

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CULIACÁN**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN**  
**INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**



**“SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDA  
RESIDENCIAL INTERCONECTADO A LA RED GENERAL ELÉCTRICA  
EN LA CIUDAD DE CULIACÁN, SINALOA”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**PRESENTA:  
ERIC ADRIÁN MARTÍNEZ JIMÉNEZ**

**DIRECTOR DE TESIS  
DRA. SUSANA PAOLA ARREDONDO REA**

**CODIRECTOR DE TESIS  
DR. RAMÓN CORRAL HIGUERA**

Culiacán de Rosales, Sinaloa, a Octubre del 2019



## UAS- Dirección General de Bibliotecas

### Repositorio Institucional

#### Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.



## **DEDICATORIA**

A mis padres Belivardo y Rosa Elena quienes con su paciencia, esfuerzo y amor me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de valentía, esfuerzo y perseverancia, además de su apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanas Roybel y Tania por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, gracias. A toda mi familia, porque con consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), a toda la Facultad de Ingeniería, a la coordinación de la Maestría en Ingeniería de la Construcción y a mis profesores, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

De igual manera agradezco la confianza y el apoyo brindado durante el transcurso del posgrado al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), muchas gracias.

Expreso mi más grande y sincero agradecimiento a la Dra. Susana Paola Arredondo Rea y al Dr. Ramón Corral Higuera principales colaboradores durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitieron el desarrollo de este proyecto de intervención.

Por ultimo quiero dar las gracias a mis amigos, compañeros y futuros colegas que me apoyaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

## **RESUMEN**

Este documento presenta la propuesta de implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica para vivienda residencial interconectada a la red general eléctrica en la ciudad de Culiacán, Sinaloa, que proviene de la creciente preocupación respecto al medio ambiente y el cambio climático. Realizando un análisis del sistema propuesto buscando satisfacer la necesidad de energización eléctrica de dichas viviendas, que a través de investigaciones, base de datos confiables, herramientas profesionales y la participación de partes claves involucradas, se logra demostrar la sostenibilidad de dicho proyecto de intervención.

## **PALABRAS CLAVE**

Energía Solar, Fotovoltaica, Interconectado, Vivienda Residencial.

## **ABSTRACT**

This document presents the proposal for the implementation of a photovoltaic solar energy system for residential housing interconnected to the general electricity network in the city of Culiacán, Sinaloa, which comes from the growing concern regarding the environment and climate change. Carrying out an analysis of the proposed system seeking to satisfy the need for electrical energization of these homes, which through research, reliable database, professional tools and the participation of key parties involved, demonstrates the sustainability of said intervention project.

## **KEYWORDS**

Solar Energy, Photovoltaic, Interconnected, Residential Housing.

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1	Presentación.....	9
1.2	Análisis situacional.....	11
1.3	Definición del problema.....	13
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTO TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
2.1	Marco histórico y contextual.....	18
2.2	Marco teórico.....	20
2.2.1	Aceptación Social en Innovación de Energía Renovable.....	20
2.2.2	Energía Solar, Tendencias y Tecnologías.....	21
2.2.3	Avances Recientes de Paneles Solares Fotovoltaicos.....	22
2.2.4	Diseño de Sistemas Fotovoltaicos.....	23
2.2.5	Parámetros importantes de paneles solares.....	25
2.2.6	Potencia entregada por un panel fotovoltaico.....	26
2.3	Marco legal.....	31
<b>3</b>	<b>PROYECTO DE INTERVENCIÓN.....</b>	<b>36</b>
3.1	Objetivo general.....	36
3.2	Objetivos específicos.....	36
3.3	Justificación.....	37
3.4	Metodología.....	38
3.4.1	Estimación de consumo energético por vivienda residencial en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.....	38
3.4.2	Análisis de datos sobre incidencia solar en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.....	41
3.4.3	Diseño de sistema solar fotovoltaico interconectado a la red general eléctrica.....	43
3.4.4	Costo/Beneficio del proyecto.....	45
3.5	Análisis de resultados.....	46
3.5.1	Consumo energético por vivienda residencial en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.....	46
3.5.2	Análisis de datos sobre incidencia solar en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.....	51
3.5.3	Diseño de sistema solar fotovoltaico interconectado a la red general eléctrica.....	52
3.5.4	Determinación del costo/beneficio.....	55

