



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**AHORRO DE ENERGÍA E INSTALACIÓN DE MÓDULOS
FOTOVOLTAICOS EN UNA EDIFICACIÓN DE TIPO RESIDENCIAL**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN INGENIERÍA SANITARIA

P R E S E N T A :

ING. CHRISTIAN MONGE CABELLO

DIRECTOR DE TESINA: ING. ESP. MAURICIO VIZCAINO MOSQUEDA

MÉXICO, D.F.

MAYO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por permitirme llegar con vida a este maravilloso momento.

A MIS PADRES, Javier Monge y Ana Lidia Cabello, por ser mi inspiración y motivación a realizar todas y cada una de mis metas. Gracias por su confianza, apoyo, consejos y amor que me han brindado.

A LA UNAM, FACULTAD DE INGENIERÍA Y PROFESORES, por dotarme con los conocimientos que me han llevado a este éxito académico. En especial, gracias a mis profesores; Ing. Erica Guzmán, M. en I. Octavio García, Ing. José Manuel Covarrubias, M. en I. Gerardo Rodríguez, Ing. Jesús Gallegos, Físico Francisco Novelo, M. en I. Hugo Haaz, Ing. Francisco de Jesús Chacón, Ing. Enrique Barranco, Ing. Raúl Verduzco, Ing. Vicente Quezada, Ing. Guillermo Sánchez y M. en Arq. Francisco Martínez.

A MI ASESOR, el Ing. Esp. Mauricio Vizcaino Mosqueda, por el apoyo incondicional y los mejores consejos para poder realizar este trabajo. Gracias por ser mi tutor, profesor y amigo.

A MIS HERMANOS Y FAMILIARES, por todos los momentos en que me han ayudado y han estado al pendiente de mi bienestar.

A MIS AMIGOS, Gerardo De la Rosa, José Luis Martínez, Pablo Galván, Gibran Argento, Víctor Suarez, Leopoldo Alanís, Diego Cruz, Marco Reyes, Ricardo Gorab, Uri Carmona y demás amigos; por todo lo aprendido en la universidad y en la vida; en especial a Aline Espinosa, por su ayuda incondicional y apoyo en la elaboración de este trabajo. Gracias a todos por estos años de amistad y los momentos inolvidables de convivencia a su lado.

ÍNDICE

Introducción	1
Objetivos.....	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
Alcances.....	8

CAPITULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. Legislación.	9
1.2. Ahorro de energía y eficiencia energética.	12
1.3. Sistemas fotovoltaicos.....	14

CAPITULO 2

DATOS DEL PROYECTO

2.1. Ubicación.....	17
2.2. Distribución de áreas.....	18
2.3. Condiciones solares.	18
2.4. Equipos y hábitos de uso actuales por los residentes.....	18
2.5. Consumo de referencia.....	20

CAPÍTULO 3

SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Consumo actual.	22
---------------------------	----

CAPÍTULO 4

PROPUESTA TÉCNICA

4.1. Iluminación por focos.	24
4.2. Sistema fotovoltaico.....	27
4.2.1 Módulos fotovoltaicos.....	28
4.2.2. Inversor.....	31
4.2.3. Medidor bidireccional.	32
4.2.4. Interruptores de seguridad.	32
4.2.5. Esquema de instalación.	33
4.2.6. Documentación para contratación de interconexión con CFE.	33
4.3. Ahorro de energía por acciones que no requieren inversión	35
4.4. Resumen de propuesta	36

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. Tarifa.....	37
5.2. Gasto actual.	38
5.3. Inversión.....	38
5.4. Gasto nuevo.....	40

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Tabla de resultados.	41
6.2. Económico.	41
6.3. Ambiental.	43
6.4. Social.	44
Conclusiones	45
Referencias.....	46

INTRODUCCIÓN

El cambio climático se perfila como el problema ambiental global más relevante de nuestro siglo. El aumento de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) es el causante del calentamiento global y el cambio climático; temas realmente importantes, ya que afectan los recursos hídricos, ecosistemas, biodiversidad, procesos productivos, infraestructura y salud pública, que influyen sobre los tres pilares de la sustentabilidad: *Economía, sociedad y naturaleza*.

El Sol es el mayor generador natural de espectros electromagnéticos, de los cuales el espectro visible y la radiación ultravioleta (espectros con longitud de onda corta) son los espectros de mayor influencia sobre el planeta, debido a que la atmósfera de la Tierra, una mezcla de gases que nos rodea, compuesta por 78% de nitrógeno (N_2), 21% de oxígeno (O_2) y 1% de otros gases, a diferencia de otras atmósferas, es transpirable, es decir, permite el paso de ondas cortas pero lo impide para ondas largas (NASA, 2014).

La radiación solar penetrable puede ser absorbida o reflejada principalmente por la atmósfera y la superficie terrestre, aproximadamente el 30% de esta radiación se refleja, mientras que el 70% se absorbe (CNRS, 2012).

La radiación absorbida en la Tierra, es convertida en calor que será emitido posteriormente en forma de radiación infrarroja, y por ser espectro con longitud de onda larga será obstaculizado y reemitido en gran porcentaje por los gases de la atmósfera, haciendo ganar nuevamente temperatura al planeta; este ciclo de calentamiento logra tener una temperatura media en la Tierra de 15°C, lo cual propicia la vida en el planeta (Garduño, 2004). Este maravilloso fenómeno es llamado, Efecto Invernadero (EI). Sin embargo, desde hace 20 años o más, la presencia de ciertos gases en la atmósfera han incrementado el porcentaje de retención de radiación infrarroja, provocando variaciones en el efecto invernadero, una de ellas es evidentemente el aumento de la temperatura media en la Tierra, o comúnmente conocido como calentamiento global, estos gases producto de la actividad antropogénica y causantes de las alteraciones, son llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Los GEI regulados según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) son:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Hidrofluorocarbonos (HFCs)
- Perfluorocarbonos (PFCs)
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)

En cumplimiento a los artículos 4 y 12 de la CMNUCC, el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) del 2010, realizado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), estima los siguientes porcentajes de emisiones de los GEI ya mencionados:

- 65.9% de dióxido de carbono (CO₂)
- 22.3% de metano (CH₄)
- 9.2% de óxido nitroso+ (N₂O)
- 2.5% de HFCs, PFCs y SF₆

A pesar de que los HFCs, PFCs, SF₆ e incluso el N₂O son capaces de producir un efecto invernadero mucho mayor que el CO₂, la concentración de éste es indiscutiblemente superior en la atmósfera, por lo tanto su efecto nocivo es mayor; por esta razón se considera el CO₂ como parámetro de referencia para los demás GEI, estimándose una concentración de 748 millones de toneladas de CO₂ equivalente (INEGEI, 2010).

Las emisiones de metano (CH₄) se deben a una mala gestión de residuos sólidos, agua residual en las zonas urbanas y estiércol en el sector ganadero, a los procesos de extracción, refinación y producción de petróleo y gas.

Por otra parte, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) se deben principalmente a la generación de energía en: *Industrias*, por la gran cantidad de industrias y su desmedida producción para satisfacer la creciente demanda de productos, incrementando las emisiones. *Transporte*, por la preferente inversión y desarrollo de tecnología en infraestructura y vehículos para el sector privado, aumentando el parque vehicular y dejando a un lado el transporte público, los cuales tienen grandes índices de contaminación con un poco aprovechamiento en relación a la cantidad de usuarios, en industrias. *Residencias*, debido a la poca cultura ambiental que tiene la sociedad, principalmente la relacionada con el ahorro de energía, por ejemplo, no apagar la luz cuando no se requiere, tener varios televisores encendidos transmitiendo el mismo contenido, dejar la puerta del refrigerador abierta por largo tiempo, dejar aparatos conectados que no se utilizan, entre otros, que llevan a la sobreexplotación de recursos naturales, con la finalidad de abastecer la demanda de energía eléctrica y contribuyendo fuertemente con las emisiones de CO₂.

El cambio climático es un fenómeno natural; sin embargo, su acelerada presencia y agudización como problema, es resultado del consumo excesivo e ineficiente de la sociedad, la deforestación y el modelo energético derrochador y poco equitativo que se tiene en la actualidad.

Algunos impactos y consecuencias del cambio climático son:

- Aumento del nivel del mar por deshielo de glaciares, poniendo en riesgo a las poblaciones costeras.
- Reducción del abastecimiento de agua potable por escases de agua dulce o salinización de acuíferos.
- Pérdida de ecosistemas por extinción de especies que no lograron una adaptación al cambio climático.
- Fuertes temporadas de sequía, afectando al sector agrícola y ganadero.
- Olas de calor, poniendo en riesgo la salud o vida de la población más vulnerable.
- Confrontación de naciones, por posesión de recursos naturales.

A nivel mundial, se apuesta por el aprovechamiento de energías renovables para la generación de electricidad, recordando que es la principal causa de emisiones de CO₂. En 2012 era posible cubrir aproximadamente el 26% de la generación eléctrica mundial, mediante la capacidad instalada para generación de electricidad por energías renovables; la cual está distribuida como se muestra en la Tabla 1. Capacidad Mundial Instalada para la Generación Eléctrica en 2012.

Con base al Artículo 1º, Fracción II de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; se excluye como energía renovable la energía hidráulica con capacidad para generar más de 30 mega watts, salvo algunas excepciones. Tomando en cuenta esto, México en 2012 contaba con una capacidad de generación alrededor de 6000 mega watts, concentrando cerca del 75% en los estados de Oaxaca, Baja California, Tamaulipas y Veracruz (Lozano, 2013), obsérvese en la Tabla 2. Generación de Electricidad Mediante Energía Renovable a Nivel Nacional en MW 2012.

Tabla 1. Capacidad Mundial Instalada para la Generación Eléctrica en 2012.

Energía	Capacidad instalada (GW)	% de generación de por energía renovable	% de generación a nivel mundial
Hidráulica¹	990.0	67.3	17.6
Eólica	283.0	19.2	5.0
Solar fotovoltaica	100.0	6.8	1.8
Biomasa	83.0	5.6	1.5
Geotérmica	11.7	0.8	0.2
Solar de alta concentración	2.5	0.2	0.0
Mareomotriz	0.5	0.0	0.0
Total:	1 470.7	100	26

Elaboración propia, datos tomados de Energías Renovables, Unidad de Inteligencia de Negocios; Panorama Global, 2013.

¹ Se incluye la energía hidráulica como fuente de energía renovable sin hacer distinción de las grandes hidroeléctricas, consideradas energías no renovables por su alto impacto ambiental.

Tabla 2. Generación Eléctrica Mediante Energía Renovable a Nivel Nacional en MW 2012.

Estado	Energía renovable					Total
	Eólica	Geotérmica	Bioenergía	Hidráulica	Solar	
Oaxaca	2 499		33	39		2 571
Baja California	258	645		24	5	932
Tamaulipas	437		13			450
Veracruz	40		270	124		434
Nuevo León	274		28			302
San Luis Potosí	200		81		1	282
Michoacán		192	15	4		210
Jalisco			61	58	30	149
Chiapas	39		25	60		124
Puebla		52	15	39		106
Otros	2	10	205	118	156	492
Total:	3 749	898	745	467	192	6 052

Elaboración propia, datos tomados de Energías Renovables, Unidad de Inteligencia de Negocios; Panorama Global, 2013.

