plazo y que la CFE está obligada por ley a adquirir la electricidad de terceros a este costo, es necesario establecer incentivos económicos y fiscales, así como mecanismos financieros que permitan a las ER ser competitivas frente a las fuentes convencionales. Los esquemas de financiamiento en México han sido insuficientes para el fomento de las energías renovables, por lo que es necesario impulsar este tipo de mecanismos.

En México el uso de energía solar es aún incipiente, los costos y la falta de programas agresivos de gobierno con subsidios para la producción de energía fotovoltaica, hacen que estas inversiones aún presenten tiempos prolongados de recuperación.

## **Capítulo 5. Conclusiones.**

### **5.1. Conclusiones:**

El consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de un país. El concepto de crisis energética aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastece la sociedad se agotan y se está muy cerca de que pueda pasar este acontecimiento que sería desastroso en nuestra actual forma de vida basada en el consumo de energía fósil no renovable y contaminante.

Hoy en día nos encontramos en lo que podría ser una crisis energética, que todavía no impacta del todo, ni se sienten sus repercusiones pero que en algún momento se detonará por completo si se sigue utilizando de manera irresponsable los recursos naturales y energéticos con los que cuenta este planeta.

Es indiscutible que las fuentes de energía que actualmente se utilizan, se han convertido en algo realmente indispensable en la vida cotidiana y no se pueden dejar de usarlas de un día a otro y es por eso que hay que concientizarse que las energías alternativas se deben de convertir de algo lejano utilizado por pocos a ser la respuesta y solución de los problemas energéticos que actualmente nos aquejan.

El fomento de las energías alternativas conlleva múltiples beneficios: por un lado, reduce la emisión de gases de efecto invernadero y, por el otro, ayuda a la transformación de la generación de energía, con un impacto positivo en muchos aspectos tanto energéticos como económicos.

Además de estos aspectos importantes a tomar en cuenta, a nivel mundial, la producción, oferta y demanda de energías renovables han ido aumentando año con año. Estos aspectos representan un mayor desarrollo y tecnología renovable en producción y servicios lo que genera una mayor competitividad y una reducción en los costos de inversión, operación y mantenimiento derivados de mejoras tecnológicas continuas.

Las acciones de eficiencia en el uso de la energía, además de contribuir a la contención de los gases efecto invernadero, apoyan las metas de crecimiento y competitividad del país. Es decir, se trata de acciones que se traducen en beneficios directos para la sociedad. En este contexto, es necesario incorporar elementos de eficiencia energética que permitan el crecimiento económico, disminuyan la pérdida de energía a lo largo de la cadena productiva, y permitan a los consumidores de energía optar por las alternativas de servicios energéticos con mayor eficiencia y menor impacto ambiental.

Es por eso que la energía solar resulta muy importante y por eso se decidió realizar este trabajo. Es difícil de entender que siendo uno de los primeros 5 países en donde más se podría aprovechar esta energía no se esté realizando nada al respecto.

Si bien el propósito de este trabajo es brindar resultados claros del uso de las aplicaciones de la energía solar, es difícil dar resultados exactos cuando se estiman o se toman los porcentajes de ahorro que el fabricante proporciona. La mejor opción para brindar los resultados sería analizar el equipo o sistema solar una vez instalado y en funcionamiento ya que para cada caso puede tener diferentes resultados. Aun así se trató de analizar y explicar de la manera más clara y precisa las propuestas que se llevaron a cabo para identificar los casos en que fuera viable la utilización de energía solar térmica y fotovoltaica, tratando de mostrar todos los resultados, ahorros y gastos posibles para llegar a tomar la mejor decisión.

Estas propuestas y análisis que se realizaron en este trabajo, se están buscando llevar hacia un plano laboral. No sólo es un trabajo de tesis sino que también se buscará arrancar un negocio proporcionando los servicios que en este trabajo se explicaron, además de algunos otros relacionados con ahorro de energía y brindar soluciones y alternativas energéticas.

Los subsidios eléctricos representan una de las limitantes principales para el aprovechamiento del potencial económicamente rentable en el sector residencial mexicano.

Es preciso señalar que existen otros problemas que se deben afrontar y superar. Aparte de las dificultades que una política energética solar avanzada conllevaría por sí misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones. Por ejemplo, un gran problema de la energía solar es que el tiempo de exposición en invierno es menor y es precisamente en invierno cuando más se suele necesitar o existe una mayor demanda de energía eléctrica y calorífica. Otro gran problema a señalar y tal vez el más grande de todos es que a pesar de que cada año se han reducido sus costos, la inversión inicial sigue siendo elevada (sobre todo en paneles fotovoltaicos) y la verdad si es difícil costear la inversión aun sabiendo los ahorros que resulta.

Sin embargo, todos estos resultados dependerán en gran medida del momento en que los costos de los sistemas FV en México hayan alcanzado el nivel que los haga competitivos considerando las tarifas eléctricas y su estructura, así como de la existencia de mecanismos adecuados con condiciones financieras que se acoplen a la tecnología y que incentiven el mercado nacional para alcanzar economías de escala. Del 2009 a la fecha el costo de la tecnología fotovoltaica en el país ha disminuido aproximadamente 57%, con lo cual las condiciones del mercado nacional se han acercado al punto de equilibrio, e incluso en lugares puntuales dicho equilibrio ya se ha alcanzado.

Es trascendental encontrar el equilibrio entre seguridad energética, impacto ambiental y economía. Es la clave de la política energética futura. Es preciso evolucionar hacia otro modelo energético que permita mantener nuestro estado de bienestar de una forma más responsable y respetuosa con el medio ambiente.

Desde hace ya unos cuarenta años las energías renovables se han considerado una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura garantizada, como por su menor impacto ambiental por ser energías limpias. Actualmente muchas de estas energías como la solar se deben de convertir en una realidad, y no una alternativa.

## **5.2. Recomendaciones y Prospectos futuros.**

En el caso de las edificaciones nuevas, es importante desarrollar, adecuar y aplicar normas y estándares que fomenten un mayor aprovechamiento de la energía. En este sentido, es necesario establecer incentivos apropiados para mejorar el aislamiento térmico, hacer más eficientes los equipos de alto consumo y aplicar tecnología renovable en estas edificaciones.

Como recomendación se podría y debería realizar todas estas propuestas de uso de energía solar a edificios nuevos. Sería mucho más sencillo que ya se construyeran con estas especificaciones, propuestas de ahorro de energía y sistemas de uso de energía solar, que aplicarlas a un edificio ya habitado. Esto es porque aplicarlas a edificios que ya tienen inquilinos es muy difícil conseguir que las personas implementen estos sistemas, aún dándoles todos los resultados, pues la inversión inicial si resulta muy cara y muchos no están dispuestos a pagar tanto en un inicio aun sabiendo que en unos años estarían pagando mucho menos.

Otro problema para implementar estos sistemas solares es el espacio que se puede ocupar. Para este edificio si se pueden instalar estos equipos en el techo, pero es lógico que si todos los departamentos quisieran utilizar estos equipos no habría suficiente espacio. Para solucionar este problema se puede utilizar todo el espacio posible que se pueda en el techo, colocar los paneles fotovoltaicos en las paredes orientados hacia el sur geográfico (aunque no es recomendable ya que ni el edificio ni los paneles fueron diseñados para este fin) o mandar a hacer un techo en el área de estacionamiento donde también se podrían colocar estos equipos. Obviamente esto implicaría más gastos y posiblemente un menor rango de absorción de energía. Otra forma de resolverlo es aprovechando la simultaneidad que pueden brindar algunos sistemas solares para abastecer a todos los departamentos posibles con equipos con mayor capacidad, mayor rendimiento, con una menor área requerida y un costo dividido entre todos. Esto también tendría complicaciones ya que cada departamento consume distinto al otro y habría problemas en cuanto a quien pagaría más o pagaría menos. La solución más viable para

estos problemas es la misma que se mencionó en el párrafo anterior, construir desde un principio el edificio con las especificaciones necesarias en cuanto a construcción, orientación y espacio para satisfacer las necesidades de energía eléctrica y térmica por medio de energía solar.

Otra recomendación es que además de utilizar las aplicaciones y sistemas de energía solar analizados, se puedan hacer edificios que utilicen esta energía del sol de manera pasiva; esto quiere decir que se construyan edificios orientados a la posición del sol donde se aproveche la mayor cantidad de luz solar y así reducir el uso de luz eléctrica. También considerar un acondicionamiento del aire óptimo, esto sirve para no tener que usar o instalar equipos de aire acondicionado y de calefacción (ya que estos son los equipos que más pueden gastar y consumir en una instalación), puesto que con una buena arquitectura e ingeniería el sol y el viento pueden brindar esas necesidades.

Además, dependiendo de la altura, de la zona geográfica y del tamaño del edificio, se podrían implementar equipos de turbinas para aprovechar la energía eólica que también existe un gran potencial en México.

Existen muchos prospectos alentadores en un futuro cercano para las energías renovables y la energía solar. Para esto la consolidación de los mercados para sistemas FV, será posible mediante el diseño de diferentes estrategias, que tendrán que ser implementadas, tanto de forma obligatoria como voluntaria, a través de diferentes mecanismos de fomento impulsados por diversos actores (gobierno federal, estatal, municipal, empresas suministradoras de electricidad, instituciones financieras, etc.), para tener como finalidad remover las barreras existentes y así aumentar la penetración de estos sistemas en el mercado y por consecuencia la capacidad instalada.

El sector energético en México es un factor clave que incide estratégicamente en el desarrollo económico, productivo y social del país y por lo tanto es trascendental para la economía mexicana que se tengan metas acertadas sobre su futuro en el mediano y largo plazo. Se debe de contar con los recursos necesarios para explotar la energía solar en México, se necesita contar con una reforma que contemple todos estos aspectos.

Según un estudio publicado en 2007 por el World Energy Council, para el año 2100 el 70% de la energía consumida será de origen solar. Según informes de Greenpeace, la energía solar fotovoltaica podrá suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030.

La SENER a través de la Estrategia Nacional de Energía 2012-2026, establece que la generación eléctrica a partir de energías limpias debe alcanzar una participación de 35% de la generación total en 2026. Sin embargo, los costos de generación de estas tecnologías aún resultan elevados en comparación con otras fuentes de energía.



Tomando en consideración los saltos tecnológicos dentro de los módulos FV, las mejoras en otros componentes (inversores) o procesos (instalación); se puede concluir que para el año 2017 los costos de inversión de los sistemas FV se reducirán por lo menos un 30%.

Gracias a La Secretaría de Energía y a la Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026, se tiene propuesto impulsar el uso de tecnologías como la eólica, la solar, la hidroeléctrica, la geotermia, la mareomotriz y la biomasa, entre otras, así como dar a conocer el potencial energético de nuestro país proveniente de recursos naturales.