<b>4</b>	<b>ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>58</b>
4.1	Plan de acción .....	58
4.2	Estrategias usadas para presentar y persuadir a los involucrados en el proyecto .....	59
<b>5</b>	<b>ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO. ....</b>	<b>62</b>
5.1	Cronograma de Actividades.....	62
5.2	Recursos.....	63
5.2.1	Recursos Humanos.....	63
5.2.2	Presupuesto Ejemplo en proyecto de intervención.....	63
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>65</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>68</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potencial de Calentamiento Global de los gases de efecto invernadero.....	13
Tabla 2. Tarifa fuera de verano.....	15
Tabla 3. Tarifa temporada de verano .....	16
Tabla 4. Rangos de consumos establecidos para prueba piloto .....	39
Tabla 5. Normales Climatológicas Culiacán, Sinaloa. ....	42
Tabla 6. Rango de consumos para prueba piloto .....	46
Tabla 7. Rango de consumos residenciales, prueba piloto, Fracc. Barcelona, Culiacán, Sin.....	47
Tabla 8. Probabilidad acumulada inferior para una distribución normal $N(0,1)$ .....	47
Tabla 9. Número de hogares inscritos con tarifa doméstica 1F, Culiacán, Sinaloa.....	48
Tabla 10. Tipo y porcentaje de viviendas según Nivel Socioeconómico AMAI.....	49
Tabla 11. Tamaño de Muestra, cómputo en Microsoft Excel.....	50
Tabla 12. Consumo promedio en KWh mensual y total anual vivienda residencial. ....	51
Tabla 13. Irradiación solar sobre paneles solares, coordenadas Culiacán, Sinaloa. ....	52
Tabla 14. Generación de energía solar fotovoltaica con sistema propuesto .....	53
Tabla 15. Costo según consumo resultante sin contar con eco tecnologías.....	55
Tabla 16. Presupuesto de SFV interconectado a la red, incluyendo descuento gubernamental. ..	56
Tabla 17. ROI escenario tarifario actual, con eco tecnología y programa gubernamental. ....	56
Tabla 18. Costo según consumo resultante sin contar con eco tecnologías y sin subsidio.....	57
Tabla 19. ROI escenario tarifario sin subsidio, con eco tecnología y programa gubernamental. ....	57
Tabla 20. Plan de acción del proyecto de intervención. ....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fuentes del suministro total mundial de energía primaria 2010.....	9
Figura 2. Principales países con mayor volumen de emisiones anuales de GEI a nivel mundial. 13	
Figura 3. Asociación de número de fuentes y cantidad emisiones de CO <sub>2</sub> por sector industrial..	14
Figura 4. Tarifa fuera de verano .....	15
Figura 5. Tarifa temporada de verano.....	16
Figura 6. Evolución de las capacidades eléctricas solares hasta el año 2030. ....	19
Figura 7. Triangulo de la aceptación social de la innovación en la energía renovable.....	20
Figura 8. Promedio de la energía solar global anual.....	22
Figura 9. Diagrama de un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red. ....	24
Figura 10. Representación gráfica de panel fotovoltaico.....	27
Figura 11. Conexión de placas solares en paralelo .....	27
Figura 12. Conexión de placas solares en serie .....	29
Figura 13. Conexión mixta de placas solares.....	30
Figura 14. Avance de leyes de generación de energía solar fotovoltaica a través del tiempo.....	32
Figura 15. Diagrama unifilar de conexiones de sistema solar fotovoltaico propuesto. ....	54
Figura 16. Características del Subsidio y el financiamiento.....	59

# 1 INTRODUCCIÓN.

## 1.1 Presentación.

La energía es la fuerza motriz del desarrollo, el crecimiento económico, la automatización y la modernización. El uso y la demanda de energía están aumentando a nivel mundial y los investigadores lo han tomado en serio para cumplir con las futuras demandas de energía. La mayor parte de la demanda de energía las proyecciones muestran que las fuentes de energía actuales y esperadas no son sostenibles. La energía renovable puede ser una fuente de generación de energía sostenible. El uso de energía renovable ha aumentado en los últimos años, pero no está muy extendido. Como una opción para proporcionar energía, la energía solar está ganando popularidad. Hoy, solo el 13% de la energía proviene de fuentes renovables (biocombustible y residuos 10%, hidroeléctricas 2.3% y otras: solar, eólica, geotérmica, calor, entre otras 0.9%), 81% combustibles fósiles (petróleo 32.4%, gas natural 21.4 % y carbón 27.3%) y 5.7% de energía nuclear. La energía solar es uno de los recursos energéticos más limpios que hace no comprometer o agregar al calentamiento global. El sol irradia más energía en un segundo que las personas han usado desde el comienzo de tiempo. La energía solar a menudo se llama "energía alternativa" a los fósiles fuentes de energía de combustible como el petróleo y el carbón. La Fig. 1 muestra las fuentes mundiales de suministro total de energía primaria en 2010 [1, 2].