Sin duda alguna, nuestro país cuenta con un gran potencial para el aprovechamiento de la energía eólica, en la cual se han invertido recursos económicos y tecnología de punta, con la finalidad de incrementar más la capacidad para generar energía eléctrica a partir de esta fuente renovable. Sin embargo, México también cuenta con un alto potencial para el aprovechamiento de la energía solar, debido a que es uno de los países que conforman el cinturón solar², donde la radiación llega a ser mayor a 5 kWh por m² (Lozano, 2013); a pesar de ello el aprovechamiento de esta energía renovable no figura en las estadísticas nacionales.

Cada día son más las empresas manufactureras de módulos fotovoltaicos en el país, porque es fundamental conseguir el aprovechamiento de esta energía renovable, que se encuentra directamente relacionada con la generación de energía eléctrica. Si se lograra realizar diseños de instalaciones, que aprovechen al máximo este potencial de energía solar fotovoltaica, para fines de autoconsumo energético, se tendría una gran mitigación al cambio climático, debido a que se reduciría hasta en un 7% las emisiones de CO₂ a la atmósfera (Laguna, 2013).

²Conformado por 148 países que se encuentran en la latitud +/- 35º con respecto al Ecuador, donde se tienen los niveles más altos de radiación solar al año del planeta

Las emisiones de gases de efecto invernadero y el cambio climático, son temas que nos conciernen a todos por igual, está en cada uno de nosotros la decisión de implementar el uso de energías renovables para autoconsumo en el sector residencial y cambiar los hábitos de consumo de energía mediante la aplicación de medidas de eficiencia energética, lo cual se encuentra en constante crecimiento a nivel mundial, con el fin de reducir las emisiones de GEI y contribuir a la mitigación del cambio climático.

OBJETIVOS

Objetivo General

Demostrar las ventajas de la aplicación de energías renovables y medidas de eficiencia energética en edificaciones tipo residencial.

Objetivos Específicos

- Desarrollar un plan de ahorro de energía el cual incluya medidas de eficiencia energética enfocadas principalmente a la iluminación.
- Emplear el uso de energías renovables; diseñando un sistema de generación eléctrica a base de módulos fotovoltaicos, que abastezca el consumo promedio diario de una casa tipo habitación, de clase media alta, particular, de dos plantas para cuatro residentes.
- Obtener la certificación de edificación sustentable mediante el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES) aplicable para Distrito Federal.
- Contribución del residente de manera sustentable basado en los tres pilares: Economía, sociedad y naturaleza; viéndolo reflejado en la reducción de los costos y la contribución a la mitigación del cambio climático, haciéndolo socialmente responsable.

ALCANCES

El presente proyecto se enfocará en realizar un análisis de consumos energéticos, evaluando los equipos y hábitos de uso en una casa habitación con cuatro habitantes, de tipo *interés social*; con la finalidad de conocer las condiciones de eficiencia energética y ahorro de energía presentes en la edificación. Como parte del análisis se llevará a cabo un comparativo entre las condiciones actuales y las condiciones de referencia, estas últimas involucran potencias medias de diferentes equipos.

Centrando el interés en aquellos equipos que presentan tener el mayor consumo energético, se buscará tener un consumo energético promedio diario menor al 50% del consumo promedio diario medio o de referencia, enfocando las medidas de eficiencia energética principalmente a la iluminación dentro de la edificación y remplazando los equipos con baja eficiencia por equipos de alta eficiencia energética. Para lo que se diseñará un sistema fotovoltaico interconectado a la red pública, que garantice la generación eléctrica del nuevo consumo promedio diario de la edificación; dicho diseño deberá contemplar todos y cada uno de los componentes necesarios en el sistema.

Además de fomentar el uso de las energías renovables, solar fotovoltaica, para autoconsumo, se impulsarán las edificaciones sustentables, obteniendo la certificación del Programa de Certificaciones de Edificaciones Sustentables (PCES). La certificación de la edificación será en la categoría de cumplimiento, al sumar 18 puntos por las acciones de ahorro de energía eléctrica y 8 puntos por contar con la instalación de módulos fotovoltaicos, obteniendo un total de 26 puntos, suficientes para obtener dicha certificación.

Es importante tomar en cuenta que las acciones de ahorro de energía y el sistema fotovoltaico, deben implicar una inversión pequeña a los residentes, la cual se recuperará en un plazo no mayor a 5 años. Esto garantizará un proyecto atractivo y con mayores posibilidades de realizarse y de tener un efecto multiplicativo para casos similares.

CAPITULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. Legislación.

Ante el panorama crítico del incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero en los últimos años, existe una serie de acuerdos internacionales y leyes nacionales, que tienen como finalidad mitigar el cambio climático. Algunos de los más importantes son:

- **Protocolo de Kioto.**

Acuerdo institucional a nivel internacional aprobado el 9 de mayo de 1992. Inicio con un objetivo ambicioso acordado en 1997, obligar a los países firmantes reducir en un 5.2% sus emisiones de gases de efecto invernadero para el periodo de 2008 al 2012, tomando como base las registradas en 1990; no obstante, se fueron realizado negociaciones y acuerdos para finalmente en la Cumbre de Bonn en julio de 2001, fijar el límite de reducción en 1.8%, a fin de poder ratificar el acuerdo.

- **Ley General de Cambio Climático.**

Ley aplicable a nivel nacional, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012, con última modificación el 16 de octubre de 2014. Tiene por objeto: Garantizar el derecho a un medio ambiente sano; regular las emisiones de GEI y las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático; reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas frente al cambio climático; fomentar la educación, investigación, desarrollo de tecnología, innovación y difusión en materia de mitigación y adaptación al cambio climático; así como promover una economía sustentable y de bajas emisiones de carbono. Para lo cual cuenta con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia de Registro Nacional de Emisiones, publicado el 28 de octubre de 2014.

- **Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para el Distrito Federal.**

Ley aplicable al Distrito Federal, publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 16 de junio de 2011. Cuyo objeto es: El establecimiento de políticas públicas que permitan propiciar la mitigación de GEI, la adaptación al cambio climático, así como el coadyuvar al desarrollo sustentable. Para lo cual cuenta con el Reglamento de la Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para el Distrito Federal, publicado el 19 de octubre de 2012.

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

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre de 2008, con última modificación el 7 de junio de 2013. Cuyo objetivo es: Regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética. Para lo cual cuenta con el Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, con última modificación el 30 de noviembre de 2012.

- **Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables.**

A partir del año 2009 en México, Distrito Federal, se puso en marcha el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES); un programa que toma en cuenta si es una edificación nueva o en operación, las condiciones demográficas de la zona y su ocupación, para distribuir un total de 100 puntos en diferentes criterios, los cuales considera propios de una edificación sustentable y son:

- Energía (25 puntos).
- Agua (25 puntos).
- Residuos sólidos (10 puntos).
- Calidad de vida y responsabilidad social (25 puntos).
- Impacto ambiental y otros impactos (15 puntos).

Mediante un organismo que certifica el grado de cumplimiento de los criterios de sustentabilidad, determina un puntaje a la edificación; el cual, si es mayor a 21 puntos, permite obtener una de las tres distintas certificaciones del PCES. Esta certificación, a manera de incentivos, ofrece beneficios como plusvalía de la propiedad, ahorros económicos en energía y agua, reducción en el pago de impuesto predial, financiamiento a tasas preferenciales e incluso reconocimiento nacional e internacional como miembro del grupo de edificaciones sustentables.

Los rangos de puntaje para ser acreedor a un certificado de edificaciones sustentables de PCES son:

- Cumplimiento (21 a 50 puntos).
- Eficiencia (51 a 80 puntos).
- Excelencia (81 a 100 puntos).

Es importante mencionar que con la finalidad de aumentar las posibilidades de certificación para una edificación, el programa PCES ofrece un total de 33 puntos extras para cumplimiento opcional distribuidos bajo las siguientes especificaciones:

- Instalación de sistemas fotovoltaicos (8 puntos).
- Instalación que requiera de calentadores solares en edificios de oficina (7 puntos).
- Proveer áreas verdes que proporcionen confort y propicien interacción social (3 puntos).
- Instalar biciestaciones con préstamo de bicicletas para inquilinos o empleados (4 puntos).
- Edificios en operación que hagan remodelaciones tomando en cuenta el diseño bioclimático (5 puntos).
- Diseño e implementación de ciclo vía interna en unidades habitacionales (4 puntos).
- Edificaciones nuevas que respeten arbolado existente (2 puntos).

Un criterio tan primordial como el de energía y especialmente el referido a edificios de vivienda, contempla como rubros de puntaje: las acciones encaminadas al concepto de ahorro de energía eléctrica (18 puntos) y la instalación de calentadores solares (7 puntos), además de un puntaje extra por la instalación voluntaria de sistemas fotovoltaicos (8 puntos). Es decir que mediante el ahorro de energía eléctrica e instalación de un sistema fotovoltaico, sumamos 26 puntos con los cuales somos acreedores a la certificación de cumplimiento.

1.2. Ahorro de energía y eficiencia energética.

El ahorro de energía eléctrica, es la reducción del consumo energético, principalmente mediante medidas de eficiencia energética. Es decir, el ahorro de energía está relacionado con las acciones realizadas por los usuarios y generalmente no requieren inversión económica; mientras que la eficiencia energética se relaciona directamente con el cambio de equipos instalados en la edificación y requieren un mayor costo económico. Por lo anterior se pretende mantener los mismos servicios eléctricos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, pero con un consumo por debajo de la media o consumo de referencia en energía eléctrica. Existen una serie de puntos, que nos ayudan a determinar qué tan alta o baja eficiencia tienen, algunos de éstos pueden ser: porcentaje de consumo energético con respecto a la media, nivel de cumplimiento con los requerimientos del servicio, tiempo de vida útil, disponibilidad del producto o refacciones en el mercado, mantenimiento requerido, entre otros.

La Secretaría de Energía (SENER) expone que cerca del 80% del consumo total de la electricidad en el sector residencial, es debido principalmente a tres aparatos; en primer lugar se ubica el refrigerador con un 39% del consumo, seguido de la iluminación por focos con un 27%, dejando así en tercer lugar a los televisores con un 12% del consumo total en un vivienda. Sin duda alguna, los equipos de mayor eficiencia energética con los que deberíamos de contar en nuestra vivienda (SENER, 2011).