## Anexos.

### A. Tablas.

#### A-1. Valor normalizado de protecciones fijas (A).

<b>VALOR NORMALIZADO DE PROTECCIONES FIJAS (A)</b>	
0.001	15
15.00001	20
20.00001	25
25.00001	30
30.00001	40
40.00001	45
45.00001	50
50.00001	60
60.00001	70
70.00001	80
80.00001	90
90.00001	100
100.0001	125
125.00001	150
150.00001	175
175.00001	200
200.00001	225
225.00001	250
250.00001	300
300.00001	350
350.00001	400
400.00001	450
450.00001	500
500.00001	600
600.00001	700
700.00001	800
800.00001	1000
1000.00001	1200
1200.00001	1600
1600.00001	2000
2000.00001	2500
2500.0001	3000
3000.0001	4000
4000.0001	5000
5000.0001	6000
6000.0001	N/A

**A-2. Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C.**

TABLA 310-16									
AWG ó KCMIL	mm2	-	60	75	90	60	75	90	AWG ó KCMIL
		MODIFICA DA PARA BUSQUED A	TW, CCE, TWD- UV	RHW, THHW, THW, THW- LS, THWN, XHHW, TT, USE	MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW- LS, THW-2, XHHW, XHHW- 2, USE- 2 FEP, FEPB	UF	RHW, XHHW	RHW-2, XHHW, XHHW- 2, DRS	
		-	COBRE			ALUMINIO			
18	0.824	N/A	N/A	N/A	14	N/A	N/A	N/A	16
16	1.31	N/A	N/A	N/A	18	N/A	N/A	N/A	14
14	2.08	20.00	20.00	20.00	25.00	N/A	N/A	N/A	12
12	3.31	25.00	25.00	25.00	30.00	N/A	N/A	N/A	10
10	5.26	30.00	30.00	35.00	40.00	N/A	N/A	N/A	8
8	8.37	40.00	40.00	50.00	55.00	N/A	N/A	N/A	6
6	13.30	55.00	55.00	65.00	75.00	-	50.00	60.00	4
4	21.20	70.00	70.00	85.00	95.00	-	65.00	75.00	3
3	26.70	85.00	85.00	100.00	110.00	-	75.00	85.00	2
2	33.60	95.00	95.00	115.00	130.00	-	90.00	100.00	1
1	42.40	110.00	110.00	130.00	150.00	-	100.00	115.00	1/0
1/0	53.50	150.00	125.00	150.00	170.00	-	120.00	135.00	2/0
2/0	67.40	175.00	145.00	175.00	195.00	-	135.00	150.00	3/0
3/0	85.00	200.00	165.00	200.00	225.00	-	155.00	175.00	4/0
4/0	107.00	230.00	195.00	230.00	260.00	-	180.00	205.00	250
250	127.00	255.00	215.00	255.00	290.00	-	205.00	230.00	300
300	152.00	285.00	240.00	285.00	320.00	-	230.00	255.00	350
350	177.00	310.00	260.00	310.00	350.00	-	250.00	280.00	400
400	203.00	335.00	280.00	335.00	380.00	-	270.00	305.00	500
500	253.00	380.00	320.00	380.00	430.00	-	310.00	350.00	600
600	304.00	420.00	355.00	420.00	475.00	-	340.00	385.00	700
700	355.00	460.00	385.00	460.00	520.00	-	375.00	420.00	750
750	380.00	475.00	400.00	475.00	535.00	-	385.00	435.00	800
800	405.00	490.00	410.00	490.00	555.00	-	395.00	450.00	900
900	456.00	520.00	435.00	520.00	585.00	-	425.00	480.00	1000
1000	507.00	545.00	455.00	545.00	615.00	-	445.00	500.00	1250
1250	633.00	590.00	495.00	590.00	665.00	-	485.00	545.00	1500
1500	760.00	625.00	520.00	625.00	705.00	-	520.00	585.00	1750
1750	887.00	650.00	545.00	650.00	735.00	-	545.00	615.00	2000
2000	1010.00	665.00	560.00	665.00	750.00	-	560.00	630.00	-

**A-3. Tabla de impedancias para conductores con aislamiento THW, RHW y RHH en canalización metálica, para un solo conductor.**

CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG/KCM	RESISTENCIA ELEC. (R <sub>0</sub> )		REACTANCIA INDUC. (X <sub>1</sub> )		COS $\phi$	SEN $\phi$	(R <sub>2</sub> ) (OHMS/METRO) A 75°C R <sub>1</sub> COS $\phi$	(X <sub>2</sub> ) (OHMS/METRO) A 75°C X <sub>1</sub> SEN $\phi$	IMPEDANCIA (OHMS/METRO) Z= R <sub>1</sub> COS $\phi$ + X <sub>1</sub> SEN $\phi$
	OHMS/1000 FT A 75°C	(OHMS/METRO) A 75°C	(OHMS/1000 FT)	(OHMS/METRO)					
14	3.1000	0.010170603675	0.0730	0.000239501312	0.90	0.43589	0.009153543307	0.000104396202	0.0092579
12	2.0000	0.006561679790	0.0680	0.000223097113	0.90	0.43589	0.005905511811	0.000097245777	0.0060028
10	1.2000	0.003937007874	0.0630	0.000206692913	0.90	0.43589	0.003543307087	0.000090095352	0.0036334
8	0.7800	0.002559055118	0.0650	0.000213254593	0.90	0.43589	0.002303149606	0.000092955522	0.0023961
6	0.4900	0.001607611549	0.0640	0.000209973753	0.90	0.43589	0.001446850394	0.000091525437	0.0015384
4	0.3100	0.001017060367	0.0600	0.000196850394	0.90	0.43589	0.000915354331	0.000085805097	0.0010012
3	0.2500	0.000820209974	0.0590	0.000193569554	0.90	0.43589	0.000738188976	0.000084375012	0.0008226
2	0.2000	0.000656167979	0.0570	0.000187007874	0.90	0.43589	0.000590551181	0.000081514842	0.0006721
1	0.1600	0.000524934383	0.0570	0.000187007874	0.90	0.43589	0.000472440945	0.000081514842	0.0005540
1/0	0.1300	0.000426509186	0.0550	0.000180446194	0.90	0.43589	0.000383858268	0.000078654673	0.0004625
2/0	0.1000	0.000328083990	0.0540	0.000177165354	0.90	0.43589	0.000295275591	0.000077224588	0.0003725
3/0	0.0820	0.000269028871	0.0520	0.000170603675	0.90	0.43589	0.000242125984	0.000074364418	0.0003165
4/0	0.0670	0.000219816273	0.0510	0.000167322835	0.90	0.43589	0.000197834646	0.000072934333	0.0002708
250	0.0570	0.000187007874	0.0520	0.000170603675	0.90	0.43589	0.000168307087	0.000074364418	0.0002427
300	0.0490	0.000160761155	0.0510	0.000167322835	0.90	0.43589	0.000144685039	0.000072934333	0.0002176
350	0.0430	0.000141076115	0.0500	0.000164041995	0.90	0.43589	0.000126968504	0.000071504248	0.0001985
400	0.0380	0.000124671916	0.0490	0.000160761155	0.90	0.43589	0.000112204724	0.000070074163	0.0001823
500	0.0320	0.000104986877	0.0480	0.000157480315	0.90	0.43589	0.000094488189	0.000068644078	0.0001631
600	0.0280	0.000091863517	0.0480	0.000157480315	0.90	0.43589	0.000082677165	0.000068644078	0.0001513
750	0.0240	0.000078740157	0.0480	0.000157480315	0.90	0.43589	0.000070866142	0.000068644078	0.0001395
1000	0.0190	0.000062335958	0.0460	0.000150918635	0.90	0.43589	0.000056102362	0.000065783908	0.0001219

**A-4. Precio del Gas LP en la República Mexicana (enero-marzo 2014).**

PRECIOS PUBLICADOS EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN				2014					
Factor de Conversión: 1 litro es igual a 0.5400 Kg									
No. Región	Edos. que participan parcialmente o totalmente	IVA	Enero \$/Kg	Enero \$/Lt	Febrero \$/Kg	Febrero \$/Lt	Marzo \$/Kg	Marzo \$/Lt	
1	Baja California	16%	\$12.97	\$7.00	\$12.89	\$6.96	\$12.99	\$7.01	
2	Baja California	16%	\$12.86	\$6.94	\$12.92	\$6.98	\$13.02	\$7.03	
3	Baja California	16%	\$12.67	\$6.84	\$12.86	\$6.94	\$12.95	\$6.99	
4	Sonora	16%	\$13.66	\$7.38	\$13.70	\$7.40	\$13.80	\$7.45	
5	Sonora	16%	\$12.83	\$6.93	\$12.94	\$6.99	\$13.03	\$7.04	
6	Baja California	16%	\$13.01	\$7.03	\$13.14	\$7.10	\$13.24	\$7.15	
7	Baja California S	16%	\$14.49	\$7.82	\$14.60	\$7.88	\$14.71	\$7.94	
8	Baja California S	16%	\$13.83	\$7.47	\$13.96	\$7.54	\$14.06	\$7.59	
9	Baja California S	16%	\$14.95	\$8.07	\$14.95	\$8.07	\$14.96	\$8.08	
10	Baja California S	16%	\$14.51	\$7.84	\$14.64	\$7.91	\$14.74	\$7.96	
12	Sonora	16%	\$13.43	\$7.25	\$13.54	\$7.31	\$13.63	\$7.36	
13	Sonora	16%	\$13.42	\$7.25	\$13.53	\$7.31	\$13.61	\$7.35	
14	Sonora	16%	\$13.57	\$7.33	\$13.68	\$7.39	\$13.75	\$7.43	
15	Sonora	16%	\$13.56	\$7.32	\$13.67	\$7.38	\$13.76	\$7.43	
16	Sinaloa	16%	\$13.79	\$7.45	\$13.91	\$7.51	\$14.02	\$7.57	
17	Sinaloa	16%	\$13.73	\$7.41	\$13.84	\$7.47	\$13.96	\$7.54	
18	Sinaloa	16%	\$13.74	\$7.42	\$13.85	\$7.48	\$13.96	\$7.54	
19	Nayarit	16%	\$13.56	\$7.32	\$13.68	\$7.39	\$13.79	\$7.45	
19	Sinaloa	16%	\$13.56	\$7.32	\$13.68	\$7.39	\$13.79	\$7.45	
20	Sinaloa	16%	\$13.57	\$7.33	\$13.68	\$7.39	\$13.80	\$7.45	
21	Chihuahua	16%	\$12.71	\$6.86	\$12.82	\$6.92	\$12.90	\$6.97	
22	Chihuahua	16%	\$13.13	\$7.09	\$13.24	\$7.15	\$13.32	\$7.19	
23	Chihuahua	16%	\$13.04	\$7.04	\$13.15	\$7.10	\$13.24	\$7.15	
24	Chihuahua	16%	\$13.35	\$7.21	\$13.46	\$7.27	\$13.55	\$7.32	
26	Chihuahua	16%	\$13.50	\$7.29	\$13.61	\$7.35	\$13.70	\$7.40	
27	Chihuahua	16%	\$13.65	\$7.37	\$13.76	\$7.43	\$13.85	\$7.48	
28	Chihuahua	16%	\$13.86	\$7.48	\$13.97	\$7.54	\$14.06	\$7.59	
29	Chihuahua	16%	\$13.54	\$7.31	\$13.65	\$7.37	\$13.74	\$7.42	
30	Chihuahua	16%	\$13.38	\$7.23	\$13.49	\$7.28	\$13.58	\$7.33	
31	Chihuahua	16%	\$13.41	\$7.24	\$13.52	\$7.30	\$13.60	\$7.34	
32	Tamaulipas	16%	\$12.86	\$6.94	\$12.96	\$7.00	\$13.04	\$7.04	
33	Tamaulipas	16%	\$12.75	\$6.89	\$12.85	\$6.94	\$12.94	\$6.99	
34	Coahuila	16%	\$13.19	\$7.12	\$13.37	\$7.22	\$13.40	\$7.24	
35	Coahuila	16%	\$13.14	\$7.10	\$13.25	\$7.16	\$13.30	\$7.18	
36	Nuevo León	16%	\$13.25	\$7.16	\$13.36	\$7.21	\$13.46	\$7.27	
37	Nuevo León	16%	\$13.09	\$7.07	\$13.20	\$7.13	\$13.30	\$7.18	