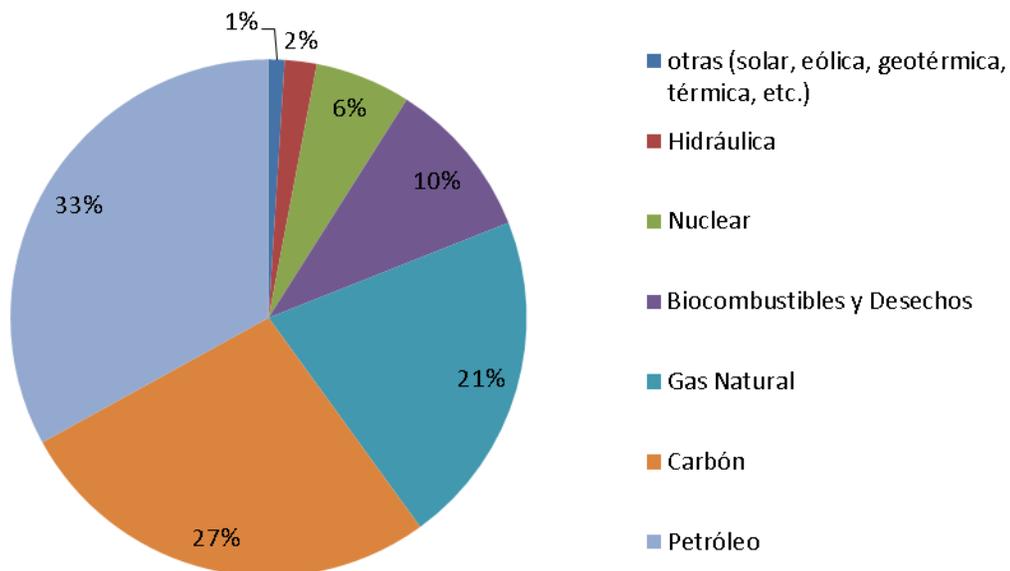


Figura 1. Fuentes del suministro total mundial de energía primaria 2010

El presente proyecto de intervención relacionado a la energización eléctrica de las viviendas residenciales ubicadas en la ciudad de Culiacán, Sinaloa, donde la obtención de energía eléctrica es a partir del uso de sistemas solares fotovoltaicos interconectados a la red general eléctrica, pretende llevar a cabo una difusión y concientización de una futura acción y creación de conciencia sobre la implementación de tecnologías que utilizan fuentes de energía renovable como materia prima en la producción de energía eléctrica. En este caso en particular, se promueve el uso de tecnología capaz de aprovechar la energía solar captada a través de paneles solares, transformar dicha energía y obtener como resultado energía eléctrica limpia consumible. A diferencia de la producción de energía eléctrica mediante la quema de combustibles fósiles, u otras formas que no se encuentren catalogadas como fuentes de energía renovable, la energía eléctrica fotovoltaica no genera residuos materiales, ni emite gases de efecto de invernadero que afecten el cambio climático causante de estragos en la salud y seguridad de los seres humanos.

La misión de esta propuesta de intervención consiste en dar a conocer la implementación de tecnología fotovoltaica en vivienda de interés residencial en la ciudad de Culiacán, así como sus beneficios sociales, ambientales y económicos. Mientras que la visión a futuro de dicha propuesta, es la de demostrar que los sistemas solares fotovoltaicos jugaran un papel importante en la generación de energía eléctrica en la capital sinaloense, ayudando a mantener un equilibrio entre el medio ambiente y el uso de los recursos naturales con los que se cuenta para desarrollar las actividades que cubren la necesidad, la recreación y el desarrollo del ser humano.

## **1.2 Análisis situacional.**

La energía eléctrica, siendo producida mayormente por la quema de fuentes de energía fósil, las cuales no son renovables y altamente contaminantes, liberan gases de efecto invernadero, los cuales contribuye al calentamiento global y el desequilibrio climático terrestre. Esto se presenta sobre todo en países que aún están en desarrollo, los cuales se ven en la necesidad de quemar combustibles fósiles para cubrir sus necesidades diarias. La utilización de sistemas Fotovoltaicos aprovechando el recurso renovable, limpio y constante, ayudara a conservar las reservas de combustibles fósiles finitos y mantener los precios por servicio de abastecimiento de energía eléctrica estables. Existen predicciones donde la energía Fotovoltaica contribuirá en un 20% a la demanda de energía eléctrica en 2050 y 60% en 2100 a escala global. Lo cual indica que existirá un crecimiento exponencial en el uso de esta eco tecnología, la cual contribuirá en el abastecimiento de energía eléctrica, cubriendo la demanda creciente del servicio. Estas predicciones demuestran una tendencia por parte de las naciones a implementar normativas y mediadas donde se obligue a utilizar energías de fuentes renovables para los años venideros [3].

El consumo de combustibles fósiles es la principal fuente de emisiones de GEI por actividades humanas. A nivel mundial el sector energético contribuye con el 64% de las emisiones de GEI, y 84% de las emisiones de CO<sub>2</sub> [4]. En consecuencia, los seres vivos que habitan el planeta se ven afectados por distintos estragos, como lo son las sequias, las inundaciones, las altas y bajas temperaturas cada vez más extremos y la contaminación del medio ambiente.