Actualmente existe una gran gama de equipos eléctricos o electrónicos que son acreedores al sello FIDE, el cual asegura que los equipos harán uso de la energía eléctrica eficientemente. Centrando nuestra atención en dos de los tres equipos antes mencionados, refrigeradores y televisores, su selección, aunque todos contaran con el sello FIDE, está influenciada por una serie de factores como marca, modelo, tamaño, accesorios especiales y otras dependiendo del consumidor; es por ello que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) pone a disposición del cliente el consumo energético medio de algunos equipos domésticos, utilizados en la cocina, sala, recámara y cuarto de servicio. Los equipos mencionados en la siguiente tabla, no son necesarios o únicos en una edificación tipo residencial, sin embargo muestran las potencias medias o de referencia para fines comparativos hablando de energía.

Tabla 3. Consumo Energético por Equipo en una Vivienda.

Cocina		Sala		Recámara		Cuarto de limpieza	
Aparato o equipo	Consumo energético (watts)	Aparato o equipo	Consumo energético (watts)	Aparato o equipo	Consumo energético (watts)	Aparato o equipo	Consumo energético (watts)
Abrelatas Eléctrico	60	Aire acondicionado	2 950	Calefactor	1 300	Aspiradora	1 200
Batidora manual	140	DVD	25	Secadora de cabello	825	Bomba de agua	400
Cafetera	700	Estéreo	75	Ventilador	100	Lavadora	375
Exprimidor de cítricos	35	Laptop	150			Plancha	1 200
Extractor de jugos	250	Televisor	150			Radio	15
Horno de microondas	1 200						
Horno Eléctrico	950						
Licudadora	350						
Parrilla Eléctrica	850						
Refrigerador	575						
Tostador eléctrico	900						

Elaboración propia, con datos tomados de CFE, Ahorro de Energía, 2012.

Por otra parte, la selección de focos depende principalmente del tipo de foco y el nivel de iluminación que brinda. Los primeros focos ahorradores fueron focos de halógeno, focos de luz cálida que sustituían a los focos incandescentes con el mismo nivel de iluminación pero con alrededor de 30% en ahorro energético, el retorno de inversión de estos focos era en un par de meses a pesar de tener un costo casi cinco veces mayor al foco incandescente. Gracias a los avances tecnológicos, aparecieron las lámparas fluorescentes compactas, cuyo ahorro energético es aproximadamente del 80%, su costo es quince veces mayor a un foco incandescente o tres veces mayor a un foco de halógeno, sin embargo la inversión era recuperada al segundo mes y garantizaba tener el doble o hasta el triple en horas de vida útil que los otros focos; su mayor inconveniente, es la pequeña presencia de mercurio en su interior que lo convierte en un residuo peligroso.

Actualmente, el uso de focos LED (Light Emitting Diode) representa la mejor opción para iluminación residencial, ofrecen un ahorro de energía cercana al 90%, con una vida útil de hasta 70 veces más que un foco incandescente, en comparación con las lámparas fluorescentes, no contienen residuos peligrosos y algunos pueden ser reciclados, si bien es cierto que su costo es muy elevado pero se recupera fácilmente por su bajo consumo energético y tiempo de vida útil (Lang, 2013).

La importancia de saber el consumo energético que se tiene, es desarrollar un plan de acción de ahorro de energética, el cual nos permita llegar a un consumo promedio diario de energía factible para abastecer, mediante energía solar fotovoltaica. Es decir, energía eléctrica generada a partir de la energía solar.

1.3. Sistemas fotovoltaicos

La radiación emitida por el Sol medida en unidad de potencia instantánea por unidad de superficie (W/m^2), es llamada irradiancia y varía dependiendo el lugar en donde estemos ubicados; por ejemplo, fuera de la atmósfera el valor promedio es de $1\ 367\ \text{W}/\text{m}^2$ y es llamado constante solar, sin embargo, la superficie terrestre recibe aproximadamente $1\ 000\ \text{W}/\text{m}^2$ de irradiancia (Sandoval, 2011).

Si se recibe irradiancia de manera constante en un periodo de tiempo determinado, Horas Solar Pico (HSP), determinaremos de esta manera la irradiación ($\text{W-hora}/\text{m}^2$) o cantidad de energía solar aprovechable.

Con base en los registros emitidos por el Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México (SIGER) y el Observatorio de Radiación Solar (ORS) del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, las horas solar pico para el Distrito Federal oscilan entre 5.11 y 5.36 horas, dependiendo el plano de inclinación. Por lo que la irradiación en kWh/m^2 promedio oscila entre estos valores.

Si esta energía solar se hace incidir sobre dos capas de material semiconductor³, provoca la liberación de electrones que fluyen de una capa hacia la otra repetitivamente, creando un campo de electricidad entre ambas capas, generando energía eléctrica a partir de energía solar. El material semiconductor más utilizado es el silicio, el cual es procesado de manera industrial hasta formar células o celdas fotovoltaicas, donde se lleva a cabo esta sencilla pero magnífica transformación de energía.

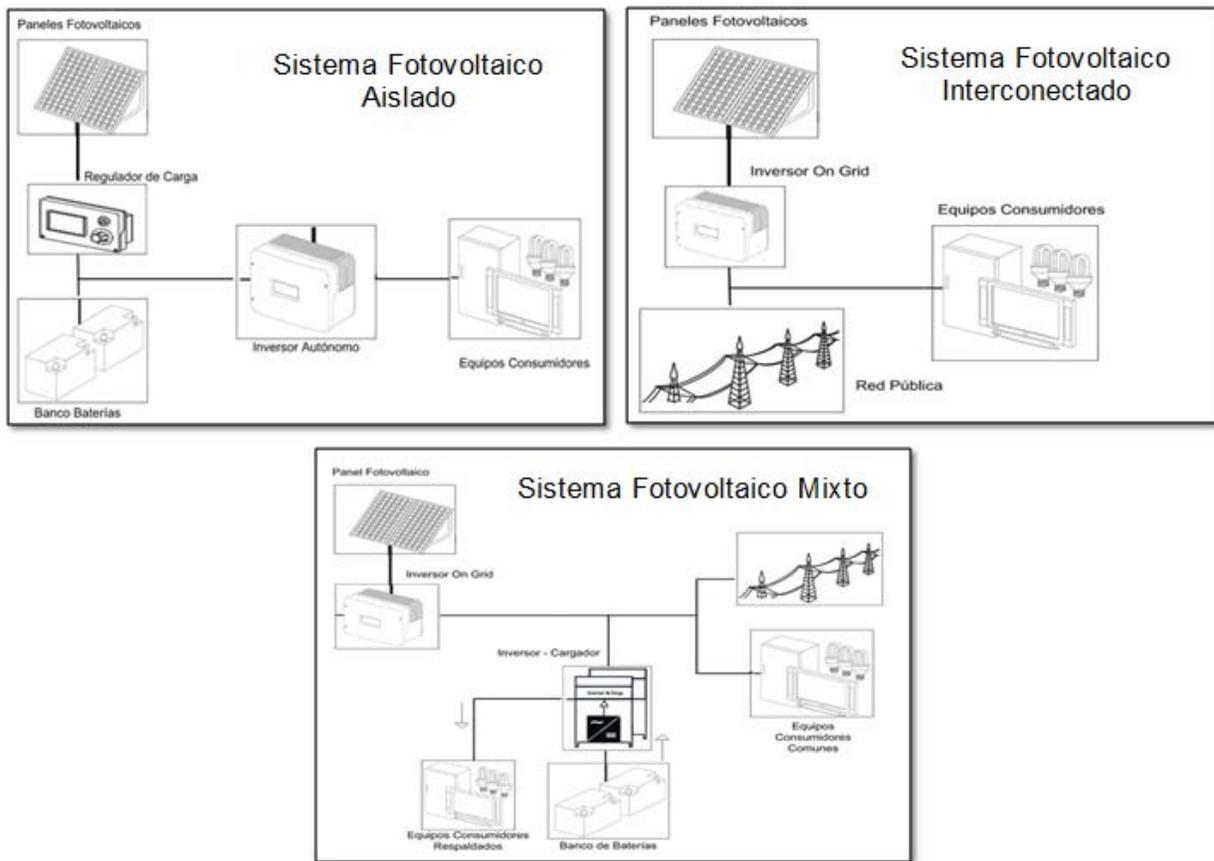
Si varias celdas son interconectadas, se incrementa su potencia y al conjunto de éstas se le llama módulo fotovoltaico, dependiendo del control de calidad que se tenga en el proceso de la celda, se tendrán diferentes características tanto físicas como eléctricas, por ejemplo: las de mayor calidad, celdas monocristalinas, presentan una estructura cristalina homogénea en tonalidad azul o negro y ofrecen una alta eficiencia de transformación de energía; las de calidad intermedia, celdas policristalinas, presentan un acomodo irregular de los cristales denotada por un color azul moteado, ofreciendo una eficiencia inferior a las monocristalinas; por último, las celdas de silicio amorfo o de película delgada, ofrecen una eficiencia muy por debajo de las anteriores debido a la calidad del material y el tipo de proceso de construcción.

Indudablemente la eficiencia que nos brinda un módulo fotovoltaico, es uno de los parámetros más importantes para su selección en el mercado, pero ésta no solo se encuentra en función del material con el que está fabricado, sino también de la orientación e inclinación que tenga en la instalación. Esto significa que los módulos deben tener una orientación preferente, en el hemisferio norte deben de estar mirando hacia el Sur, mientras que los módulos del hemisferio sur deben mirar hacia el Norte; en ambos casos, la inclinación que ofrece la mayor eficiencia para generación de energía todo el año, corresponde a la latitud del lugar.

Actualmente es posible contar con un sistema de generación fotovoltaico aislado, interconectado o mixto. El primero consiste en la autosuficiencia de energía eléctrica mediante un banco de baterías, debido a que no se encuentra conectado a la red pública; el segundo sistema mantiene la conexión con la red pública, con la finalidad de aportar sus excesos de generación o cubrir sus déficit; el último realiza la misma función que el interconectado pero con un respaldo de baterías como el aislado, en caso de falla en la red pública.

³ Aquel que solo conduce la electricidad dependiendo de diversos factores o bajo ciertas condiciones.

Imagen 1. Tipos de Sistema Fotovoltaico.



Tesla Energy, Soluciones Eléctricas Eficientes, Energía Solar Fotovoltaica, 2014.

El sistema fotovoltaico interconectado, aparte de los módulos fotovoltaicos, requiere la instalación de tres componentes más. El primero de ellos es el inversor, dispositivo encargado de transformar la energía generada en los módulos, corriente directa (DC), a la energía de abastecimiento y/o intercambio en la red, corriente alterna (AC). El segundo de ellos es un contador de energía, también llamado medidor bidireccional, cuya función es medir la energía generada e introducida a la red pública, como la energía requerida y extraída de la red. Por último, es preferible contar con un dispositivo de intercambio, capaz de distribuir la energía con todas las características requeridas, brindando protección tanto a la vivienda como a la red de CFE.