38	Nuevo León	16%	\$12.98	\$7.01	\$13.09	\$7.07	\$13.19	\$7.12
39	Coahuila	16%	\$13.08	\$7.06	\$13.19	\$7.12	\$13.28	\$7.17
40	Nuevo León	16%	\$13.02	\$7.03	\$13.13	\$7.09	\$13.22	\$7.14
40	Tamaulipas	16%	\$13.02	\$7.03	\$13.13	\$7.09	\$13.22	\$7.14
41	Coahuila	16%	\$13.13	\$7.09	\$13.21	\$7.13	\$13.30	\$7.18
42	Nuevo León	16%	\$12.89	\$6.96	\$13.00	\$7.02	\$13.10	\$7.07
43	Tamaulipas	16%	\$12.90	\$6.97	\$13.01	\$7.03	\$13.09	\$7.07
44	Tamaulipas	16%	\$12.66	\$6.84	\$12.76	\$6.89	\$12.84	\$6.93
45	Tamaulipas	16%	\$12.94	\$6.99	\$13.05	\$7.05	\$13.14	\$7.10
46	Nuevo León	16%	\$12.86	\$6.94	\$12.97	\$7.00	\$13.07	\$7.06
47	Coahuila	16%	\$13.49	\$7.28	\$13.60	\$7.34	\$13.71	\$7.40
47	Durango	16%	\$13.49	\$7.28	\$13.60	\$7.34	\$13.71	\$7.40
49	Durango	16%	\$13.76	\$7.43	\$13.87	\$7.49	\$13.98	\$7.55
50	Durango	16%	\$13.64	\$7.37	\$13.75	\$7.43	\$13.85	\$7.48
51	Durango	16%	\$13.77	\$7.44	\$13.88	\$7.50	\$13.98	\$7.55
52	Durango	16%	\$13.80	\$7.45	\$13.92	\$7.52	\$14.01	\$7.57
53	Zacatecas	16%	\$13.45	\$7.26	\$13.57	\$7.33	\$13.70	\$7.40
54	San Luis Potosí	16%	\$13.21	\$7.13	\$13.39	\$7.23	\$13.48	\$7.28
55	Coahuila	16%	\$13.30	\$7.18	\$13.41	\$7.24	\$13.50	\$7.29
56	Jalisco	16%	\$13.33	\$7.20	\$13.44	\$7.26	\$13.54	\$7.31
57	Zacatecas	16%	\$13.32	\$7.19	\$13.44	\$7.26	\$13.56	\$7.32
58	Zacatecas	16%	\$13.43	\$7.25	\$13.55	\$7.32	\$13.66	\$7.38
59	San Luis Potosí	16%	\$13.30	\$7.18	\$13.42	\$7.25	\$13.51	\$7.30
60	San Luis Potosí	16%	\$13.34	\$7.20	\$13.46	\$7.27	\$13.55	\$7.32
61	San Luis Potosí	16%	\$13.53	\$7.31	\$13.50	\$7.29	\$13.59	\$7.34
62	San Luis Potosí	16%	\$13.14	\$7.10	\$13.25	\$7.16	\$13.34	\$7.20
62	Tamaulipas	16%	\$13.14	\$7.10	\$13.25	\$7.16	\$13.34	\$7.20
63	Aguascalientes	16%	\$13.40	\$7.24	\$13.52	\$7.30	\$13.62	\$7.35
63	Zacatecas	16%	\$13.40	\$7.24	\$13.52	\$7.30	\$13.62	\$7.35
64	Jalisco	16%	\$13.16	\$7.11	\$13.28	\$7.17	\$13.40	\$7.24
65	Jalisco	16%	\$13.09	\$7.07	\$13.21	\$7.13	\$13.31	\$7.19
66	Jalisco	16%	\$13.05	\$7.05	\$13.17	\$7.11	\$13.27	\$7.17
66	Michoacán	16%	\$13.05	\$7.05	\$13.17	\$7.11	\$13.27	\$7.17
67	Guanajuato	16%	\$13.09	\$7.07	\$13.21	\$7.13	\$13.33	\$7.20
68	Guanajuato	16%	\$13.05	\$7.05	\$13.17	\$7.11	\$13.27	\$7.17
68	Michoacán	16%	\$13.05	\$7.05	\$13.17	\$7.11	\$13.27	\$7.17
69	Guanajuato	16%	\$13.13	\$7.09	\$13.25	\$7.16	\$13.34	\$7.20
69	Michoacán	16%	\$13.13	\$7.09	\$13.25	\$7.16	\$13.34	\$7.20
70	Guanajuato	16%	\$13.18	\$7.12	\$13.30	\$7.18	\$13.39	\$7.23
71	Michoacán	16%	\$13.27	\$7.17	\$13.39	\$7.23	\$13.49	\$7.28
72	Guanajuato	16%	\$13.14	\$7.10	\$13.26	\$7.16	\$13.35	\$7.21
73	Guanajuato	16%	\$13.19	\$7.12	\$13.32	\$7.19	\$13.41	\$7.24
74	Edo de México	16%	\$13.14	\$7.10	\$13.26	\$7.16	\$13.37	\$7.22
74	Michoacán	16%	\$13.14	\$7.10	\$13.26	\$7.16	\$13.37	\$7.22
75	Michoacán	16%	\$13.25	\$7.16	\$13.37	\$7.22	\$13.49	\$7.28
76	Michoacán	16%	\$13.18	\$7.12	\$13.30	\$7.18	\$13.52	\$7.30

77	Querétaro	16%	\$13.02	\$7.03	\$13.14	\$7.10	\$13.23	\$7.14
78	Querétaro	16%	\$13.01	\$7.03	\$13.13	\$7.09	\$13.23	\$7.14
79	Colima	16%	\$13.35	\$7.21	\$13.47	\$7.27	\$13.58	\$7.33
79	Jalisco	16%	\$13.35	\$7.21	\$13.47	\$7.27	\$13.58	\$7.33
80	Guerrero	16%	\$13.49	\$7.28	\$13.61	\$7.35	\$13.74	\$7.42
80	Michoacán	16%	\$13.49	\$7.28	\$13.61	\$7.35	\$13.74	\$7.42
81	Michoacán	16%	\$13.28	\$7.17	\$13.41	\$7.24	\$13.50	\$7.29
82	Querétaro	16%	\$13.16	\$7.11	\$13.29	\$7.18	\$13.38	\$7.23
83	Jalisco	16%	\$13.00	\$7.02	\$13.12	\$7.08	\$13.23	\$7.14
84	Jalisco	16%	\$12.96	\$7.00	\$13.08	\$7.06	\$13.19	\$7.12
85	Jalisco	16%	\$13.22	\$7.14	\$13.34	\$7.20	\$13.45	\$7.26
86	Jalisco	16%	\$13.21	\$7.13	\$13.33	\$7.20	\$13.43	\$7.25
86	Nayarit	16%	\$13.21	\$7.13	\$13.33	\$7.20	\$13.43	\$7.25
87	Jalisco	16%	\$13.10	\$7.07	\$13.22	\$7.14	\$13.32	\$7.19
88	Colima	16%	\$13.11	\$7.08	\$13.28	\$7.17	\$13.39	\$7.23
89	Jalisco	16%	\$13.44	\$7.26	\$13.56	\$7.32	\$13.67	\$7.38
90	Jalisco	16%	\$13.34	\$7.20	\$13.46	\$7.27	\$13.57	\$7.33
90	Nayarit	16%	\$13.34	\$7.20	\$13.46	\$7.27	\$13.57	\$7.33
91	Nayarit	16%	\$13.30	\$7.18	\$13.41	\$7.24	\$13.53	\$7.31
92	Distrito Federal	16%	\$12.96	\$7.00	\$13.04	\$7.04	\$13.15	\$7.10
92	Edo de México	16%	\$12.96	\$7.00	\$13.04	\$7.04	\$13.15	\$7.10
92	Hidalgo	16%	\$12.96	\$7.00	\$13.04	\$7.04	\$13.15	\$7.10
93	Edo de México	16%	\$13.02	\$7.03	\$13.14	\$7.10	\$13.25	\$7.16
94	Edo de México	16%	\$12.94	\$6.99	\$13.06	\$7.05	\$13.17	\$7.11
94	Hidalgo	16%	\$12.94	\$6.99	\$13.06	\$7.05	\$13.17	\$7.11
95	Hidalgo	16%	\$13.07	\$7.06	\$13.20	\$7.13	\$13.29	\$7.18
96	Hidalgo	16%	\$13.01	\$7.03	\$13.12	\$7.08	\$13.21	\$7.13
96	Tlaxcala	16%	\$13.01	\$7.03	\$13.12	\$7.08	\$13.21	\$7.13
97	Veracruz	16%	\$12.96	\$7.00	\$13.08	\$7.06	\$13.17	\$7.11
98	Hidalgo	16%	\$13.07	\$7.06	\$13.19	\$7.12	\$13.30	\$7.18
99	Hidalgo	16%	\$12.96	\$7.00	\$13.06	\$7.05	\$13.16	\$7.11
100	Hidalgo	16%	\$12.74	\$6.88	\$12.87	\$6.95	\$12.96	\$7.00
101	Puebla	16%	\$12.66	\$6.84	\$12.93	\$6.98	\$13.03	\$7.04
101	Veracruz	16%	\$12.66	\$6.84	\$12.93	\$6.98	\$13.03	\$7.04
102	Puebla	16%	\$13.09	\$7.07	\$13.21	\$7.13	\$13.30	\$7.18
102	Veracruz	16%	\$13.09	\$7.07	\$13.21	\$7.13	\$13.30	\$7.18
103	Veracruz	16%	\$12.99	\$7.01	\$13.07	\$7.06	\$13.16	\$7.11
104	Tamaulipas	16%	\$13.15	\$7.10	\$13.25	\$7.16	\$13.34	\$7.20
105	Puebla	16%	\$12.89	\$6.96	\$12.97	\$7.00	\$13.11	\$7.08
105	Tlaxcala	16%	\$12.89	\$6.96	\$12.97	\$7.00	\$13.11	\$7.08
106	Morelos	16%	\$12.99	\$7.01	\$13.06	\$7.05	\$13.16	\$7.11
106	Puebla	16%	\$12.99	\$7.01	\$13.06	\$7.05	\$13.16	\$7.11
107	Tlaxcala	16%	\$12.92	\$6.98	\$13.01	\$7.03	\$13.05	\$7.05
108	Tlaxcala	16%	\$12.99	\$7.01	\$13.04	\$7.04	\$13.11	\$7.08
109	Tlaxcala	16%	\$12.90	\$6.97	\$12.98	\$7.01	\$13.04	\$7.04
110	Puebla	16%	\$13.13	\$7.09	\$13.25	\$7.16	\$13.35	\$7.21