Los seres humanos, siendo una especie consumista, requieren de mucha energía para realizar todas sus actividades, ya sean cotidianas, laborales o recreativas. Es aquí donde la energía eléctrica y su producción debido a la creciente demanda con el aumento de la población, nos está llevando a una crisis energética. Estas últimas décadas, la conciencia sobre fuentes alternativas de generación de energía eléctrica ha ganado mayor atención y aceptación debido a las afectaciones al medio ambiente derivadas del incremento de liberación de gases de efecto invernadero hacia la atmosfera por la producción de energía eléctrica [5]. Investigaciones alrededor del mundo acerca de los sistemas fotovoltaicos, son producto de la preocupación de la crisis mundial sobre los costos de las gasolinas y aceites, y su impacto ambiental en nuestro entorno.

Los edificios demandan energía en su ciclo de vida, tanto de forma directa como indirecta. Directamente para su construcción, operación, rehabilitación y eventual demolición; Indirectamente a través de la producción de los materiales de los que están hechos y de los materiales de los que se realizan las instalaciones técnicas. Ahora, la energía de operación representa un 90-95% de la energía total dentro del ciclo de vida de una edificación. El porcentaje restante viene de la construcción, demolición, y obtención de materia. Esta cifra representa la mayor parte de la energía que es requerida para la utilización y operación diaria de una vivienda, lo cual nos asegura el abastecimiento de energía eléctrica. Aunado a ello, el consumo per cápita de energía eléctrica en las residencias sinaloenses se encuentra por encima de la media nacional, debido a la necesidad de contar con climatización. Por ello se tiene como actor principal al uso de sistemas fotovoltaicos para la micro-generación de energía eléctrica. De esta forma se obtiene el recurso de manera renovable y limpia [6, 7].

Gracias a los nuevos sistemas de interconexión en la generación de energía solar fotovoltaica, es posible llevar con armonía la sinergia de los equipos solares con la red general eléctrica. Aquí, se aprovecha la infraestructura del Sistema Energético Nacional a través del uso de un medidor bidireccional, el cual permite llevar un registro de la energía que los sistemas solares fotovoltaicos interconectados aportan a la red general, así como el registro de consumo de energía proporcionado por la red general cuando las eco tecnologías solares no se encuentren produciendo electricidad. Llevando estas instalaciones bajo un régimen de cobro delimitado según la diferencia entre la energía consumida de la red y la energía producida por el sistema fotovoltaico.

Como fue mencionado en el apartado de la presentación, este proyecto de intervención va dirigido a viviendas de interés residencial. Este direccionamiento o enfoque hacia este tipo de viviendas se apoyó en estudios realizados por la Asociación Mexicana de agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI) y su índice de Niveles Socioeconómicos (NSE), siendo este la regla, basada en un modelo estadístico, que permite agrupar y clasificar a los hogares mexicanos en siete niveles, de acuerdo a su capacidad para satisfacer las necesidades de sus integrantes. Las viviendas de tipo residencial, son las que cuentan con la capacidad de satisfacer los requerimientos de sus ocupantes, además de contar con el capital necesario para llevar a cabo la implementación de este tipo de eco tecnologías [8].

### 1.3 Definición del problema.

México contribuye con el 1.67% del total de emisiones anuales de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Ocupa el undécimo lugar entre los países con mayores emisiones, sin embargo, en comparación con los países industrializados sus emisiones son relativamente bajas. Los gases de efecto invernadero tienen características diversas y su potencial de calentamiento global varía considerablemente, por lo tanto para fines comparativos, se ha incorporado el criterio de medir los diferentes gases en unidades de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e) considerando el potencial del calentamiento global en un periodo de 100 años. Como se aprecia en la figura 2 [4].

Fórmula Química	Gas de Efectivo Invernadero	Potencial de calentamiento Global
CO <sub>2</sub>	Bióxido de Carbono	1
CH <sub>4</sub>	Metano	21
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso	310
HFCs	Hidrofluorocarbonos	140(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub> ) a 11700 (CHF <sub>3</sub> )
PFCs	Perfluorocarbonos	5700 (CF <sub>4</sub> ) a 11900 (C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> )
SF <sub>6</sub>	Hexafloruro de Azufre	23900

Tabla 1. Potencial de Calentamiento Global de los gases de efecto invernadero [4].