CAPITULO 2

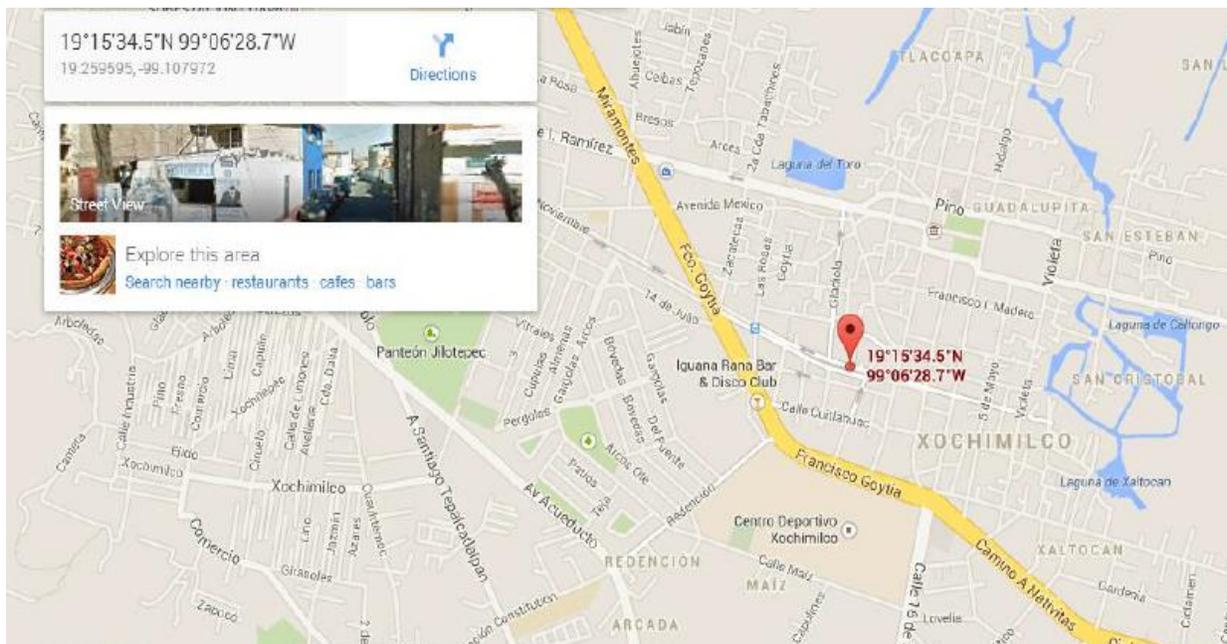
DATOS DEL PROYECTO

Para la realización de esta tesina, se analizó una casa particular de clase media alta de dos niveles, habitada por cuatro personas adultas. Las características de la casa son las siguientes.

2.1. Ubicación.

Ubicada en el Barrio de San Pedro, Delegación Xochimilco, Distrito Federal. Con base al sistema de Coordenadas Geográficas (GPS) a 19° Latitud Norte y 99° Longitud Oeste.

Imagen 2. Ubicación de Proyecto.



Google Maps, 2015.

2.2. Distribución de áreas.

El predio cuenta con una superficie total de 102 m², de los cuales 44 m² corresponden a garaje y 58 m² se encuentran ocupados por la vivienda de dos plantas. En la planta baja se encuentra La cocina, el comedor, la sala, el cuarto de servicio y un baño. En el primer nivel se encuentran una estancia, tres recámaras y un baño.

La azotea cuenta con una pendiente mínima para el desalojo de aguas pluviales, de igual manera se tiene instalado un tanque elevado para el abastecimiento de agua en la residencia, cuya instalación cubre 5 m², dejando prácticamente libre y aprovechable un área de 53 m². La azotea se encuentra a 5.5 m sobre nivel de avenida, quedando por encima o a la misma altura de las dos residencias aledañas, dejando el área aprovechable libre de sombra cualquier día del año.

2.3. Condiciones solares.

Los registros del Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables (SIGER) y el Observatorio de Radiación Solar (ORS), determinan un valor entre 5.11 y 5.36 Horas Solar Pico (HSP) para el Distrito Federal; sin embargo, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), tomando en cuenta la contaminación atmosférica, propone un valor de diseño igual a 4.5 HSP.

Actualmente la determinación de las HSP no es un valor normado, por lo tanto se propone usar el valor de 5 HSP, porque se cree que es el más conveniente para emplear en el presente proyecto.

2.4. Equipos y hábitos de uso actuales por los residentes.

A continuación se muestra el listado de 15 equipos eléctricos o electrónicos, con su potencia, tiempo y días de uso, así como la distribución de 21 focos de la casa con sus respectivos tiempos y días de encendido:

Tabla 4. Equipos y Hábitos de Uso Actuales.

Equipo	Cantidad	Marca	Modelo	Potencia (W)	Tiempo de servicio al día (min)	Días de servicio a la semana
Batidora	1	Philips	HR 1495	190	5	1
Bomba de agua	1	Rotobomba	Periférica EP2 M	370	15	3
Estéreo	1	Aiwa	Z-1620	190	20	4
Exprimidor de jugos	1	Ufesa	Estándar	40	5	3
Focos garaje	3	Incandescente		100	30	7
Focos cocina	1	Incandescente		100	120	7
Focos comedor	3	Incandescente		60	120	7
Focos sala y estancia	6	Incandescente		60	180	7
Focos cuarto de servicio	1	Incandescente		100	60	1
Focos recámaras	5	Incandescente		100	120	7
Focos baños	2	Incandescente		100	40	7
Microondas	1	LG	MS-1444DP	1650	5	2
Laptop 1	1	Gateway	NV59	65	240	4
Laptop 2	1	Gateway	NV59	65	180	5
Lavadora	2	Koblenz	LRK-1811T	205	120	1
Licuada	1	Black&Decker	BLM2350P	350	3	5
Plancha	1	Hamilton Beach	186	1 500	20	4
Refrigerador	1	Samsung	RT43CH5W	180	360	7
Televisión sala	1	Samsung	LED Smart TV UN40EH5300FXZX	89	180	7
Televisor recámara 1	1	Samsung	LED Smart TV UN40EH5300FXZX	89	120	5
Televisor recámara 2	1	Samsung	Slim Fit TV CL29Z40MQ	140	60	5
Televisor recámara 3	1	Samsung	Slim Fit TV CL29Z40MQ	140	60	2

Elaboración propia, datos tomados de las fichas técnicas de los aparatos eléctricos y electrónicos de la casa de estudio y de los hábitos y uso de los usuarios.

2.5. Consumo de referencia.

El consumo de referencia, se determina calculando el consumo promedio diario de la vivienda, empleando la potencia media de cada equipo especificada por la CFE. Este consumo servirá como parámetro al determinar el grado de eficiencia en la vivienda.

Con base en el número de equipos y los hábitos de uso por parte de los residentes, la obtención del consumo referencia consiste en:

$$\text{Consumo}_{\text{Referencia}} = \frac{\text{No. de equipos} * \text{Potencia}_{\text{Referencia}} * \text{Tiempo de servicio al día} * \text{Días de servicio a la semana}}{\text{Días de la semana} = 7}$$

Donde:

*Consumo*_{Referencia} (Wh)

*Potencia*_{Referencia} (W)

Tiempo de servicio al día (h)

Días de servicio a la semana (días)

Días de la semana (días) = 7 días

Tabla 5. Consumo Referencia.

Equipo	No. de equipos	Potencia referencia (W)	Tiempo de servicio al día (min)	Tiempo de servicio al día (h)	Días de servicio a la semana	Consumo promedio diario (Wh)
Batidora	1	140	5	0.083	1	1.67
Bomba de Agua	1	400	15	0.250	3	42.86
Estéreo	1	75	20	0.333	4	14.29
Exprimidor de cítricos	1	35	5	0.083	3	1.25
Focos ⁴ garaje	3	23	30	0.500	7	34.50
Focos cocina	1	23	120	2	7	46.00
Focos comedor	3	23	120	2	7	138.00
Focos sala y estancia	6	23	180	3	7	414.00
Focos cuarto de servicio	1	23	60	1	1	3.29
Focos recámaras	5	23	120	2	7	230.00
Focos baños	2	23	40	0.667	7	30.67
Microondas	1	1200	5	0.083	2	28.57
Laptop 1	1	150	240	4	4	342.86
Laptop 2	1	150	180	3	5	321.43
Lavadora	2	375	120	2	1	214.29
Licuada	1	350	3	0.050	5	12.50
Plancha	1	1200	20	0.333	4	228.57
Refrigerador	1	575	360	6	7	3 450.00
Televisor sala	1	150	180	3	7	450.00
Televisor recámara 1	1	150	120	2	5	214.29
Televisor recámara 2	1	150	60	1	5	107.14
Televisor recámara 3	1	150	60	1	2	42.86
Total:						6 369.01

Elaboración propia, con datos tomados de CFE, Ahorro de Energía 2012.

⁴Nota: Después de poner en marcha el Programa Luz Sustentable, se considera el uso de lámparas fluorescentes como focos considerados en la media, cuya potencia es igual a 23 watts; incluyen todos los focos de la residencia.

CAPÍTULO 3

SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Consumo actual.

Para la obtención del consumo actual, es necesario consultar las fichas técnicas de los equipos eléctricos o electrónicos, con la finalidad de conocer la potencia real de estos y poder determinar el consumo actual.

A continuación se muestra el consumo actual, el cual es de 5 374 watts. Si se compara contra el consumo referencia de 6 369 watts, podemos notar que se está 16% por debajo de la media o consumo referencia, esto debido a que en la vivienda, se encuentran presentes seis equipos eléctricos o electrónicos con sello FIDE o de alta eficiencia. Uno de estos equipos corresponde al refrigerador y dos equipos más corresponden a televisores, equipos que marca la Secretaria de Energía como principales consumidores en el sector residencial.

Tabla 6. Consumo Actual.

Equipo	No. de equipos	Potencia actual (W)	Equipo con sello FIDE o de alta eficiencia	Tiempo de servicio al día (min)	Tiempo de servicio al día (h)	Días de servicio a la semana	Consumo actual (Wh)
Batidora	1	190	No	5	0.083	1	2.26
Bomba de agua	1	370	No	15	0.250	3	39.64
Estéreo	1	190	No	20	0.333	4	36.19
Exprimidor de cítricos	1	40	No	5	0.083	3	1.43
Focos garaje	3	100	No	30	0.500	7	150.00
Focos cocina	1	100	No	120	2	7	200.00
Focos comedor	3	60	No	120	2	7	360.00
Focos sala y estancia	6	60	No	180	3	7	1 080.00
Focos cuarto de servicio	1	100	No	60	1	1	14.29
Focos recámaras	5	100	No	120	2	7	1000.00
Focos baños	2	100	No	40	0.667	7	133.33
Microondas	1	1 650	No	5	0.083	2	39.29
Laptop 1	1	65	Si	240	4	4	148.57
Laptop 2	1	65	Si	180	3	5	139.29
Lavadora	2	205	Si	120	2	1	117.14
Licuada	1	350	No	3	0.050	5	12.50
Plancha	1	1 500	No	20	0.333	4	285.71
Refrigerador	1	180	Si	360	6	7	1 080.00
Televisor sala	1	89	Si	180	3	7	267.00
Televisor recámara 1	1	89	Si	120	2	5	127.14
Televisor recámara 2	1	140	No	60	1	5	100.00
Televisor recámara 3	1	140	No	60	1	2	40.00
Total:							5 373.79

Elaboración propia, datos tomados de las fichas técnicas de los aparatos eléctricos y electrónicos de la casa de estudio.