111	Veracruz	16%	\$13.22	\$7.14	\$13.32	\$7.19	\$13.42	\$7.25
112	Guerrero	16%	\$13.20	\$7.13	\$13.32	\$7.19	\$13.41	\$7.24
113	Guerrero	16%	\$13.33	\$7.20	\$13.45	\$7.26	\$13.56	\$7.32
114	Puebla	16%	\$13.07	\$7.06	\$13.19	\$7.12	\$13.28	\$7.17
115	Morelos	16%	\$13.10	\$7.07	\$13.23	\$7.14	\$13.31	\$7.19
116	Morelos	16%	\$13.05	\$7.05	\$13.18	\$7.12	\$13.27	\$7.17
117	Guerrero	16%	\$13.50	\$7.29	\$13.62	\$7.35	\$13.67	\$7.38
118	Guerrero	16%	\$13.45	\$7.26	\$13.58	\$7.33	\$13.63	\$7.36
119	Guerrero	16%	\$13.20	\$7.13	\$13.32	\$7.19	\$13.42	\$7.25
120	Guerrero	16%	\$13.30	\$7.18	\$13.43	\$7.25	\$13.50	\$7.29
121	Guerrero	16%	\$13.07	\$7.06	\$13.19	\$7.12	\$13.29	\$7.18
122	Oaxaca	16%	\$13.06	\$7.05	\$13.18	\$7.12	\$13.28	\$7.17
122	Veracruz	16%	\$13.06	\$7.05	\$13.18	\$7.12	\$13.28	\$7.17
123	Veracruz	16%	\$12.93	\$6.98	\$13.05	\$7.05	\$13.14	\$7.10
124	Veracruz	16%	\$12.80	\$6.91	\$12.92	\$6.98	\$13.01	\$7.03
125	Chiapas	16%	\$12.85	\$6.94	\$12.98	\$7.01	\$13.07	\$7.06
125	Tabasco	16%	\$12.85	\$6.94	\$12.98	\$7.01	\$13.07	\$7.06
126	Chiapas	16%	\$13.24	\$7.15	\$13.36	\$7.21	\$13.46	\$7.27
127	Campeche	16%	\$13.00	\$7.02	\$13.12	\$7.08	\$13.21	\$7.13
128	Campeche	16%	\$13.15	\$7.10	\$13.27	\$7.17	\$13.36	\$7.21
129	Campeche	16%	\$13.32	\$7.19	\$13.44	\$7.26	\$13.54	\$7.31
130	Chiapas	16%	\$13.11	\$7.08	\$13.23	\$7.14	\$13.32	\$7.19
131	Chiapas	16%	\$13.04	\$7.04	\$13.16	\$7.11	\$13.25	\$7.16
131	Tabasco	16%	\$13.04	\$7.04	\$13.16	\$7.11	\$13.25	\$7.16
132	Chiapas	16%	\$13.25	\$7.16	\$13.37	\$7.22	\$13.48	\$7.28
133	Chiapas	16%	\$13.26	\$7.16	\$13.41	\$7.24	\$13.53	\$7.31
134	Oaxaca	16%	\$13.23	\$7.14	\$13.35	\$7.21	\$13.45	\$7.26
135	Oaxaca	16%	\$12.86	\$6.94	\$12.98	\$7.01	\$13.08	\$7.06
136	Oaxaca	16%	\$12.85	\$6.94	\$12.97	\$7.00	\$13.07	\$7.06
137	Oaxaca	16%	\$13.13	\$7.09	\$13.26	\$7.16	\$13.35	\$7.21
138	Quintana Roo	16%	\$13.57	\$7.33	\$13.69	\$7.39	\$13.78	\$7.44
139	Quintana Roo	16%	\$13.43	\$7.25	\$13.56	\$7.32	\$13.65	\$7.37
140	Yucatán	16%	\$13.54	\$7.31	\$13.66	\$7.38	\$13.78	\$7.44
141	Yucatán	16%	\$13.60	\$7.34	\$13.72	\$7.41	\$13.85	\$7.48
142	Yucatán	16%	\$13.80	\$7.45	\$13.92	\$7.52	\$13.97	\$7.54
143	Quintana Roo	16%	\$14.11	\$7.62	\$14.23	\$7.68	\$14.32	\$7.73
144	Quintana Roo	16%	\$13.82	\$7.46	\$13.94	\$7.53	\$14.03	\$7.58
145	Quintana Roo	16%	\$14.46	\$7.81	\$14.58	\$7.87	\$14.68	\$7.93
	<b>Promedio</b>		<b>\$13.24</b>	<b>\$7.15</b>	<b>\$13.35</b>	<b>\$7.21</b>	<b>\$13.45</b>	<b>\$7.26</b>



**A-4. Precio medio facturado por tarifa del Sistema Eléctrico Nacional (pesos por kWh a precios constantes de 2011).**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Var. % 2011/2010
<b>Doméstico</b>												
1	0.94	1.09	1.14	1.12	1.13	1.12	1.11	1.08	1.06	1.10	1.09	-0.5
1A	0.89	1.01	1.03	1.00	1.05	1.07	1.07	1.05	1.04	1.01	0.99	-1.9
1B	1.05	1.07	1.07	1.05	1.08	1.09	1.10	1.06	1.07	1.03	1.02	-1.0
1C	0.92	1.03	1.11	1.10	1.20	1.22	1.22	1.19	1.18	1.15	1.12	-2.4
1D	0.97	1.01	1.07	1.06	1.13	1.15	1.15	1.18	1.18	1.14	1.10	-3.9
1E	0.84	1.00	1.01	1.01	1.13	1.15	1.16	1.11	1.10	1.09	0.99	-9.1
1F	-	0.86	1.04	1.06	1.14	1.17	1.21	1.18	1.13	1.10	1.01	-9.0
DAC	-	2.31	2.53	2.80	2.83	2.92	2.96	3.14	3.23	3.29	3.39	3.2
<b>Comercial</b>												
2	2.06	2.05	2.31	2.55	2.71	2.87	2.90	2.92	2.77	2.72	2.77	2.0
3	1.88	2.00	2.23	2.41	2.51	2.65	2.68	2.67	2.44	2.38	2.40	1.0
7	3.50	3.29	3.55	4.17	4.27	4.16	3.86	4.22	3.86	4.23	4.30	1.6
<b>Servicios</b>												
5	2.33	2.38	2.39	2.43	2.45	2.43	2.55	2.55	2.59	2.56	2.70	5.3
5A	1.91	1.95	1.98	2.00	2.01	2.05	2.09	2.11	2.15	2.12	2.17	2.5
6	1.33	1.49	1.58	1.58	1.55	1.60	1.60	1.55	1.50	1.47	1.50	2.3
<b>Agrícola</b>												
9	0.42	0.42	0.79	0.57	0.64	0.78	0.92	1.07	1.24	1.47	1.49	1.5
9-M	0.48	0.51	0.56	0.65	0.75	0.93	1.11	1.30	0.96	1.26	1.38	9.6
9CU	-	-	0.47	0.54	0.56	0.50	0.51	0.52	0.52	0.46	0.54	16.5
9N	-	-	0.14	0.47	0.46	0.43	0.42	0.43	0.44	0.43	0.45	4.85
<b>Industrial</b>												
O-M	1.16	1.22	1.41	1.55	1.63	1.77	1.74	1.90	1.82	1.82	1.85	1.7
H-M	0.94	1.00	1.16	1.28	1.33	1.43	1.43	1.58	1.36	1.45	1.50	3.4
H-MC	-	1.10	0.99	1.07	1.08	1.16	1.18	1.38	1.12	1.30	1.48	13.7
H-S	0.81	0.92	1.07	1.22	1.22	1.33	1.28	1.43	1.19	1.27	1.33	4.7
H-SL	0.72	0.73	0.87	0.96	1.00	1.12	1.09	1.28	1.09	1.19	1.26	5.3
H-T	0.70	0.71	0.96	1.10	1.00	1.12	1.06	1.19	1.01	1.12	1.15	2.6
H-TL	0.59	0.60	0.73	0.80	0.81	0.94	0.91	1.10	0.93	1.02	1.09	6.21

Fuente: Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Tarifas del Sistema Eléctrico Nacional:

Tarifas Domésticas:

- 1 Doméstico.
- 1A Doméstico con temperatura media mínima en verano de 25° C.
- 1B Doméstico con temperatura media mínima en verano de 28° C 7 Temporal.
- 1C Doméstico con temperatura media mínima en verano de 30°.
- 1D Doméstico con temperatura media mínima en verano de 31° C.
- 1E Doméstico con temperatura media mínima en verano de 32° C.
- 1F Doméstico con temperatura media mínima en verano de 33° C.
- DAC Servicio doméstico de alto consumo.

Tarifas Comerciales:

- 2 General hasta 25 KW de demanda.
- 3 General para más de 25 KW de demanda.
- 7 Molinos nixtamal y de tortillerías.

Tarifas para Servicios:

- 5 Alumbrado público (D.F., Monterrey, Guadalajara).
- 5A Alumbrado público (resto del país).
- 6 Bombeo de aguas potables o negras de servicio público.

Tarifas Agrícolas:

- 9 Bombeo de agua para riego agrícola, baja tensión.
- 9-M Bombeo de agua para riego agrícola, media tensión.
- 9CU Cargo único para uso agrícola.

Tarifas Industriales:

- O-M Ordinaria general, media tensión, con demanda menor de 1000 KW.
- H-M Horaria general, media tensión, con demanda menor de 1000 KW o más.
- H-MC Horaria general, media tensión, con demanda menor de 1000 KW o más, para corta utilización.
- H-S Horaria general, alta tensión, nivel subtransmisión.
- H-SL Horaria general, alta tensión, nivel subtransmisión, larga utilización.
- H-T Horaria general, alta tensión, nivel transmisión.
- H-TL Horaria general, alta tensión, nivel transmisión, larga utilización.