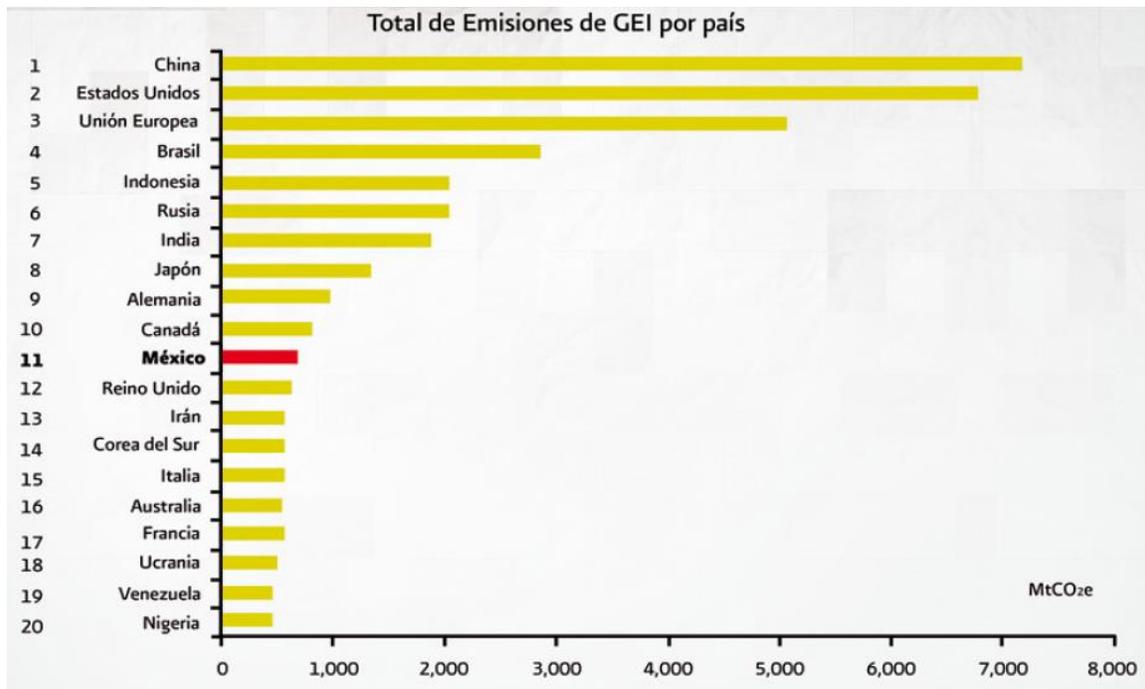


Figura 2. Principales países con mayor volumen de emisiones anuales de GEI a nivel mundial [4].

Actualmente, las necesidades de operación de una vivienda en cuanto al consumo eléctrico es entre un 90-95% de la energía eléctrica total dentro del ciclo de vida de la vivienda. Contando con el sol y su potencial energético, siendo este hasta 9 veces mayor que las reservas de energías no renovables; se lograría la micro-generación de energía eléctrica a través del aprovechamiento de su radiación con el uso de sistemas fotovoltaicos. De esta manera se protegen las reservas de combustibles fósiles, al medio ambiente, la sociedad y la economía [7, 9, 10].

Del párrafo anterior nos damos cuenta que el sector de la industria encargada de la generación de energía eléctrica representa un porcentaje importante en la emisión de gases de efecto invernadero. Esto lo podemos observar con cifras cercanas a 75 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en dicho sector industrial, las cuales se muestran en la siguiente figura.

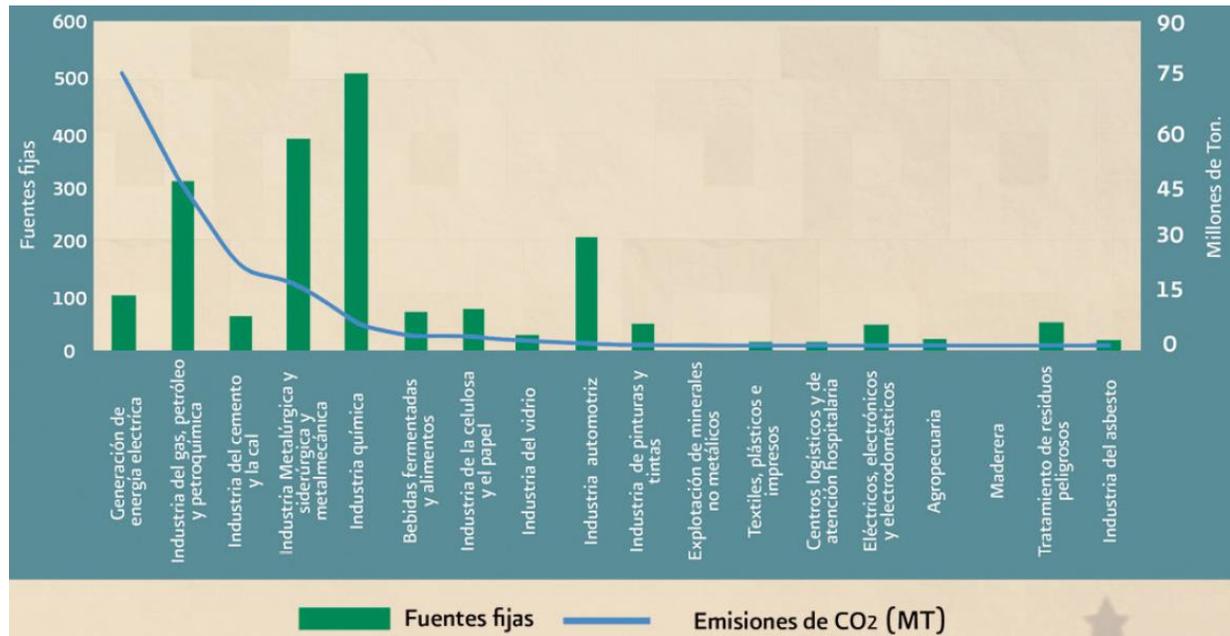


Figura 3. Asociación de número de fuentes y cantidad emisiones de CO<sub>2</sub> por sector industrial [4].