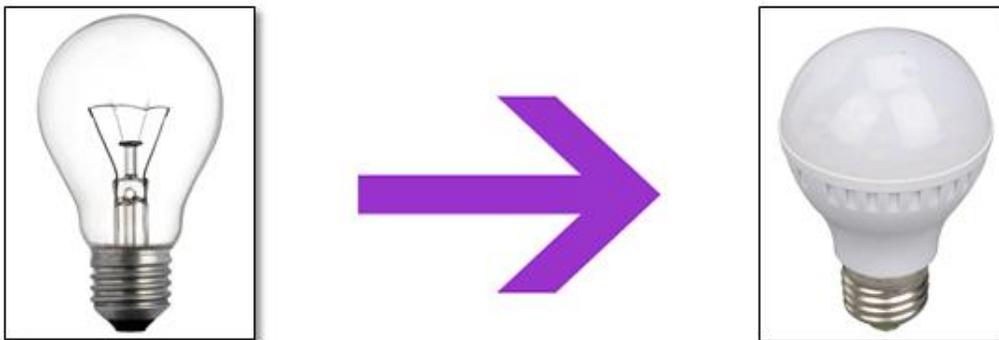
CAPÍTULO 4

PROPUESTA TÉCNICA

Se desarrollará un programa de ahorro de energía, que constará principalmente de medidas de eficiencia energética, enfocada a la iluminación por focos y la instalación de un sistema fotovoltaico.

4.1. Iluminación por focos.

Sustituir 12 focos incandescentes de 100 watts por 12 focos LED de 12 watts, siendo equivalentes en el nivel de iluminación.



Remplazar 3 lámparas de techo con base para 3 focos cada lámpara, ubicadas en la sala, el comedor y la estancia respectivamente, por 3 lámparas de techo con base para un solo foco.



Sustituir los 9 focos de 60 watts ubicados en las lámparas antes mencionadas, por sólo 3 focos LED de 12 watts.

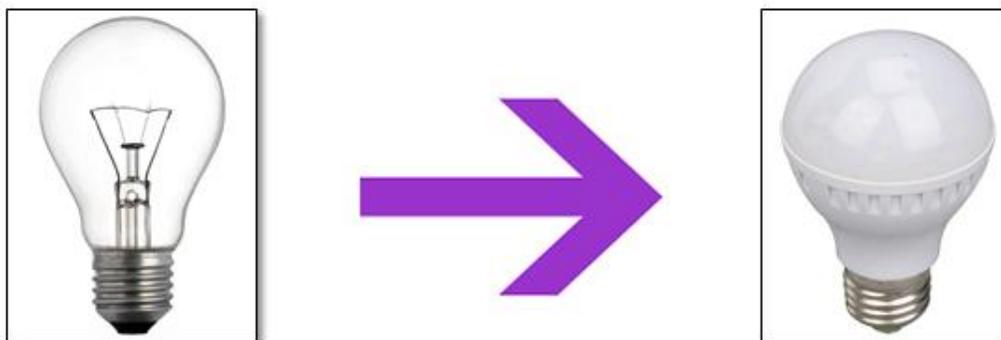


Tabla 7. Medidas de Eficiencia Energética en Iluminación.

Antes de la medida de eficiencia energética			
Equipo	No. de equipos	Potencia actual (W)	Consumo actual (Wh)
Focos garaje	3	100	150.00
Focos cocina	1	100	200.00
Focos cuarto de servicio	1	100	14.29
Focos recámaras	5	100	1 000.00
Focos baños	2	100	133.33
Focos comedor	3	60	360.00
Focos sala y estancia	6	60	1 080.00
Total:			2 937.62

Después de la medida de eficiencia energética			
Equipo	No. de equipos	Potencia propuesta (W)	Consumo propuesto (Wh)
Focos garaje	3	12	18.00
Focos cocina	1	12	24.00
Focos cuarto de servicio	1	12	1.71
Focos recámaras	5	12	120.00
Focos baños	2	12	16.00
Focos comedor	1	12	24.00
Focos sala y estancia	2	12	72.00
Total:			275.71

Elaboración propia, datos tomados de las fichas técnicas de los focos.

Por lo que el nuevo consumo queda resumido en la siguiente tabla.

Tabla 8. Consumo Nuevo.

Equipo	No. de equipos	Potencia nueva (w)	Equipo con sello FIDE o de alta eficiencia	Tiempo de servicio al día (min)	Tiempo de servicio al día (h)	Días de servicio a la semana	Consumo nuevo (Wh)
Batidora	1	190	No	5	0.083	1	2.26
Bomba de agua	1	370	No	15	0.250	3	39.64
Estéreo	1	190	No	20	0.333	4	36.19
Exprimidor de cítricos	1	40	No	5	0.083	3	1.43
Focos garaje	3	12	Si	30	0.500	7	18.00
Focos cocina	1	12	Si	120	2	7	24.00
Focos comedor	1	12	Si	120	2	7	24.00
Focos sala y estancia	2	12	Si	180	3	7	72.00
Focos cuarto de servicio	1	12	Si	60	1	1	1.71
Focos recámaras	5	12	Si	120	2	7	120.00
Focos baños	2	12	Si	40	0.667	7	16.00
Microondas	1	1 650	No	5	0.083	2	39.29
Laptop 1	1	65	Si	240	4	4	148.57
Laptop 2	1	65	Si	180	3	5	139.29
Lavadora	2	205	Si	120	2	1	117.14
Licuadaora	1	350	No	3	0.050	5	12.50
Plancha	1	1 500	No	20	0.333	4	285.71
Refrigerador	1	180	Si	360	6	7	1 080.00
Televisor sala	1	89	Si	180	3	7	267.00
Televisor recámara 1	1	89	Si	120	2	5	127.14
Televisor recámara 2	1	140	No	60	1	5	100.00
Televisor recámara 3	1	140	No	60	1	2	40.00
Total:							2 711.88

Elaboración propia, datos tomados de las fichas técnicas de aparatos eléctricos y electrónicos.

De acuerdo con las tablas 6 y 8 podemos observar que el consumo actual es de 5 373.79 watts y el consumo con medidas de eficiencia energética es de 2 711.88 watts, que representa ser aproximadamente el 50% del consumo actual en el domicilio, por lo que si se aplican correctamente las acciones de ahorro de energía y eficiencia energética propuestas, podemos tener un menor consumo de energía y por supuesto esto se verá reflejado en un ahorro económico.

4.2. Sistema fotovoltaico.

Para el presente proyecto se optará por diseñar un sistema interconectado a la red de CFE, porque se requiere una menor inversión económica y requiere menos componentes (regulador y baterías); la energía generada no utilizada, al no ser almacenada, puede ser enviada a la red pública; en caso de falla en el sistema se asegura el suministro eléctrico por la red de CFE.

El objetivo de tener el menor consumo de energía en la casa, se verá reflejado en el dimensionamiento del sistema, es decir, menor cantidad de módulos y capacidad del inversor de corriente.

La comisión Federal de Electricidad (CFE) tiene como tarifa mínima mensual, el equivalente a 25 kWh, es decir un consumo de 806.45 watts promedio al día (CFE, 2015). Al implementar un sistema de generación fotovoltaico interconectado a la red pública de CFE, se hará uso de los 25 kWh mínimos, dando como resultado un consumo promedio diario para abastecer de 1 905.43 Wh, en términos prácticos 2 kWh.

4.2.1 Módulos fotovoltaicos.

Existe en el mercado una gran gama de módulos fotovoltaicos, que ofrecen diferentes potencias de generación, éstas puede ir desde menos de 50 watts hasta más 300 watts en aumentos generalmente de 10 watts, dicha potencia está en función del material o proceso industrial con que hayan sido fabricados; los módulos monocristalinos ofrecen la mejor eficiencia de transformación de energía por lo que suelen ser más caros, los módulos policristalinos pueden ofrecer una eficiencia similar a los anteriores a un precio más accesible, y por último los módulos amorfos tienden a ser muy económicos, pero tienen una eficiencia menor a los anteriores, por lo que demandan grandes áreas para igualar la potencia requerida.

La selección del tipo de módulo, se encuentra condicionada a la preferencia del cliente o disponibilidad en el mercado, siempre y cuando ofrezcan una potencia igual a la determinada en los cálculos.

Cantidad y potencia

Evidentemente la cantidad de módulos requeridos está en función de la potencia, mayor potencia menos módulos y viceversa. La determinación óptima de la cantidad de módulos requeridos y la potencia de éstos, es mediante la generación eléctrica que pueden ofrecer, la cual se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Generación} = \text{Potencia} * \text{Eficiencia} * \text{No. de módulos} * \text{Horas solar pico}$$

Donde:

Generación (kWh)

Potencia (kW)

Eficiencia = 0.85⁵

Horas solar pico (h) = 5 h

⁵ Eficiencia promedio durante el ciclo de vida de diferentes módulos fotovoltaicos en el mercado.

Descartando del cálculo una cantidad mayor a seis módulos, debido a un gran requerimiento de área, conflicto en la armonía visual, dificultades de instalación, mantenimiento, entre otras; se muestra la siguiente tabla de generación eléctrica en kWh (se redondearon a la primera cifra decimal).

Tabla 9. Generación Eléctrica (kWh) en Función de la Potencia y Número de Módulos Fotovoltaicos.

Potencia del módulo (W)	No. de módulos					
	6	5	4	3	2	1
70	1.8	1.5	1.2	0.9	0.6	0.3
80	2.0	1.7	1.4	1.0	0.7	0.3
90	2.3	1.9	1.5	1.2	0.8	0.4
100	2.6	2.1	1.7	1.3	0.9	0.4
110	2.8	2.3	1.9	1.4	0.9	0.5
120	3.1	2.6	2.0	1.5	1.0	0.5
130	3.3	2.8	2.2	1.7	1.1	0.6
140	3.6	3.0	2.4	1.8	1.2	0.6
150	3.8	3.2	2.6	1.9	1.3	0.6
160	4.1	3.4	2.7	2.0	1.4	0.7
170	4.3	3.6	2.9	2.2	1.5	0.7
180	4.6	3.8	3.1	2.3	1.5	0.8
190	4.9	4.0	3.2	2.4	1.6	0.8
200	5.1	4.3	3.4	2.6	1.7	0.9
210	5.4	4.5	3.6	2.7	1.8	0.9
220	5.6	4.7	3.7	2.8	1.9	0.9
230	5.9	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0
240	6.1	5.1	4.1	3.1	2.0	1.0
250	6.4	5.3	4.3	3.2	2.1	1.1
260	6.6	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1
270	6.9	5.7	4.6	3.4	2.3	1.2
280	7.1	6.0	4.8	3.6	2.4	1.2
290	7.4	6.2	4.9	3.7	2.5	1.2

Elaboración propia, Tabla de Cálculo.