### A-5. Insolación global media inclinación a latitud en México en kWh/m<sup>2</sup>-Día

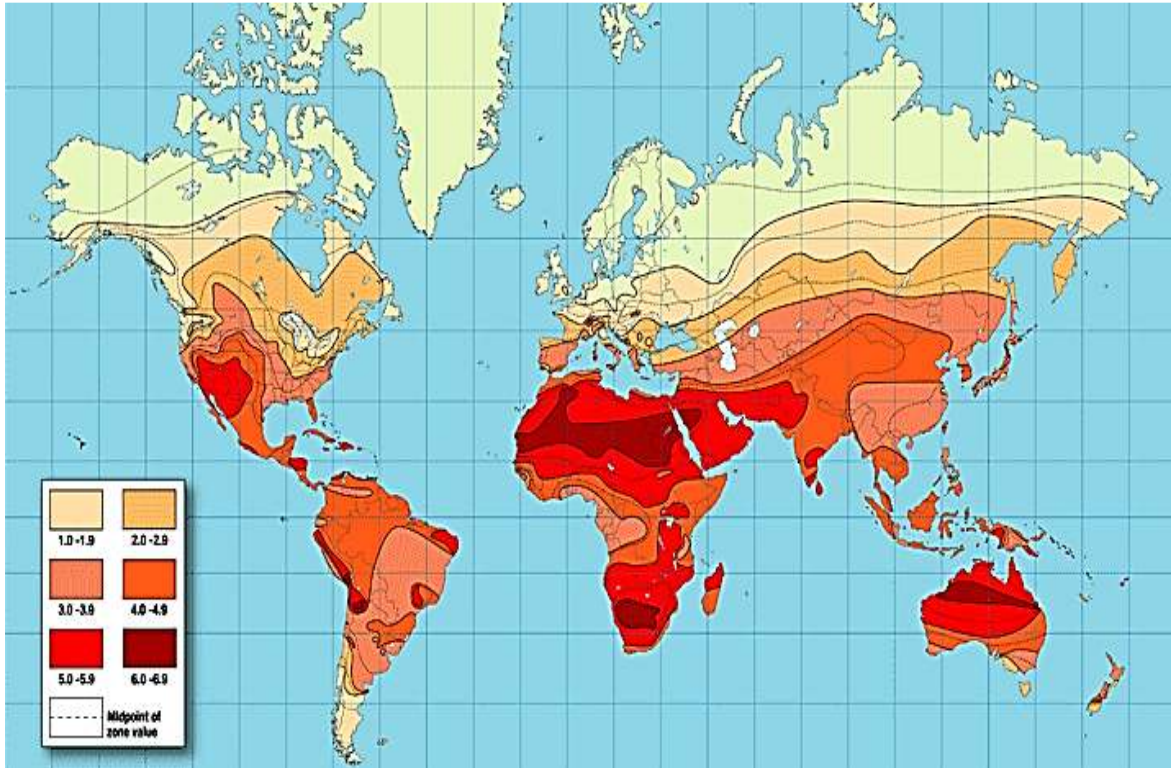
Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Aguascalientes, Ags.	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	6.3	6.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4.0	4.0	7.2	5.6
La Paz, B. C. Sur	4.4	5.5	6.0	6.6	6.5	6.6	6.3	6.2	5.9	5.8	4.9	4.2	4.2	6.6	5.7
Mexicali, Baja California	4.1	4.4	5.0	5.6	6.6	7.3	7.0	6.1	6.1	5.5	4.5	3.9	3.9	7.3	5.5
Campeche, Campeche	4.8	5.7	6.0	5.3	5.4	4.9	4.9	5.3	5.2	5.4	5.0	4.3	4.4	6.0	5.2
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	3.8	4.4	4.6	4.8	5.3	5.1	5.4	5.3	4.9	4.4	4.1	3.7	3.7	5.4	4.7
Chihuahua, Chihuahua	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.4	6.4	6.5	6.8	6.8	6.0	5.2	5.3	8.9	5.9
Cd. Juárez, Chihuahua	6.0	7.2	7.3	7.3	6.9	6.5	6.3	6.5	6.8	7.4	6.6	5.9	5.9	7.4	6.7
Saltillo, Coahuila	3.8	4.2	4.8	5.1	5.6	5.9	5.9	5.6	5.2	4.4	3.6	3.3	3.3	5.9	4.8
Colima, Colima	4.4	5.1	5.3	5.8	6.0	5.2	4.9	5.0	4.6	4.4	4.4	3.9	3.9	6.0	4.9
Tacubaya, D.F.	5.4	6.0	6.4	5.9	5.3	5.1	4.5	4.9	4.5	4.8	5.2	5.2	4.5	6.4	5.4
Durango, Durango	4.4	5.4	6.5	7.0	7.5	6.8	6.0	5.6	5.7	5.1	4.8	3.9	3.9	7.5	5.7
Guanajuato, Gto.	4.4	5.1	6.1	6.3	6.6	6.0	6.0	5.9	5.8	5.2	4.8	4.6	4.4	6.6	5.6
Acapulco, Guerrero	4.8	5.3	6.1	5.9	5.6	5.1	5.3	5.4	4.9	5.2	5.0	4.7	4.7	6.1	5.3
Pachuca, Hidalgo	4.6	5.1	5.6	6.8	6.0	5.7	5.9	5.8	5.3	4.9	4.6	4.2	4.2	6.8	5.4
Guadalajara, Jalisco	4.6	5.5	6.3	7.4	7.7	5.9	5.3	5.3	5.2	4.9	4.8	4.0	4.0	7.7	5.6
Chapingo, México	4.5	5.1	5.6	5.8	5.9	5.4	5.2	5.2	5.0	4.7	4.6	3.9	3.9	5.9	5.1
Morelia, Michoacán	4.2	4.9	5.5	5.8	5.9	5.2	5.0	5.1	4.9	4.6	4.3	3.7	3.7	5.9	4.9
Tepic, Nayarit	3.9	4.3	4.8	5.5	6.1	5.3	4.9	5.3	4.4	4.4	4.0	4.8	3.9	6.1	4.8
Monterrey, NL.	3.2	3.6	4.1	4.3	4.8	5.5	6.1	5.6	5.0	3.8	3.3	3.0	3.0	6.1	4.4
Oaxaca, Oaxaca	4.9	5.7	5.8	5.5	6.0	5.4	5.9	5.6	5.0	4.9	4.8	4.4	4.4	6.0	5.3
Puebla, Puebla	4.9	5.5	6.2	6.4	6.1	5.7	5.8	5.8	5.2	5.0	4.7	4.4	4.4	6.4	5.5
Querétaro, Qro.	5.0	5.7	6.4	6.8	6.9	6.4	6.4	6.4	6.3	5.4	5.0	4.4	4.4	6.9	5.9
Cozumel, QR.	3.9	4.6	5.3	5.7	5.2	4.8	4.9	4.9	4.6	4.4	4.0	3.8	3.8	5.7	4.7
San Luis Potosí, SLP.	4.3	5.3	5.8	6.4	6.3	6.1	6.4	6.0	5.5	4.7	4.2	3.7	3.7	6.4	5.4
Los Mochis, Sinaloa	4.9	5.4	5.8	5.9	5.8	5.8	5.3	5.5	5.5	5.8	4.9	4.3	4.3	5.9	5.4
Ciudad Obregón, Sonora	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.7	6.4	6.5	6.8	7.3	6.0	5.2	5.3	7.26	6.5
Hermosillo, Sonora	4.0	4.6	5.4	6.6	8.3	8.6	6.9	6.6	6.7	6.0	4.7	3.9	3.9	8.6	6.0
Tampico, Tamaulipas	3.3	4.1	4.7	6.4	5.0	4.9	4.9	4.9	4.6	4.6	3.7	3.2	3.2	6.4	4.5
Tlaxcala, Tlaxcala	4.6	5.1	5.5	5.4	5.6	5.2	5.3	5.2	5.1	4.9	4.7	4.0	4.0	5.6	5.1
Veracruz, Veracruz	3.7	4.5	4.9	5.1	5.1	4.8	4.7	5.1	4.6	4.8	4.1	3.6	3.6	5.1	4.6
Mérida, Yucatán	3.7	4.0	4.6	5.2	5.7	5.5	5.7	5.5	5.0	4.2	3.8	3.4	3.4	5.7	4.7
Zacatecas, Zacatecas	4.9	5.7	6.6	7.5	7.8	6.2	6.2	5.9	5.4	4.8	4.8	4.1	4.1	7.8	5.8

Fuentes: Actualización de los Mapas de Irradiación Global solar en la República Mexicana (R. Almanza S. ,E. Cajigal R., J. Barrientos A. 1997).

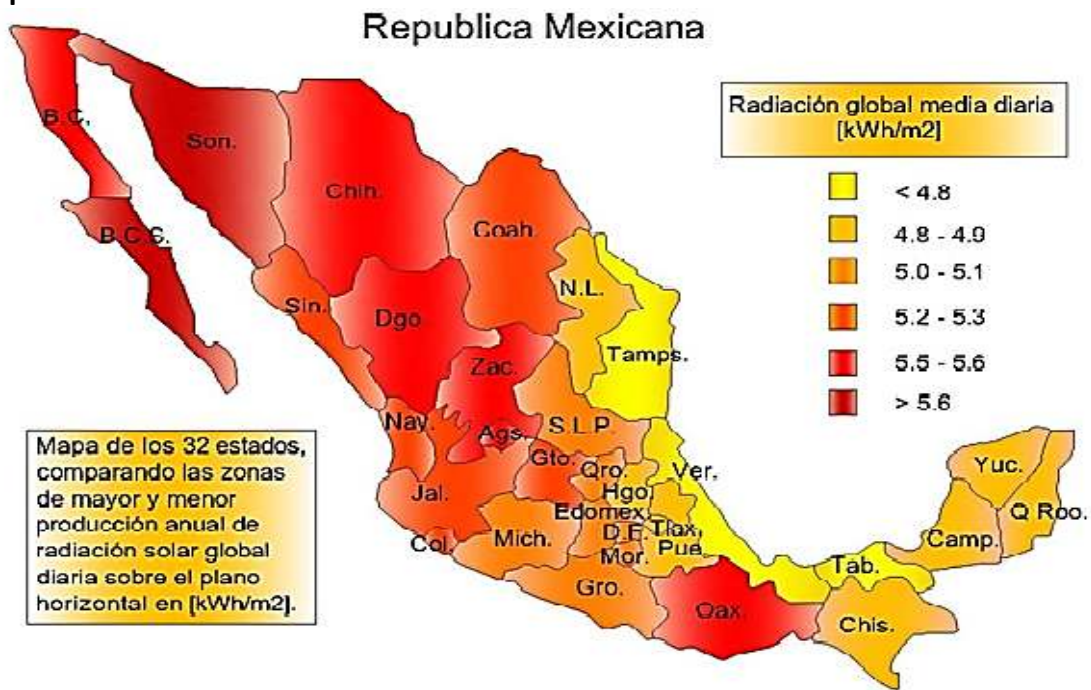
Reportes de insolación de México. Southwest Technology Development Institute, NMSU, 1999.

**B. Planos.**

**B-1. Irradiación Global Media Diaria [kWh/m2].  
Mundial.**



**República Mexicana.**



B-2. Latitud y Longitud de México.



## **C. Marco legal, regulatorio y normativo.**

### **C-1. Leyes, normas y programas para el Ahorro de Energía.**

En el marco del Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012 (PRONASE), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) continuó promoviendo diversas acciones con el propósito de avanzar en la eficiencia energética. De septiembre de 2011 a agosto de 2012, se realizaron las acciones siguientes:

- El 16 de febrero de 2012 se publicó en el DOF, la NOM-015-ENER-2012 de Eficiencia energética en refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetados. El objetivo de esta Norma es fijar los límites máximos de consumo de energía de los refrigeradores y congeladores electrodomésticos estableciendo los métodos de prueba para determinar su consumo.
- El 16 de mayo de 2012, se publicó para su actualización en el DOF, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-005-ENER-2012, Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, método de prueba y etiquetado, para su consulta pública.
- El 17 de mayo de 2012, se publicó en el DOF el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-024-ENER-2011. Características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones. Etiquetado y métodos de prueba, para su consulta pública.
- El 18 de mayo de 2012, se publicó en el DOF el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-031-ENER-2012, Eficiencia energética para luminarios con diodos emisores de luz (LED) destinados a vialidades y áreas exteriores públicas. Especificaciones y métodos de prueba, para su consulta pública.
- El 22 de junio de 2012, se publicó en el DOF la NOM-030-ENER-2012, Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba, que establece las especificaciones para las lámparas de diodos emisores de luz integradas para iluminación general, así como los métodos de prueba aplicables para comprobar las mismas.
- Programa de Sustitución de Electrodomésticos para el Ahorro de Energía “Cambia tu viejo por uno nuevo”, registró 282,291 acciones de sustitución de equipos, principalmente refrigeradores, superando en 88.3% la meta establecida para el Programa. Cabe señalar que desde 2009 y hasta la primera quincena de agosto, el Programa ha registrado 1.78 millones de solicitudes de sustitución. A través de este Programa, el Gobierno Federal ayuda a que las familias mexicanas con menores ingresos renueven sus equipos electrodomésticos, incrementando la eficiencia del parque al sustituir aparatos de más de 10 años de antigüedad.