Otro aspecto importante en la problemática energética que se tiene específicamente en la región Noroeste del territorio nacional, el cual incluye a el Estado de Sinaloa, es la necesidad de requerir el apoyo de Subsidios Federales, con respaldo de Hacienda y la CFE, para sortear los altos costos del recibo de luz que llegan a los hogares por el uso de aire acondicionado para mermar el clima caluroso. Dicho subsidio se gestiona para el periodo comprendido del 1 de mayo al 31 de octubre, donde el gobierno requirió recaudar 300 millones de pesos para tales fines [11]. Esto nos deja vulnerables a un futuro donde la recaudación de fondos del gobierno

federal sea insuficiente, o que dichos organismos decidan dirigir los fondos mencionados a distintos programas con mayor relevancia respecto al interés nacional. A continuación se muestra el movimiento de la tarifa 1F aplicable a viviendas en la ciudad de Culiacán, Sinaloa:

TARIFA FUERA DE VERANO	AÑO									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Consumo básico	0.663	0.687	0.711	0.735	0.759	0.792	0.809	0.793	0.793	0.793
Consumo intermedio	1.089	1.137	1.185	0.891	0.927	0.963	0.976	0.956	0.956	0.956
Consumo excedente	2.313	2.409	2.505	2.601	2.709	2.817	2.859	2.802	2.802	2.802