Analizando la tabla anterior, se pueden encontrar 5 posibles soluciones óptimas al requerimiento del consumo en la edificación, las cuales son:

- Seis módulos de 80 watts.
- Cuatro módulos de 120 watts.
- Tres módulos de 160 watts.
- Dos módulos de 230 watts.
- Dos módulos de 240 watts.

Sin embargo, la conexión de dos módulos con potencia de generación oscilante entre los 230 watts y 240 watts, ofrecen una generación eléctrica muy cercana a la deseada de 2 kWh. Por esta razón se determina el uso de dos módulos fotovoltaicos, con potencia igual o muy cercana a las antes mencionadas.

Orientación e inclinación.

Siendo la ubicación de la edificación en el hemisferio norte, los módulos deberán ser orientados hacia el sur, con la finalidad de captar la mayor cantidad de irradiancia durante la trayectoria del Sol, y de esta forma tener la mayor eficiencia posible por orientación. Por lo tanto coincidirán los ejes geométricos de los módulos con los ejes de la casa habitación.

Debido a las diferentes alturas que tiene el Sol durante el año, producto de la inclinación en el eje terrestre, el ángulo de inclinación corresponderá a la latitud del lugar igual a 19° , para tener la mayor eficiencia de los módulos por ángulo inclinación.

Tipo de conexión.

Es posible realizar dos tipos de conexión entre los módulos, circuito serie o circuito paralelo. Los circuitos series, aumentan el voltaje del sistema pero ponen en riesgo la generación eléctrica, en el momento de fallo por parte de un solo módulo; por otra parte el circuito paralelo, aumenta la corriente del sistema pero a pesar de esto, le brinda mayor seguridad a la continuidad de servicio. Por lo anterior, se decide realizar una conexión en circuito paralelo.

4.2.2. Inversor.

Es de suma importancia este componente en la instalación, debido a que es el encargado de llevar a cabo la transformación de la energía, de corriente directa (DC) generada por los módulos, a corriente alterna (AC) empleada o suministrada, tanto en a la vivienda como en la red pública. Si se omitiera este dispositivo en la instalación, se produciría un corto circuito y CFE no permitiría realizar la interconexión.

En un sistema interconectado, los criterios que debe de cumplir el inversor deben ser los siguientes:

1.- *Inversor de interconexión a red*

2.- $Potencia_{Inversor} > No. de módulos * Potencia máxima_{Módulo}$

3.- $Voltaje máximo DC_{Inversor} > No. de modulos_{Serie} * Voltaje a potencia máxima_{Módulo}$

4.- $Corriente máxima_{Inversor} > No. de módulos_{Paralelo} * Corriente a potencia máxima_{Módulo}$

5.- $Voltaje de salida AC_{Inversor} = Voltaje AC_{Servicio}$

Tomando en cuenta los módulos determinados con anterioridad, los valores típicos de las principales características eléctricas en un módulo, son:

Tabla 10. Valores Típicos en Módulos Fotovoltaicos de Potencia Cercana a los 230 o 240 watts.

Característica eléctrica	Valores típicos
Voltaje a potencia máxima (VDC)	Entre 29 y 31
Corriente a potencia máxima (A)	Entre 7 y 8
Voltaje de circuito abierto (VDC)	Entre 36 y 37
Corriente de corto circuito (A)	Entre 6 y 9
Voltaje nominal (VDC)	Entre 25 y 27
Corriente nominal (A)	Entre 6 y 7

Elaboración propia, datos tomados de diferentes fichas técnicas de módulos fotovoltaicos.

Por lo que el inversor debe cumplir con:

1.- *Inversor de interconexión a red = Si*

2.- *Potencia_{Inversor} > 2 módulos * 240 watts*

2.- Potencia_{Inversor} > 480 watts

3.- *Voltaje máximo DC_{Inversor} > 1 módulo * 31 V_{DC}*

3.- Voltaje máximo DC_{Inversor} > 31 V_{DC}

4.- *Corriente máxima_{Inversor} > 2 módulos * 8 A*

4.- Corriente máxima_{Inversor} > 16 A

5.- *Voltaje de salida AC_{Inversor} = 127 V_{AC}*

4.2.3. Medidor bidireccional.

El ANEXO E-RMT, características de los equipos de medición y comunicación; mencionados en el contrato de interconexión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), describe las características y especificaciones que deben cumplir los medidores de interconexión. En este caso proporcionado por CFE sin ningún costo y es un medidor de 1 Fase, 2 Hilos, 120 V.

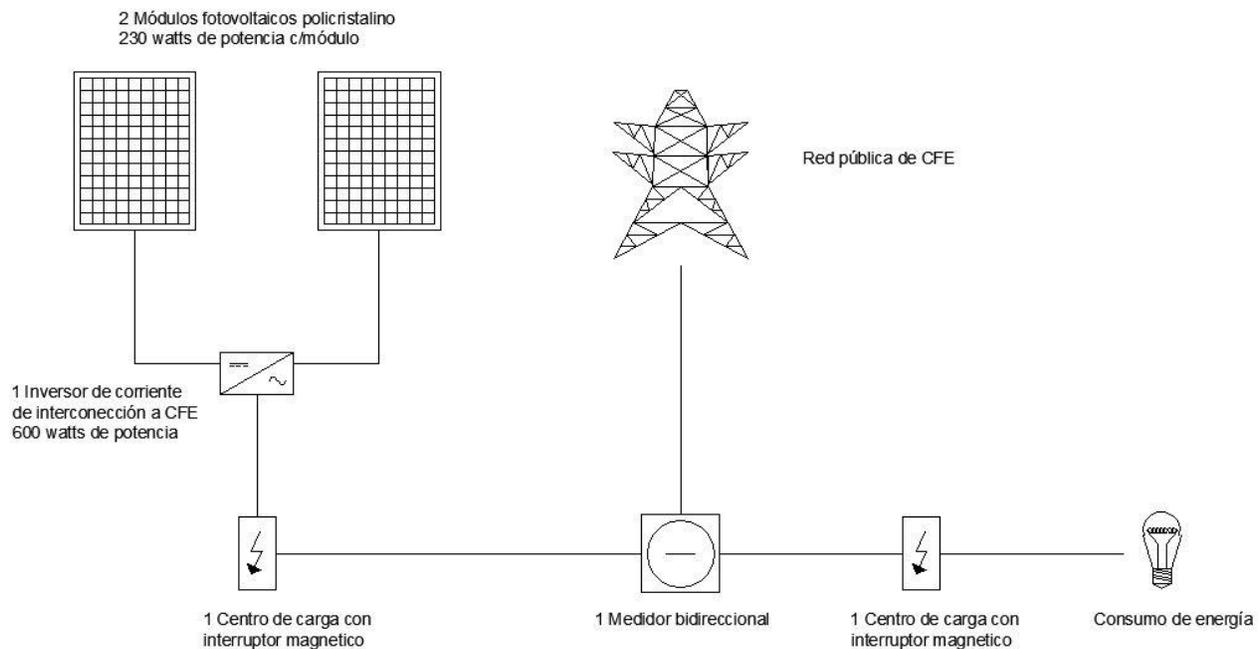
4.2.4. Interruptores de seguridad.

También llamados fusibles, prácticamente presentes en las cajas switch de todas las edificaciones, sin embargo se recomienda el uso de interruptores termomagnéticos que distribuyen de manera más segura la energía con las características requeridas.

En este caso, se requiere la instalación de un interruptor termomagnético a la salida del inversor, así como sustituir lo caja de fusibles existente en la entrada de la instalación domiciliaria. El interruptor será de 2 polos, 1 tiro, 120 volts, 30 amperes.

4.2.5. Esquema de instalación.

Imagen 3. Esquema de instalación.



Elaboración propia.

4.2.6. Documentación para contratación de interconexión con CFE.

Es indispensable conocer los requerimientos necesarios por parte de la CFE para la interconexión de una fuente de energía renovable en pequeña escala, es decir, nuestro sistema fotovoltaico. Antes de comenzar con el diseño y tener la seguridad de que será aprobado ante este organismo, a continuación se enlistan los principales requerimientos:

1. Copia del manual del fabricante, se entregará el manual de los módulos fotovoltaicos, teniendo muy claras sus especificaciones.
2. Copia del manual del inversor, este punto es muy importante y revisado a detalle, como se mencionó con anterioridad es el que convierte la energía de directa a alterna, y las características con las que sale del inversor la energía, son las que entraran directamente a la red eléctrica de CFE, alguna anomalía, podría ocasionar problemas en la red.
3. Copia de diagrama unifilar del arreglo de conexiones.
4. Copia del recibo de luz o factura de energía eléctrica.
5. Croquis simple de ubicación del servicio (obtenido preferentemente de google maps), este se solicita para que el personal de CFE pueda asistir al domicilio para poder hacer la instalación y corrobore que el sistema fotovoltaico sea adecuado.
6. Carta poder simple e identificación oficial vigente del gestor, solo es necesario si los tramites no son hechos por el titular del contrato.
7. Identificación oficial vigente del titular del servicio.
8. Formato de solicitud de interconexión de cliente con generación renovable y formatos 1 y 2 anexos a la solicitud, proporcionados por CFE. Consultar anexo 1.
9. Resolutivo y oficio de factibilidad de interconexión, proporcionados por el departamento de planeación, siempre y cuando se haya cumplido con los puntos mencionados con anterioridad, para poder ser evaluados por esta dependencia.
10. Equipo de medición bidireccional, el usuario deberá de realizar la compra del mismo.
11. Carta cesión de derechos del equipo de medición a CFE.
12. Convenio firmado de interconexión.

Los punto 10 y 11 solo aplican si la conexión es trifásica o en caso de que en ese momento CFE no cuente con medidores bidireccionales monofásicos o bifásicos, es importante destacar que la duración del trámite es de aproximadamente 15 días; Este proceso administrativo es completamente gratuito al igual que la instalación y el medidor bidireccional.

4.3. Ahorro de energía por acciones que no requieren inversión

Las siguientes acciones que se proponen no requieren de una inversión económica, la inversión en estas acciones está basada en el tiempo y conciencia de los usuarios, con estas acciones lo que se pretende cambiar, son los hábitos de uso de la energía eléctrica por parte de los residentes de la propiedad; aunque las siguientes acciones propuestas parecen ser fáciles y no tener mayor complicación, la mayoría de las personas no suelen hacerlas ni tomarles importancia, sin embargo contribuyen al ahorro de energía y promueven un ambiente de armonía y convivencia familiar, beneficiando la salud de los residentes. La suma de estas pequeñas acciones se convierte en una gran diferencia económica, social y ambiental.

El remplazo de los equipos con baja eficiencia energética, por equipos con sello FIDE o de alta eficiencia.

Concientizar a los residentes sobre el buen aprovechamiento de la energía, con la finalidad de no mantener equipos o focos encendidos sin ser utilizados.