- El Programa Luz Sustentable, distribuyó aproximadamente 37 millones de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes, y se espera llegar a 47.2 millones de lámparas entregadas antes de noviembre de 2012. Con ello, se reducirá el consumo energético de los hogares y el monto de los subsidios otorgados por el Gobierno Federal.

A través de los programas de eficiencia energética, en el periodo enero-junio de 2012 se alcanzó un ahorro en el consumo de energía eléctrica de 16,598 millones de kilowatts-hora, lo que equivale a 10,461 miles de barriles equivalentes de petróleo.

## **C-2. Iniciativas, proyectos y normas para el uso de la energía solar para calentamiento de agua.**

Resulta muy favorable que en México se tengan hoy en día varias iniciativas que han surgido en los últimos años para impulsar el mercado del calentamiento solar de agua. Estas iniciativas incluyen:

- **Deducción de impuestos a equipos que aprovechan energías renovables.**  
Como parte de la llamada Miscelánea Fiscal, desde 2004 se permite, a las empresas o personas con actividad empresarial, la deducción acelerada de las inversiones que se hagan en equipos que aprovechan la energía solar. Este instrumento, sin embargo, se aplica muy poco, debido al desconocimiento que los posibles usuarios tienen del mismo.
- **La norma ambiental del Gobierno del Distrito Federal (GDF).**  
El GDF puso en vigor una norma de carácter ambiental que obliga a que un número importante de edificios de uso público cubra sus necesidades de agua caliente, con un mínimo de 30% a partir de energía solar. Esta norma está actualmente en su proceso de implementación.
- **Norma voluntaria para colectores solares planos de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES).**  
ANES promovió y logró establecer, conjuntamente con la CONAE y la Cámara Nacional de la Industria de Transformación (CANACINTRA), una norma de carácter voluntario que se aplica a colectores solares planos para determinar su rendimiento térmico y asegura un nivel mínimo de calidad en su manufactura.
- **Laboratorio de pruebas.**  
Para apoyar la norma voluntaria de la ANES, la Universidad de Guanajuato, con apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en el Estado de Guanajuato, acreditó un laboratorio con capacidad para hacer las pruebas que exige la norma voluntaria. Este laboratorio es operado por la propia universidad bajo un contrato con las Normas Mexicanas (NMX-ES-001-NORMEX-2005) que permite realizar pruebas de certificación de calentadores solares, considerando aspectos tales como inspección, presión estática, exposición a la radiación solar, determinación de la constante de tiempo, rendimiento

térmico, entre otras. Este laboratorio empezó sus operaciones en el mes de septiembre de 2006.

- Programa del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).  
El FIDE estableció un programa orientado a los empleados de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para que utilicen calentadores solares.
- El estudio de la CONAE para identificar mecanismos de financiamiento.  
Con apoyo de la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ), la CONAE llevó a cabo un análisis para implementar un programa piloto de financiamiento de calentadores solares para el sector residencial y que consideró diversos mecanismos de comercialización.
- Proyecto de Energías Renovables para la Agricultura.  
El Fideicomiso de Riesgo Compartido de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Firco-SAGARPA) está apoyando económicamente la instalación de sistemas de calentamiento de agua en instalaciones agroindustriales, particularmente en rastros.
- Proyecto piloto de la Comisión Nacional de Fomento de la Vivienda (CONAFOVI).  
Esta Comisión está promoviendo la instalación de sistemas de calentamiento solar en cinco localidades distintas y un número igual de desarrolladores de conjuntos de viviendas.
- Estudio de mercado realizado por la International Copper Association (PROCOBRE en México).  
Bajo la perspectiva de que México puede representar un mercado importante para la tecnología de calentamiento solar de agua, en donde se utilice cobre para producir los equipos necesarios, PROCOBRE financió en 2006 un estudio de mercado para dimensionarlo.
- Planes de Cal-o-Rex de producir calentadores de agua tipo híbrido.  
En 2006, en el contexto de la reunión anual de la Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos, AC (ANFAD), la empresa Cal-o-Rex (uno de los principales fabricantes de calentadores de agua domésticos en México), anunció que lanzará al mercado mexicano equipos de calentamiento de agua que funcionen con energía solar apoyados con respaldo de calentadores de gas.

### **C-3. Leyes, contratos y normas para el uso de la energía solar fotovoltaica.**

Actualmente los siguientes instrumentos legales y regulatorios permiten el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en conexión a la red:



- Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) y su reglamento. A finales del año 2008 se publicó esta ley en el Diario Oficial de la Federación, la cual tiene como propósito regular el aprovechamiento de las energías renovables para la generación de electricidad “con fines distintos a la prestación del servicio público”. Su reglamento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación del 2 de Septiembre del 2009, incluyendo aspectos más específicos para la remuneración de proyectos de energía renovable.
- Ley General de Cambio Climático. El 6 de junio de 2012 se publicó esta ley en el Diario oficial de la Federación, la cual tiene entre sus propósito el garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de los tres órdenes de gobierno en la elaboración y aplicación de políticas públicas en dos ejes rectores: la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. En cuanto a mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, se establecen instrumentos regulatorios (el Inventario Nacional de Emisiones y el Registro Nacional de Emisiones) y económicos (sistema voluntario de comercio de permisos de emisiones, es decir, mercado de bonos de carbono; así como el Fondo para el Cambio Climático), para el cumplimiento de metas de reducción de emisiones. Así, México se compromete a reducir 30 por ciento sus emisiones hacia 2020; así como 50 por ciento hacia 2050, en relación con las emisiones del año 2000. El desarrollo de las energías renovables forma parte de las acciones establecidas en esta ley para contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático, a través de las estrategias programas y proyectos establecidos en la LAERFTE.
- Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña y Mediana Escala. El 8 de abril de 2010, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) publicó estos modelos de contrato en el Diario Oficial de la Federación, y tienen como propósito establecer los derechos y obligaciones de un usuario que interconecta una fuente de energía renovable al SEN. Estos contratos de interconexión se basan en el principio de “medición neta”. De esta forma, cuando el usuario inyecta energía el medidor de luz gira en sentido inverso. Al final del período de facturación, este último sólo paga por su consumo neto el cual resulta del total de energía eléctrica consumida menos el total de energía eléctrica generada por la fuente de energía renovable. En el caso de pequeña escala es posible conectar un sistema FV a la red eléctrica de CFE en tensiones inferiores a 1 KV y hasta con una capacidad de 30 KW. En el caso de mediana escala, el principio es el mismo, solo que se permite entregar la energía asociada hasta una capacidad máxima de 500 KW y en tensiones que no sean mayores a 69 KV.
- Contrato de Interconexión para Fuente Colectiva de Energía Renovable o Sistema Colectivo de Cogeneración en Pequeña Escala (será publicado por la CRE). A este tipo de contrato aplica todo lo relacionado a generación en Pequeña Escala descrita en el párrafo anterior. Con la característica de que la fuente colectiva de generación de energía eléctrica le pertenece a un grupo de generadores. Además la energía generada por la

fuerza colectiva. Es dividida, para efectos de facturación, entre los dueños dependiendo del porcentaje en la inversión realizada por cada uno de los dueños.

Puesto que los sistemas fotovoltaicos pueden disminuir o dejar de generar electricidad de forma repentina, por ejemplo, en días parcialmente nublados, es también necesario establecer una serie de reglas técnicas que eviten molestias o daños a otros usuarios. Para ello, la CRE y la CFE han desarrollado un marco normativo específico para la interconexión de tecnologías basadas en fuentes renovables, como los sistemas fotovoltaicos:

- Especificación de interconexión en baja tensión de sistemas fotovoltaicos con capacidad hasta 30 KW (CFE G0100-04).
- Anexos al Contrato de Interconexión en Mediana Escala: Características de los equipos de medición y comunicación (Anexo E-RMT) y Requisitos técnicos para la interconexión (Anexo ERD-T).
- Reglas Generales de Interconexión al SEN para generadores o permisionarios con fuentes de energías renovables o cogeneración eficiente (publicadas en el DOF. por la CRE, el 22 de mayo de 2012).
- Normas Mexicanas relacionadas con la Energía Solar Fotovoltaica:  
Relacionado con la normalización de los sistemas FV en México destacan las actividades de la Asociación de Normalización y Certificación (ANCE) que tiene la atribución para la elaboración de Normas Mexicanas (NMX) para el sector eléctrico como la tecnología FV, dichas NMX voluntarias pueden tomarse como referencia para la elaboración de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). ANCE ha elaborado las siguientes normas NMX:

-Normas mexicanas vigentes:

- NMX-J-618/1-ANCE-2010: evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos - Parte 1: Requisitos para la construcción.
- NMX-J-618/3-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV) - Parte 3: Requisitos para módulos fotovoltaicos de película delgada- Calificación del diseño.
- NMX-J-618/4-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV) - Parte 4: Requisitos para módulos fotovoltaicos de silicio cristalino- Calificación del diseño.
- NMX-J-618/5-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV) - Parte 5: Método de prueba de corrosión por niebla salina en módulos fotovoltaicos.
- NMX-J-618/6-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV) - Parte 6: Método de prueba UV (ultravioleta) para módulos fotovoltaicos.
- NMX-J-643/1-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 1: Medición de la característica corriente-tensión de los dispositivos fotovoltaicos.

- NMX-J-643/2-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 2: Requisitos para dispositivos solares de referencia.
- NMX-J-643/3-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 3: Principios de medidas para dispositivos solares fotovoltaicos terrestres (FV) con datos de referencia para radiación espectral.
- NMX-J-643/5-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 5: Determinación de la temperatura equivalente de la celda (ECT) de dispositivos fotovoltaicos (FV) por el método de tensión de circuito abierto.
- NMX-J-643/7-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 7: Cálculo de la corrección del desajuste espectral en las mediciones de dispositivos fotovoltaicos (FV).
- NMX-J-643/9-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 9: Requisitos para la realización del simulador solar.
- NMX-J-643/10-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 10: Métodos de mediciones lineales.
- NMX-J-643/11-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 11: Procedimientos para corregir las mediciones de temperatura e irradiancia de las características corriente tensión
- NMX-J-643/12-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos-Parte 12: Términos, definiciones y simbología.
  
- NMX-J-655/1-ANCE-2012: desempeño y eficiencia en sistemas fotovoltaicos (FV)-Parte 1: Mediciones de desempeño para irradiancia, temperatura y energía en módulos fotovoltaicos.
- NMX-J-655/2-ANCE-2012: desempeño y eficiencia en sistemas fotovoltaicos (FV)-Parte 2: Acondicionadores de energía-Procedimiento para la medición de la eficiencia.
- NMX-J-655/3-ANCE-2012: desempeño y eficiencia en sistemas fotovoltaicos (FV)-Parte 3: Controladores de carga de baterías para sistemas fotovoltaicos-Desempeño y funcionamiento.
  