**\*Consumo básico** Pesos por cada uno de los primeros 75 (setenta y cinco) kilowatts-hora.

**\*Consumo intermedio** Pesos por cada uno de los siguientes 125 (ciento veinticinco) kilowatt-hora.

**\*Consumo excedente** Pesos por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.

Tabla 2. Tarifa fuera de verano

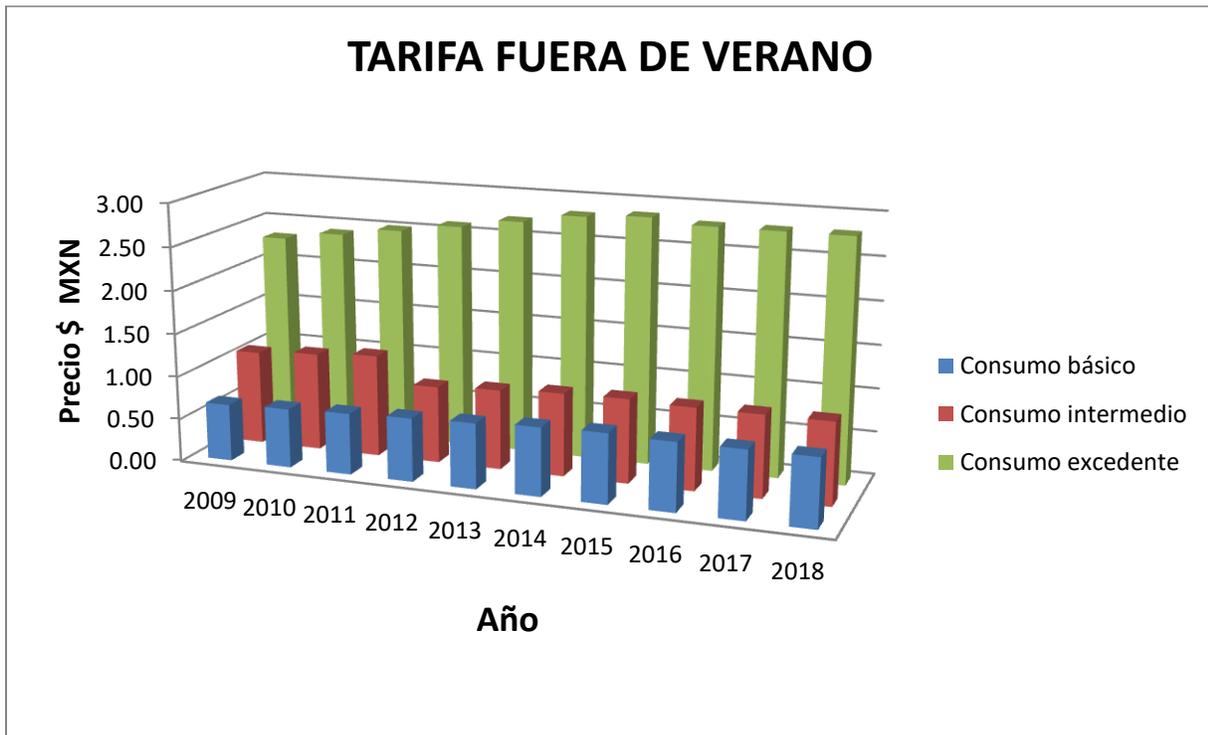


Figura 4. Tarifa fuera de verano

TARIFA TEMPORADA DE VERANO	AÑO									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Consumo básico	0.473	0.497	0.521	0.545	0.569	0.593	0.595	0.583	0.583	0.583
Consumo intermedio bajo	0.622	0.646	0.670	0.694	0.718	0.742	0.741	0.726	0.726	0.726
Consumo intermedio alto	1.480	1.540	1.600	1.660	1.727	1.799	1.804	1.768	1.768	1.768
Consumo excedente	2.345	2.441	2.537	2.637	2.745	2.853	2.859	2.802	2.802	2.802

**\*Consumo básico** Pesos por cada uno de los primeros 300 (trescientos) kilowatts-hora.

**\*Consumo intermedio bajo** Pesos por cada uno de los siguientes 900 (novecientos) kilowatts-hora.

**\*Consumo intermedio alto** Pesos por cada uno de los siguientes 1300 (mil trescientos) kilowatts-hora.

**\*Consumo excedente** Pesos por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.

Tabla 3. Tarifa temporada de verano

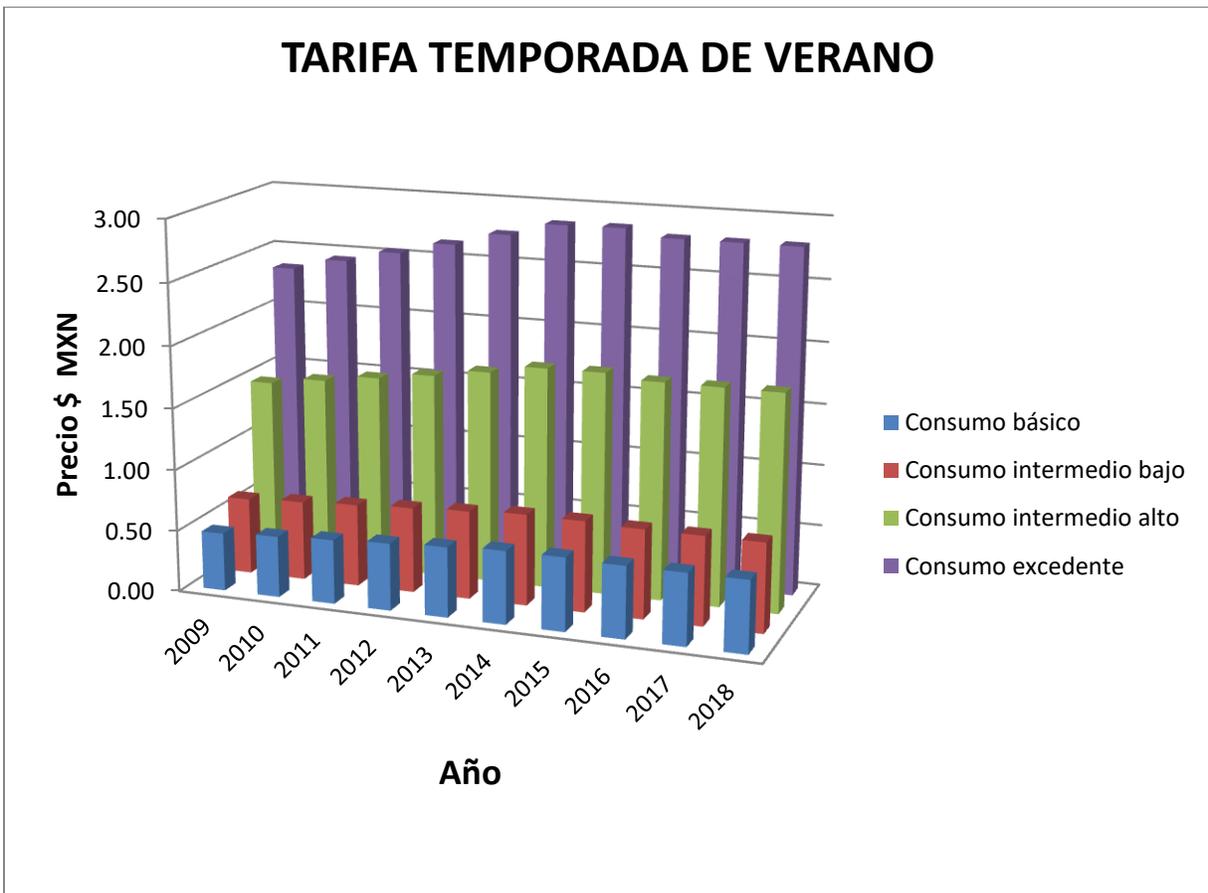


Figura 5. Tarifa temporada de verano

La capital sinaloense cuenta con altas temperaturas a lo largo del año, lo cual obliga un alto consumo energético en sus residencias derivado de la necesidad de climatización. Para mitigar este problema, la ciudad cuenta con un gran potencial de aprovechamiento de la luz solar dado su ubicación geográfica. Es aquí donde las tecnologías solares fotovoltaicas y los sistemas interconectados a red proporcionan una mitigación funcional. De esta manera se genera electricidad cuando se encuentra expuesto a la irradiación solar enviando la energía sobrante hacia la red general eléctrica cuando esta no es utilizada en su totalidad, y viceversa. Lo anterior tendrá un impacto directo en la factura energética a final de cada periodo de consumo, reducirá la emisión de GEI y generará energía eléctrica limpia al no utilizar combustibles fósiles como materia prima.