Proponer pláticas entre los residentes para acordar momentos de convivencia familiar, eliminando consumos energéticos individuales del mismo tipo (tres televisores y tres focos), para tener un consumo familiar menor (un televisor y un foco).

4.4. Resumen de propuesta

El ahorro de energía eléctrica, debido a la sustitución de focos, resulta ser de 2 661.91 watts al día, el ahorro de energía eléctrica a causa de la instalación del sistema fotovoltaico, es de 2 000 watts al día, de esta forma, se tendrá un ahorro total de 4 661.91 watts al día que representa ser un ahorro significativo y se considera válido para PCES, siendo acreedor al puntajes correspondiente, que le dará la certificación como vivienda sustentable.

Tabla 11. Resumen de Ahorro por Propuesta Técnica.

Propuesta de eficiencia energética	Ahorro energético (watts/día)
Iluminación LED	2 661.91
Sistema Fotovoltaico	2 000.00
Total:	4 661.91

Elaboración propia, Tabla de Cálculo.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. Tarifa.

La tarifa 1 de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), es la tarifa aplicable a todos los servicios donde la energía eléctrica, es suministrada en baja tensión y es destinada para uso exclusivamente doméstico. Actualmente esta tarifa maneja tres tipos diferentes de consumo:

- Consumo básico, cada uno de los primeros 150 kWh. De 0 kWh a 150 kWh al bimestre.
- Consumo intermedio, cada uno de los siguientes 130 kWh. De 151 kWh a 280 kWh al bimestre.
- Consumo excedente, cada kWh adicional a los anteriores. De 281 kWh en adelante al bimestre.

Debido a una variación en las tarifas mensuales, a continuación se muestran las tarifas oficiales de cobro que se aplicaron al año 2014, con la finalidad de obtener una tarifa promedio, que nos permita conocer el gasto aproximado que se tendría en un año.

Tabla 11. Tarifas Aplicables en el Año 2014 (\$/kWh).

Mes	Básico	Intermedio	Excedente
Enero	0.792	0.963	2.817
Febrero	0.795	0.966	2.826
Marzo	0.798	0.969	2.835
Abril	0.801	0.972	2.844
Mayo	0.804	0.975	2.853
Junio	0.807	0.978	2.862
Julio	0.810	0.981	2.871
Agosto	0.813	0.984	2.880
Septiembre	0.816	0.987	2.889
Octubre	0.819	0.990	2.898
Noviembre	0.822	0.993	2.907
Diciembre	0.825	0.996	2.917
Promedio	0.809	0.980	2.867

Elaboración propia, datos de CFE, Conoce tu tarifa, Tarifa 1 2014, 2015.

5.2. Gasto actual.

Debido al consumo promedio diario de 5 373.79 Wh se tiene un consumo bimestral de 328 kWh, es decir 150 kWh en consumo básico, 130 kWh en consumo intermedio y 48 kWh en consumo excedente. Aplicando las tarifas promedio correspondientes determinadas con anterioridad, se tiene un gasto aproximado de \$448.00 pesos al bimestre.

Tabla 12. Gasto Actual al Bimestre.

Consumo (kWh)		Tarifa (\$/kWh)	Gasto (\$)
Básico	150	0.809	121.00
Intermedio	130	0.980	127.00
Excedente	48	2.867	138.00
Subtotal			386.00
IVA			62.00
Total:			448.00

Elaboración propia, Tabla de Cálculo.

Es decir que tenemos un gasto de \$2 688.00 pesos al año.

5.3. Inversión.

Para llevar a cabo el programa de ahorro de energía, se recomienda la compra de Foco LED 12 Watts E27 110V. Distribuido por LEDsmex, ubicada en Paseo de San Andrés 66, Colonia Campestre Morilotla, C.P. 72813, Puebla, México. Cuyo precio es de \$109.00 pesos cada foco, más \$122.00 pesos de envío, sin importar la cantidad de focos.

El remplazo de las lámparas de techo quedan al gusto del cliente, en las cuales se estima un costo aproximado de \$200.00 pesos por lámpara.

Por otra parte, para realizar la instalación del sistema fotovoltaico, se recomienda la compra de Panel Solar marca Canadian Solar, serie CS6P, modelo 235. Distribuido por SOLARTRONIC, ubicada en Av. Morelos Sur No. 90, Colonia Chipitlán, C.P. 62070, Morelos, México. Cuyo precio es de \$190.00 dólares, equivalentes a \$2 825.50⁶ pesos por módulo, más \$70.00 pesos de envío.

De igual manera, se recomienda la compra de Inversor marca WVC, modelo 600, para interconexión a CFE. Distribuido por SOLARS, ubicado en Mérida Yucatán. Cuyo precio es de \$3 200.00 pesos por inversor, más \$100.00 pesos de envío.

La compra de centro de carga con interruptor termomagnético, queda a criterio del cliente, sin embargo se estima un costo alrededor de \$350.00 pesos por pieza.

Por último, se prevé la compra de material extra para la instalación, variaciones en precios por parte de los proveedores u otros factores, incrementando el costo en un 8% la cuenta de inversión final.

Tabla 13. Resumen de Inversión.

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Foco	pza.	15	109.00	1 635.00
Envío de focos	viaje	1	122.00	122.00
Lámpara	pza.	3	200.00	600.00
Módulo fotovoltaico	pza.	2	2 825.50	5 651.00
Envío de módulos	viaje	1	70.00	70.00
Inversor	pza.	1	3 200.00	3 200.00
Envío de inversor	viaje	1	100.00	100.00
Centro de carga c/interruptor	pza.	2	350.00	700.00
Sub total				12 078.00
Incremento				966.00
Total:				13 044.00

Elaboración propia, datos tomados de diferentes distribuidoras.

⁶ Con base al precio del dólar el día 02 de febrero de 2015.

5.4. Gasto nuevo.

Llevando acabo las acciones de ahorro de energía especificadas en el plan de eficiencia energética, así como la instalación del sistema fotovoltaico diseñado, se garantizará como nuevo cobro por parte de CFE, el equivalente al pago mínimo de 50 kWh al bimestre es decir un total de \$47.00 pesos al bimestre o \$281.00 pesos al año.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Tabla de resultados.

A continuación se muestra una tabla, la cual nos muestra el consumo energético que se tiene en la actualidad, el ahorro de energía como resultado de la propuesta técnica que se hizo anteriormente y el nuevo consumo de energía eléctrica que se tendrá en promedio al día.

Tabla 14. Resumen de Resultados.

Consumo Actual (watts/día)	Ahorro de energía (watts/día)	Consumo Nuevo (watts/día)
5 373.79	4 661.91	711.88

Elaboración propia, Resultados.

6.2. Económico.

Gracias a lo anterior podemos notar que la inversión es de \$13 044.00 pesos, este costo incluye las acciones de ahorro de energía y la compra e instalación del sistema fotovoltaico. Sin la instalación del sistema, la práctica de las medidas de ahorro y el plan de eficiencia energética se paga en promedio \$2 688.00 pesos al año y poniendo todo lo anterior en práctica se pagarán \$281.00 pesos al año, de esta forma estamos generando un ahorro de \$2 407.00 pesos al año, por lo que podemos notar que nuestro ahorro monetario es bastante bueno.

Para observar que el proyecto es redituable se hace lo siguiente:

$$\frac{1 \text{ año} * \$13\ 044.00 \text{ M.N.}}{\$2\ 407.00 \text{ M.N.}} = 5.42 \text{ años} \approx 5.5 \text{ años}$$

Por lo que el tiempo de recuperación de la inversión, es el equivalente a 5 años y medio, esto nos garantiza la viabilidad del proyecto y lo atractivo que puede ser para el cliente.

Además del ahorro monetario que representa el proyecto, se tiene la seguridad de que se obtendrá la certificación PCES y al obtenerla nos proporciona algunos beneficios, como el descuento en el pago del impuesto predial y aumento en la plusvalía del inmueble.

Imagen 4. Gasto Actual.

AVISO RECIBO

CFE Comisión Federal de Electricidad
 Av. Paseo de la Reforma Núm. 164, Col. Juárez, México, D.F. C.P. 06000.
 RFC: CFE370814-Q10

Nombre y Domicilio
ANA CABELLO R.
 [Redacted]
BARRIO SAN PEDRO
XOCHIMILCO, D.F.
C.P. 16000

Cuenta	Uso	Tarifa	Hilos
[Redacted]	Doméstico	01	1

Medición de consumo				
Num. de Medidor	Lectura actual	Lectura anterior	Mult.	Consumo kWh
7771917	09836	09524	1	312

Apoyo gubernamental

Tarifa a pagar del periodo
\$395.00
 TRES CIENTOS NOVENTA Y CINCO PESOS 00/100 M.N.

Fecha límite de pago
05 JUL 2014

Información importante
 Corte a partir de 06 JUL 2014.
 Su consumo de energía eléctrica está dentro del rango de consumo INTERMEDIO, que es mayor a 150 y menor a 280 kWh bimestrales.

Periodo Consumo	Días	Promedio Diario en kWh	Promedio Diario en \$
21 ABR 14 AL 18 JUN 14	58	5.38	151

Recibo de CFE, 2014.

Imagen 5. Gasto Nuevo con Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética.

AVISO RECIBO

CFE Comisión Federal de Electricidad
 Av. Paseo de la Reforma Núm. 164, Col. Juárez, México, D.F. C.P. 06000.
 RFC: CFE370814-Q10

Nombre y Domicilio
ANA CABELLO R.
 [Redacted]
BARRIO SAN PEDRO
XOCHIMILCO, D.F.
C.P. 16000

Cuenta	Uso	Tarifa	Hilos
[Redacted]	Doméstico	01	1

Medición de consumo				
Num. de Medidor	Lectura actual	Lectura anterior	Mult.	Consumo kWh
7771917	00323	00162	1	161

Apoyo gubernamental

Tarifa a pagar del periodo
\$156.00
 CIENTO CINCUENTA Y SEIS PESOS 00/100 M.N.

Fecha límite de pago
05 ENE 2015

Información importante
 Corte a partir de 06 ENE 2015.
 Su consumo de energía eléctrica está dentro del rango de consumo INTERMEDIO, que es mayor a 150 y menor a 280 kWh bimestrales.

Periodo Consumo	Días	Promedio Diario en kWh	Promedio Diario en \$
20 OCT 14 AL 18 DIC 14	59	2.72	64

Recibo de CFE, 2014.

Imagen 6. Gasto Nuevo con Medidas de Ahorro, Eficiencia Energética e Instalación de Módulos Fotovoltaicos.