- NMX-J-657/1-ANCE-2012: sistemas híbridos y de energía renovable – Guía para la electrificación rural – Parte 1: Introducción general.

-Temas en calidad de proyecto de Norma Mexicana:

- PROY-NMX-J-656/1-ANCE-2012 (IEC 62109-1) – Evaluación de la seguridad en dispositivos fotovoltaicos - Parte 1: Seguridad en equipos de conversión de energía para uso en sistemas FV-Requisitos generales.
- PROY-NMX-J-657/2-ANCE-2012 - Sistemas híbridos y de energía renovable-Guía para la electrificación rural-Requisitos de enfoque para sistemas de electrificación.

-Normas mexicanas en espera de declaratoria de vigencia:

- NMX-J-618/2-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV) - Parte 2: Requisitos para pruebas.

-Temas en desarrollo como normas mexicanas:

- DT-NMX-J-653-ANCE-2012: celdas secundarias y baterías para sistemas de energía fotovoltaicos-Requisitos generales y métodos de prueba.
- DT-NMX-J-656/1-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en dispositivos fotovoltaicos - Parte 1: Seguridad en equipos de conversión de energía para uso en sistemas FV. Requisitos generales.
- DT-NMX-J-656/2-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en dispositivos fotovoltaicos - Parte 2: Seguridad en dispositivos inversores de energía para uso en sistemas FV. Requisitos particulares.
- DT-NMX-J-657/5-ANCE-2012: sistemas híbridos y de energía renovable – Guía para la electrificación rural – Parte 5: Protección contra riesgos eléctricos.
- DT-NMX-J-657/7-ANCE-2012: sistemas híbridos y de energía renovable – Guía para la electrificación rural – Parte 7: Generadores.
- DT-NMX-J-657/7-1-ANCE-2012: sistemas híbridos y de energía renovable – Guía para la electrificación rural – Parte 7-1: Generadores fotovoltaicos.

## **D. Descripción de posibles mecanismos de financiamiento y subsidios.**

A continuación se describen los posibles mecanismos financieros de fomento identificados:

### **1. Financiamiento hipotecario.**

Mecanismos financieros de este tipo incorporan el costo de los sistemas FV en el costo total de la vivienda, el cual se ve reflejado en el financiamiento hipotecario. El nicho principalmente impulsado a través de estos mecanismos es la vivienda nueva.

- Crédito hipotecario: esta opción de financiamiento está diseñada en función de la oferta que tiene el mercado de créditos hipotecarios y no contempla la asignación de recursos por parte del Estado.
- Crédito hipotecario con subsidio: tiene la estructura de la opción anterior con la adición de un subsidio por parte del Estado, el cual se otorga a todos los hogares que tengan un crédito hipotecario y que elijan la instalación de un sistema FV (para cubrir su demanda total o parcial de energía eléctrica).

### **2. Financiamiento no-hipotecario a través de la banca de desarrollo.**

Mecanismos financieros de este tipo se basan en la adquisición del sistema FV por parte de los hogares con créditos provenientes de la banca de desarrollo.

- Crédito a tasas preferenciales: esta alternativa plantea la construcción de una línea de crédito manejada por la Banca de Desarrollo, con un intermediario para el otorgamiento de créditos a los hogares interesados en participar. El mecanismo debe ofrecer una tasa de interés preferencial con respecto a las ofertadas por la Banca Comercial y puede ofrecer mejores condiciones como son mayores plazos.
- Crédito a tasas preferenciales con fondo de garantía: este mecanismo prevé la construcción de un fondo de garantía con el objetivo de reducir el riesgo que conlleva cualquier esquema crediticio (de incumplimiento o no pago). La cobertura del mecanismo incluye las pérdidas esperadas y no esperadas, así como la aportación de fondos de contragarantía que reduzcan o mitiguen el riesgo incurrido, por este mecanismo se debe pagar una comisión, prima o precio por la aportación de fondos contra la garantía. A través de estos fondos, se respalda la instrumentación de tasas preferenciales, asegurando a los intermediarios ante el riesgo de incumplimiento de pago por parte de una proporción de acreditados que reciban el apoyo financiero.
- Crédito a tasas preferenciales con subsidio: además de ofrecer tasas preferenciales esta opción otorga subsidios para la inversión que realiza el propietario de la vivienda.

- Crédito a tasas preferenciales con subsidio y con fondo de garantía: este mecanismo, en su primer componente es igual al anterior, en el sentido de tener tasas preferenciales y subsidio pero adicionalmente prevé la construcción de un fondo de garantía.

### **3. Financiamiento no-hipotecario a través de la banca comercial**

En este grupo de mecanismos, el crédito es otorgado por la banca comercial (o por tiendas departamentales, como intermediarios, que puedan ofrecer financiamiento a sus clientes). El grado de participación del Estado en cada uno de los posibles mecanismos es diferente en función de una mínima (provisión de información) hasta una mayor intervención (fondo de garantía y/o subsidios).

- Crédito a tasas de mercado: esta alternativa no contempla la asignación de recursos por parte del Estado. Sólo se concentra en el financiamiento de los sistemas fotovoltaicos y la provisión de información.
- Crédito a tasas de mercado con fondo de garantía: este mecanismo es una combinación de un crédito a tasas de mercado, ofrecido ya sea por la banca comercial, por tiendas departamentales u otros intermediarios, acompañado de un fondo de garantía. Para el primer componente éste es idéntico al del mecanismo anterior, donde el Estado no interviene. El rol del Estado se centra en el segundo componente, en donde se encarga del diseño y construcción de un fondo de garantía.
- Crédito a tasas de mercado con subsidio: esta opción prevé créditos a tasas de mercado con la adición de un subsidio.
- Crédito a tasas de mercado con subsidio y fondo de garantía: en este mecanismo los dos primeros componentes (crédito a tasas de mercado y subsidio) son idénticos a los del mecanismo anterior. Adicionalmente, se propone que el Estado se encargue del diseño y construcción de un fondo de garantía.

### **4. Subsidios directos e indirectos**

Este grupo de mecanismos prevé la creación de un fondo que permita financiar parcial o totalmente la inversión de sistemas FV. Se tienen detectados cinco esquemas, dependiendo si los recursos son distribuidos vía la demanda o vía la oferta.

- Subsidio a los compradores: En este mecanismo se asigna de manera directa un apoyo financiero a los compradores. El apoyo puede ser de varios tipos, por ejemplo un monto fijo al hogar que instale un sistema FV con un mínimo de capacidad o un monto fijo por cada unidad de capacidad que se instale. En el primer caso, se asigna un monto fijo por unidad tomando como referencia el tamaño mínimo que se desea fomentar, mientras que en el segundo se otorga por unidad de capacidad, independientemente de la capacidad total que decida instalar el hogar o con un tope.

- Subsidio a los vendedores: este mecanismo asigna de manera directa el apoyo a los vendedores de los sistemas FV. Al igual que en el anterior, el subsidio puede tener las diferentes modalidades descritas.
- Subsidio a la inversión en capacidad de producción del sistema FV: una opción adicional es incentivar a los fabricantes vía un subsidio directo o indirecto a la inversión para que los productores incrementen su capacidad de producción de sistemas FV. La restricción usual en este tipo de apoyos es que sólo estará dirigido a los productores nacionales que cumplan con los requisitos establecidos.
- Exención de impuestos a personas físicas: este es un mecanismo se enfoca a los compradores. La diferencia radica en cuando el consumidor recibe el apoyo. En este caso, el subsidio lo recibe al momento de realizar su declaración y pago de impuestos. Donde quien haya comprado un sistema FV tiene derecho a deducir en ese pago de impuesto un monto preestablecido. Bajo este esquema, el contribuyente tiene una reducción en su pago de impuestos (Impuesto Sobre la Renta ISR e Impuesto al Valor Agregado IVA). Al igual que en los mecanismos anteriores el apoyo puede ser de varios tipos, por ejemplo por sistema o por unidad de capacidad.
- Eliminación/reducción del pago de predial: este es un mecanismo que también dirige el apoyo a los compradores. Se centra en aquellas ciudades con un buen padrón de contribuyentes y que estén dispuestas a sacrificar parte de sus ingresos presentes.

### **5. Contratación y arrendamiento**

Este mecanismo está dirigido a los oferentes, para incentivarlos a diseñar contratos de arrendamiento de sistemas FV y negociarlos con los hogares. Inicialmente, esta opción requiere de recursos que fondeen los primeros contratos. Una vez en marcha, con los pagos que realicen los hogares (que provendrán de los ahorros de la factura eléctrica), los proveedores podrán seguir financiando contratos adicionales.

## **Glosario.**

**Shale Gas.-** El shale o roca de esquisto es una formación sedimentaria que contiene gas y petróleo. La característica definitoria del shale es que no tiene la suficiente permeabilidad para que el petróleo y el gas puedan ser extraídos con los métodos convencionales, lo cual hace necesario la aplicación de nuevas tecnologías. Las mismas consisten en inyectar agua a alta presión conjuntamente con la aplicación de agentes de sostén (arenas especiales), lo que permite que los hidrocarburos atrapados en la formación fluyan hacia la superficie.

**Producto Interno Bruto (PIB).-** Es el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por una economía en un período determinado. EL PIB es un indicador representativo que ayuda a medir el crecimiento o decrecimiento de la producción de bienes y servicios de las empresas de cada país, únicamente dentro de su territorio.

**Intensidad energética.-** Es un indicador que mide la productividad del proceso económico. La intensidad energética nos muestra cuánta energía se requiere para generar una unidad del PIB, cuánta se consume para mover un vehículo, cantidad por vivienda, cantidad por habitante, cantidad por tipo de servicio o de industria, etc.

**Coefficiente de correlación.-** Mide la relación lineal que existe entre dos variables y puede fluctuar entre el -1 y el 1. Un coeficiente cercano a 1, indica una fuerte relación positiva entre las variables analizadas.

**Nafta.-** También conocido como éter de petróleo, es un derivado del petróleo natural que se obtiene en la destilación de la gasolina como una parte de esta, utilizado principalmente como materia prima de la industria petroquímica.

**Gas LP.-** El gas licuado de petróleo es una mezcla de hidrocarburos compuesta principalmente de propano y butano. Por años, su uso se ha enfocado principalmente al sector residencial, el comportamiento de la demanda ha mostrado un crecimiento importante en sectores como la industria y el transporte. Compuesto por 35% de propano y 65% de butano.

**Cogeneración.-** Se define como la producción simultánea de calor útil y electricidad a partir de un mismo combustible o fuente de energía primaria. Estos combustibles pueden ser de origen fósil (por ejemplo, gas natural, combustóleo, etc.), renovable (por ejemplo, residuos agrícolas y forestales, biogás, etc.) o incluso hidrógeno.

**Matriz energética.-** Es la forma en que está integrado el esquema global que provee energía a las necesidades de un país.

**Gases de Efecto Invernadero (GEI).-** Gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del



espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero. El vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), y ozono (O<sub>3</sub>) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre.