AVISO RECIBO

CFE Comisión Federal de Electricidad
 Av. Paseo de la Reforma Núm. 164, Col. Juárez, México, D.F. C.P. 06600.
 RFC: CFE370814-Q10

Nombre y Domicilio
ANA CABELLO R.
 [Redacted]
BARRIO SAN PEDRO
XOCHIMILCO, D.F.
C.P. 16000

Cuenta	Uso	Tarifa	Hilos
[Redacted]	Doméstico	01	1

Medición de consumo

Num. de Medidor	Lectura actual	Lectura anterior	Mult.	Consumo kWh
7771917	09836	09524	1	312

Apoyo gubernamental

Total a pagar del periodo
\$40.50
 (CUARENTA PESOS \$ 50/100 M.N.)

Numero de servicio
 [Redacted]

Fecha limite de pago
05 ENE 2015

Información importante
 Corte a partir de 06 JUL 2014.
 Su consumo de energía eléctrica está dentro del rango de consumo INTERMEDIO, que es mayor a 150 y menor a 280 kWh bimestrales.

Periodo Consumo	Consumo	Promedio Diario en kWh	Promedio Diario en \$
21 ABR 14 AL 18 JUN 14	58	5.38	2.51

Recibo de CFE, 2014.

6.3. Ambiental.

Se tiene un ahorro de energía eléctrica de 4.55 kWh promedio al día respecto al consumo anterior, esto significa una reducción del 85% del consumo energético. Un 50% debido a las acciones de ahorro de energía y plan de eficiencia energético, y un 35% debido a la instalación del sistema fotovoltaico. Se estima que el ahorro de 1 kWh es equivalente a 0.65 kg de CO₂, lo que significa una contribución de casi 3 kg de CO₂ al día, reduciendo hasta 1.1 toneladas de CO₂ al año⁷.

⁷ Los datos fueron estimados con ayuda de una calculadora de CO₂ del Proyecto Arboliza, proyecto de reforestación en España.

Es considerada una fuente de energía renovable, debido a que el impacto generado por la obtención de algunos materiales en su fabricación, es mucho menor en comparación con la obtención de materiales como combustibles fósiles. La disposición final de los residuos al llegar al término de su vida útil, no suelen ser residuos de difícil tratamiento, dando otro punto a favor del empleo de la energía solar fotovoltaica.

Es una energía limpia, silenciosa y atractiva a la vista.

6.4. Social.

La mitigación del cambio climático, fomentando el uso de las energías renovables como la solar fotovoltaica, para la generación de energía eléctrica de autoconsumo, eliminando la dependencia energética.

El desarrollo de la energía solar presenta el valor añadido de generar puestos de trabajo, permitiendo el crecimiento personal e institucional, al desarrollar tecnologías propias.

Se emplea una energía limpia y renovable que ayudara a la salud de las futuras generaciones.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de este proyecto es demostrar las ventajas de la aplicación de energías renovables y medidas de eficiencia energética en edificaciones tipo residencial, por lo tanto el objetivo principal de este trabajo ha sido cumplido, porque se desarrolló un plan de ahorro de energía, se emplearon el uso de energías renovables y se obtuvo la certificación Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables, ya que las medidas de eficiencia energética, sustitución de focos incandescentes por focos LED, resultó ser optima, esto debido a que garantiza un ahorro de hasta el 50% en el consumo de energía eléctrica de la vivienda, realizando un inversión económica poco costosa. La otra medida de eficiencia energética complementaria al plan de ahorro de energía, el sistema de generación eléctrica a base de módulos fotovoltaicos, consigue un ahorro aproximado de 35% más al anterior, mediante una inversión recuperable en cinco años y medio, tiempo atractivo y viable para la realización del proyecto. Es decir, un ahorro en conjunto del 85% en el consumo energético, que reduce hasta 1.1 toneladas de CO₂ al año.

El desarrollo del plan de ahorro de energía, cumple con el rubro de *acciones encaminadas al concepto de ahorro de energía eléctrica*, criterio acreedor de 18 puntos en el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables. De manera extra al puntaje, la instalación del sistema fotovoltaico, hace acreedor a la vivienda de 8 puntos más. Teniendo un total de 26 puntos en la edificación, entrando en el rango de cumplimiento (21 a 50 puntos), obteniendo la certificación PCES, sin mayor problema.

El ahorro de energía y el uso de la energía fotovoltaica como energía renovable, aplicadas en este proyecto convierten a los residentes de este hogar en personas socialmente responsables, porque al realizar estas acciones propuestas, mitigan el cambio climático y son un ejemplo a seguir, si esto se llegara a expandir a nivel mundial puede ofrecer mejores condiciones de vida a futuras generaciones en los aspectos económicos, sociales y ambientales.

REFERENCIAS

Arboliza, (2011). PIENSA GLOBALMENTE, ACTÚA LOCALMENTE, Compensador de CO₂, Cómo se Calcula, disponible en: <http://arboliza.es/compensar-co2/calculo-co2.html>, 16 de enero de 2015.

Asunción M., Martínez J., Tréllez E., et al., (2009). MANUAL DE EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD, 03 Cambio Climático, UNESCO ETXEA, disponible en: http://www.urv.cat/media/upload/arxiu/W-Catedra_DOW_URV/Informes%20VIP/unesco_etxea_-_manual_unesco_cast_-_education_for_sustainability_manual.pdf, 15 de diciembre de 2014.

CFE, (2015). AHORRO DE ENERGÍA, disponible en: http://www.cfe.gob.mx/casa/4_Informacionalcliente/Paginas/Ahorro-de-Energia.aspx, 8 de enero de 2015.

CFE, (2013). ANEXO E-RMT, CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN Y COMUNICACIÓN, disponible en: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/Desarrollo_Sustentable/Lists/Energia%20renovable/Attachments/1/Caracteristicasmedidores.pdf, p.p. 1-2, 16 de enero de 2015.

CFE, (2015). CONSULTA TU TARIFA, disponible en: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&anio=2015, 16 de enero de 2015.

CFE, (2015). ESPECIFICACIÓN PARA SERVICIO MONOFÁSICO CON CARGA HASTA 5 kW EN BAJA TENSIÓN, ÁREA URBANA, RED AÉREA, CON BARDA FRONTAL, disponible en: http://www.cfe.gob.mx/casa/4_Informacionalcliente/Lists/Para%20servicios%20de%20red%20ar ea/Attachments/1/Monofasico.pdf, p.p. 1-2, 16 de enero de 2015.

CFE, (2014). MODELO DE CONTRATO DE INTERCONEXIÓN PARA FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE O SISTEMA DE COGENERACIÓN EN MEDIANA ESCALA, disponible en: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/Desarrollo_Sustentable/Lists/Energia%20renovable/Attachments/2/CONTRATO+DE+INTERCONEXION+MEDIANA+ESCALA.pdf, p.p. 1-5, 16 de enero de 2015.

CONUEE, (2013). GUÍA ILUMINACIÓN EFICIENTE EN EL HOGAR, disponible en: <http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7364/1/hogar.pdf>, 8 de enero de 2015.

Diario Oficial de la Federación de México, (2013, 7 junio). LEY PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EL FINANCIAMIENTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA, Cámara de Diputados del Congreso de la Unión, disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAERFTE.pdf>, 15 de diciembre de 2014.

Diario Oficial de la Federación de México, (2014, 16 octubre). LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_161014.pdf, 15 de diciembre de 2014.

Dumas J., Girard C., Langlois S., (2012). EL CLIMA DE LA TIERRA, sagasciencie CNRS, disponible en: http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclimS/contenu/alternative/alter2_textes.html, 15 de diciembre de 2014.

Euskadi, (2008). RESUMEN DEL PROTOCOLO DE KIOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO, Euskadi, disponible en: http://www.stopco2euskadi.net/documentos/Protocolo_Kyoto.pdf, 15 de diciembre de 2014.

Gaceta Oficial del Distrito Federal, (2008, 25 Noviembre). PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN DE EDIFICACIONES SUSTENTABLES, Secretaria de Medio Ambiente, disponible en: <http://www.sedema.df.gob.mx/sedema/images/archivos/tramites/auditoria-regulacion-ambiental/edificaciones-sustentables/programa-certificacion-edificaciones-sustentables.pdf>, 8 de enero de 2015.

Gaceta Oficial del Distrito Federal, (2014, 16 junio). LEY DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE PARA EL DISTRITO, disponible en: <http://www.idconline.com.mx/media/2011/06/16/decreto-por-el-que-se-expide-la-ley-de-mitigacin-y-adaptacin-al-cambio-climtico-y-desarrollo-sustentable-para-el-df.pdf>, 8 de enero de 2015.

Laguna I., (2013). ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 2012, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 13 diapositivas.

Leds mex, (2014). FOCOS LED / LÁMPARAS LED, disponible en: <http://ledsmex.com/focos-led-de-12-watts/>, 16 de enero de 2015.

Lozano W., (2013). ENERGÍAS RENOVABLES, Unidad de Inteligencia de Negocios, Secretaria de Energía y PROMéxico, México, Distrito Federal, p.p. 8, 14, 15, 17.

Martínez J., Fernández A., (2004). CAMBIO CLIMÁTICO, UNA VISIÓN DESDE MÉXICO, Instituto Nacional de Ecología y Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, Distrito Federal, p.p. 29-38.

NASA, (2014). PLANETS, TIERRA, NASA, Solar System Exploración, disponible en: <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Earth&Display=OverviewLong>, 15 de diciembre de 2014.

Petrone V., (1987). CURSILLO DE LUMINOTECNIA, Departamento de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Plata, disponible en: <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/Libros%202007/libros/ie-temas/ie-19/ie-19ilu.htm>, 15 de diciembre de 2014.

Profesores en línea, (2010). EFECTO INVERNADERO, disponible en: http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Efecto_invernadero.htm, 15 de diciembre de 2014.

Sandoval R., (2011). LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA EN MÉXICO, Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales, Volumen 2 Numero 1, disponible en: <http://www.cuautitlan.unam.mx/rudics/ejemplares/0102/pdf/art06.pdf>, p.p. 2- 3, 8 de enero de 2015.

SENER, (2011). INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL, disponible en: [http://www.energia.gob.mx/taller/res/1859/2_Ximena%20Fernandez\(SENER\)_Indicadores_Sector_Residencial.pdf](http://www.energia.gob.mx/taller/res/1859/2_Ximena%20Fernandez(SENER)_Indicadores_Sector_Residencial.pdf), 23 diapositivas, 8 de enero de 2015.

Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México (SIGER), Observatorio de Radiación Solar, (2013). HORAS DE SOL PICO PARA LA REPUBLICA MEXICANA, UNAM, disponible en: http://www.pesco.com.mx/pesco/eficiencia/pdf/catalogos/sol_horas_pico_mexico.pdf, p.p. 1-2, 8 de enero de 2015.

Solartronic, (2014). CATALOGO DE PRODUCTOS, disponible en: <http://www.solartronic.com/contacto>, 16 de enero de 2015.

Tesla Energy, (2014). ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, disponible en: <http://www.teslaenergy.cl/energia-solar-fotovoltaica/>, 16 de enero de 2015.

UNAM, (2006). ENERGÍA SOLAR DISPONIBLE, Instituto de Geofísica, disponible en: http://www.geofisica.unam.mx/ors/energia_solar1.pdf, 8 de enero de 2015.