Hidrocarburos.- Son compuestos básicos de la química orgánica y están formados únicamente por carbono e hidrógeno. Atendiendo a la naturaleza de los enlaces entre los átomos de carbono, pueden clasificarse en dos tipos: alifáticos y aromáticos.

Recesión.- Es un periodo de tiempo de duración mayor a doce meses durante el cual el porcentaje de crecimiento del Producto Interior Bruto de una economía es negativo.

Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).- Es un procedimiento contemplado en el Protocolo de Kioto en donde países desarrollados pueden financiar proyectos de mitigación de emisiones de GEI dentro de países en desarrollo, y recibir a cambio Certificados de Reducción de Emisiones aplicables a cumplir con su compromiso de reducción propio. A través del MDL las empresas tienen la posibilidad de participar en el mercado de reducción de emisiones de gases de efecto de invernadero.

Radiación solar.- Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiación, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra.

Irradiación.- Emisión y propagación de una radiación, como la luz, el calor u otro tipo de energía. Acción de los rayos o radiaciones sobre un cuerpo. Su unidad es el W/m<sup>2</sup> (watt por metro cuadrado). Entre las múltiples aplicaciones de la energía solar se encuentran su aprovechamiento como luz directa, como fuente de calor y en la generación de electricidad principalmente.

Factor de planta o de capacidad.- Es un indicador para medir la productividad de una planta. Este indicador compara su producción real o capacidad media operativa, durante un período dado, con la cantidad que se habría producido si hubiese funcionado a máxima capacidad en el mismo tiempo. Por ejemplo si la planta genera a máxima capacidad unos 1000KW pero la mayor parte del tiempo está generando en promedio 600KW el factor de planta es  $600/1000 = 0.6$  o 60%.

Planta de ciclo binario.- Es un tipo de planta de energía geotérmica que permite a los yacimientos geotérmicos más fríos que se utilizan con plantas de vapor flash y vapor seco. Las plantas de ciclo binario son apropiadas para la explotación de los sistemas geotérmicos de líquido dominante que no están lo suficientemente calientes como para producir una importante ebullición del fluido geotérmico, y para utilizar el calor contenido en los fluidos de desecho de las plantas de separación de vapor.

Energía undimotriz.- También es conocida como energía olamotriz, es la energía que se genera por el movimiento de las olas. Esta energía es aquella que, mediante el aprovechamiento de la energía cinética y potencial del oleaje del mar, podemos usarla para producir electricidad.

Ciclos combinados.- Son centrales de generación de energía eléctrica en las que se transforma la energía térmica del gas natural en electricidad mediante dos ciclos consecutivos: el que corresponde a una turbina de gas convencional y el de una turbina de vapor.

Nicho de mercado.- Es un término de mercadotecnia utilizado para referirse a una porción de un segmento de mercado en la que los individuos poseen características y necesidades homogéneas, y estas últimas no están del todo cubiertas por la oferta general del mercado.

Efecto invernadero.- Es el fenómeno por el que determinados gases componentes de una atmosfera planetaria retienen parte de la energía que el suelo emite al haber sido calentado por la radiación solar.

Fluido caloportador.- Líquido o gas que absorbe o cede energía calorífica en los sistemas de calefacción y aire acondicionado. Es el fluido que circula por los circuitos de los paneles solare térmicos. En estos sistemas, este líquido se calienta gracias a la energía solar y a través de los tubos entra en la vivienda para calentarla.

Tratamiento superficial.- Es un proceso de fabricación que se realiza para dar unas características determinadas a la superficie de un objeto.

Capacidad Calorífica (C).- Es la cantidad de energía necesaria para elevar en 1 °C la temperatura de una muestra determinada de material.

Plásticos de ingeniería.- Estos han tenido gran aceptación en el reemplazo de muchas de las piezas en la maquinaria de todas las industrias. Debido, generalmente, a las características específicas de cada uno de estos plásticos así como el bajo costo en comparación con metales.

Fotón.- Cuando un rayo de luz es absorbido por la materia, la energía que ésta retiene son cantidades finitas, o cuantos. Un cuanto de luz es llamado fotón. Puede definirse también como la partícula de luz más pequeña.

Semiconductores.- Son materiales cuya conductividad varía con la temperatura, pudiendo comportarse como conductores o como aislantes. En los semiconductores se producen corrientes producidas por el movimiento de electrones como de las cargas positivas (huecos).

Watt pico (Wp).- Es una medida de la potencia nominal de un dispositivo de energía solar fotovoltaica en condiciones de iluminación. Se utilizan también unidades relacionadas como el kilowatt pico (kWp) y MegaWatts pico (MWp).

Tasa o curva de aprendizaje.- Describe la forma en la que los costos unitarios disminuyen en función de la producción acumulada. Por ejemplo, una tasa de aprendizaje del 20% corresponde a una reducción de igual magnitud cada vez que se duplica dicha producción.

Economías de escala.- Cualquier situación de producción, incluso la prestación de servicios financieros, en la que el coste por unidad producida disminuye a medida que aumenta el número de unidades producidas.

Costo nivelado.- También llamado costo de generación (expresado usualmente en \$/kWh), es un indicador que permite comparar una instalación, la cual genera electricidad mediante sistemas fotovoltaicos, con aquellas plantas de generación de electricidad que utilizan otros combustibles como el gas natural, el carbón, etc. Este costo considera: los costos de inversión y de operación durante toda la vida útil de la planta o sistema, incluyendo combustibles (en el caso de recursos fósiles), así como el reemplazo de los equipos. Adicionalmente, en el caso de los sistemas FV se considera la localización y la irradiación a la que se verá expuesta el sistema.

Potencia autoabastecida.- Es el reconocimiento de la capacidad aportada por la central de cogeneración en las horas de mayor demanda del SEN, con esto se recibe el beneficio en la disminución de la facturación eléctrica de las cargas del proyecto en lo relativo a los cargos por demanda facturable del Servicio Público.

Subsidio.- Es una asistencia pública basada en una ayuda o beneficio de tipo económico. Se trata de un sistema enfocado a estimular el consumo o la producción de un bien o servicio, o de una ayuda que se otorga por un tiempo determinado.

Acometida.- En las instalaciones eléctricas es la derivación desde la red de distribución de la empresa suministradora (también llamada de servicio eléctrico) hacia la edificación o propiedad donde se hará uso de la energía eléctrica (normalmente conocido como usuario).

Poder Calorífico.- Se define poder calorífico como la energía calórica que se desprende en la combustión completa de la unidad de masa o de volumen del combustible. Es la cantidad de calor que libera la combustión completa de 1m<sup>3</sup> de gas a una temperatura de 0 ° C y a la presión atmosférica.

Densidad ( $\rho$ ).- Es una medida de la cantidad de masa que contiene un volumen de agua.

El gasto o caudal (Q).- Es una cantidad hidráulica que se define como el volumen de agua que pasa por una sección de un conducto en un determinado tiempo.

Conexiones NPT.- Es por las siglas en inglés "National Pipe Thread", que es rosca de tubería cónica nacional y se usa para el estándar americano de roscas para tubería.

AWG.- En inglés American Wire Gauge o CAE-calibre de alambre estadounidense es una referencia de clasificación de diámetros. Es común encontrar la medida de conductores eléctricos (cables o alambres) indicados con la referencia AWG. Cuanto más alto es este número, más delgado es el alambre. El alambre de mayor grosor (AWG más bajo) es menos susceptible a la interferencia, posee menos resistencia interna y, por lo tanto, soporta mayores corrientes a distancias más grandes.

Factor de Demanda ( $F_d$ ).- Se define como la relación entre la máxima demanda y la carga total instalada, o simplemente un factor que se aplica a la carga y es menor al 100% o a 1.

Ampacidad.- Es la máxima intensidad de corriente que puede circular de manera continua por un conductor eléctrico sin que éste sufra daños.

Impedancia ( $Z$ ).- Es la medida de oposición que presenta un circuito a una corriente cuando se aplica un voltaje. La impedancia extiende el concepto de resistencia a los circuitos de corriente alterna (CA), puesto que los efectos de los campos magnéticos variables (bobinas) tienen una influencia importante.

Caída de tensión.- Es la diferencia de potencial que existe entre los extremos de un conductor. Este valor se mide en volts y representa el gasto de fuerza que implica el paso de la corriente por ese conductor. Así mismo, la caída de tensión es medida frecuentemente en tanto por ciento de la tensión nominal de la fuente de la que se alimenta.

## Referencias.

### Libros:

- Adriana Guadalupe Lara Méndez, Gerardo Ledezma Otero, Luis Alberto Barbosa Reyes. "Colectores Solares Usos y Ventajas."
- José Ma. Fernández Salgado. "Compendio de Energía Solar: Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica." Editorial Mundi-Prensa. Edición 2010.
- Juan Manuel Cabrera. "Captador Solar Plano."
- Julieta Evangelina Sánchez Cano. "La crisis energética global, la posición de México en el mundo."
- Lluís Jutglar. "Energía Solar." Ediciones CEAC 2004.
- Marcelo Romero Tous. "Energía Solar Fotovoltaica." Ediciones CEAC 2010.
- Marcelo Romero Tous. "Energía Solar Térmica." Ediciones CEAC 2009.
- Robert W. Adams. "Adding Solar Heat to your Home." Editorial Paraninfo S.A. Segunda edición. 1987.
- S. V. Szokolay. "Solar Energy and Building." Editorial Blume. Primera edición. 1978.

### Artículos:

- CONAE. "Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (Procalsol)."
- Escuela de Medio Ambiente. "Las Energías Renovables."
- INEGI. "Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011."
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación. "Sistema marca IUSA modelo IUSASOL SCS11008 con calentador de respaldo producido por IUSA S. A. de C. V."
- Secretaria del Medio Ambiente. "NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL NADF-008-AMBT-2005, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN ALBERCAS, FOSAS DE

## CLAVADOS, REGADERAS, LAVAMANOS, USOS DE COCINA, LAVANDERÍAS Y TINTORERÍAS.”

- SENER. “Balance Nacional de Energía-2011.”
- SENER. “Balance Nacional de Energía-2012.”
- SENER. “Energías Renovables Para el Desarrollo Sustentable en México. Año 2000.”
- SENER. “Energías Renovables Para el Desarrollo Sustentable en México. Año 2006.”
- SENER. “Estrategia Nacional de Energía 2013-2027.”
- SENER. “Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026.”
- SENER. “Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México. PROSOLAR.”
- SENER. “Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México. PROCALSOL 2007-2012.”
- SENER. “Programa Sectorial de Energía 2007-2012.”
- SENER. “Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026.”
- SENER. “Sexto Informe de Labores.”

### Institutos, Organizaciones y Secretarías:

- ANES
- CFE
- CONAEE
- CONUEE
- CONAFOVI
- CRE
- FIDE
- INEGI
- INFONAVIT
- IEA
- IIE
- SEMARNAT
- SENER
- PEMEX

Empresas contactadas para los equipos solares:

- IUSA S.A. de C.V. Calentador Solar
- JINKO SOLAR
- BICENTENARIO CALENTADORES SOLARES
- CIME Power Systems
- SOLARIS
- SUNTECH
- HELIOLCOL
- SOLARTEC
- Módulo Solar
- AXOL
- SUNNERGY
- CONERMEX
- SOLAR WORLD
- SUMSOL
- FUNCOSA Calentadores Solares de Agua