## **2 FUNDAMENTO TEÓRICO.**

### **2.1 Marco histórico y contextual.**

La obtención directa de electricidad a partir de la luz se conoce con el nombre de efecto fotovoltaico. La existencia de este fenómeno fue puesta de manifiesto por el físico Antoine Becquerel, en el año 1839. Para conseguirlo, se requiere un material que absorba la luz del Sol y sea capaz de transformar la energía radiante absorbida en energía eléctrica, justo lo que son capaces de hacer las células fotovoltaicas. Hacia 1870 el profesor W. Grylls Adams y un estudiante suyo, R. Evans Day, experimentaron sobre el efecto de la luz sobre el selenio, comprobando que se creaba un flujo de electricidad, que denominaron “fotoeléctrica”. Era el año 1885 cuando Charles Fritts construyó el primer módulo fotoeléctrico, extendiendo una capa de selenio sobre un soporte metálico y recubriéndola con una fina película transparente de oro. Fritts envió sus paneles solares a Werner von Siemens, que ante la Real Academia de Prusia, presentó los módulos americanos declarando “por primera vez tenemos la evidencia de la conversión directa de la energía de la luz en energía eléctrica”. En los Bell Laboratories, a comienzos de los años 50, Calvin Fuller y Gerald Pearson trabajaban en la materialización de la teoría del transistor construido a base de silicio. A la vez que ellos estaban inmersos en mejorar los transistores, otro científico de Bell, Darryl Chapin, empezó en febrero de 1953 a investigar primero con selenio y luego con silicio, con el que logró eficiencias del 2.3%. Los cálculos teóricos de Chapin concluían que las células de silicio podían llegar a tener una eficiencia del 23%, aunque en la práctica Chapin llegó a desarrollar una célula con un 6% de eficiencia. Las células fotovoltaicas tuvieron su primer gran campo de aplicación en el espacio. Fue a partir del invento de Chapin, Fuller y Pearsons, cuando Hans Ziegler, jefe de investigación sobre sistemas de suministro de energía del ejército estadounidense, tras visitar los Bell Laboratories, concluyó que la única aplicación factible era la súper-secreta operación denominada “Lunch Box”, que no era otra que la construcción y lanzamiento de un satélite artificial. La ciencia ficción se materializó con el anuncio del presidente Eisenhower, realizado el 30 de julio de 1955, de que América tenía planes para colocar un satélite en el espacio. En la primera página del New York Times apareció un dibujo del satélite alimentado por células solares. En 1973 investigadores de Exxon (entonces denominada Esso) sorprendieron a todo el mundo al anunciar que su filial Solar Power Corporation “comercializaba módulos fotovoltaicos que serían competitivos con otras fuentes de energía en aplicaciones terrestres”. Solar Power Corporation comenzó a investigar

para reducir el coste de fabricación de las células. Empezaron por utilizar, no silicio cristalino puro, como el utilizado en la industria de los semiconductores, sino silicio de rechazo de esta industria. Así lograron fabricar módulos a un coste de 10 \$/Vatio, que se vendían a 20 \$/Vatio. Los primeros mercados masivos de células fotovoltaicas se desarrollaron en primer lugar en torno a aplicaciones aisladas de la red eléctrica: señalización marítima mediante boyas luminosas, señalización ferroviaria, antenas de comunicaciones (telegrafía, telefonía, radio, TV, etc.) [12].

La energía renovable es una fuente de energía sostenible y limpia derivada de la naturaleza. La tecnología de energía renovable es una de las soluciones, que produce energía transformando fenómenos naturales (o recursos naturales) en formas de energía útiles. Muchos países, como Alemania, Japón y EE. UU. Se están posicionando para tener un liderazgo tecnológico mediante la implementación de programas nacionales para promover el uso de la energía fotovoltaica, lo que indudablemente resultará en una expansión de la capacidad de fabricación y en la reducción de costos. Una aplicación más generalizada de la tecnología fotovoltaica será la fuerza impulsora en el mercado fotovoltaico mundial. Cuatro países, Alemania, Japón, España y EE. UU., Han contribuido más al crecimiento del mercado fotovoltaico. La siguiente figura muestra la evolución de las capacidades eléctricas solares hasta 2030.

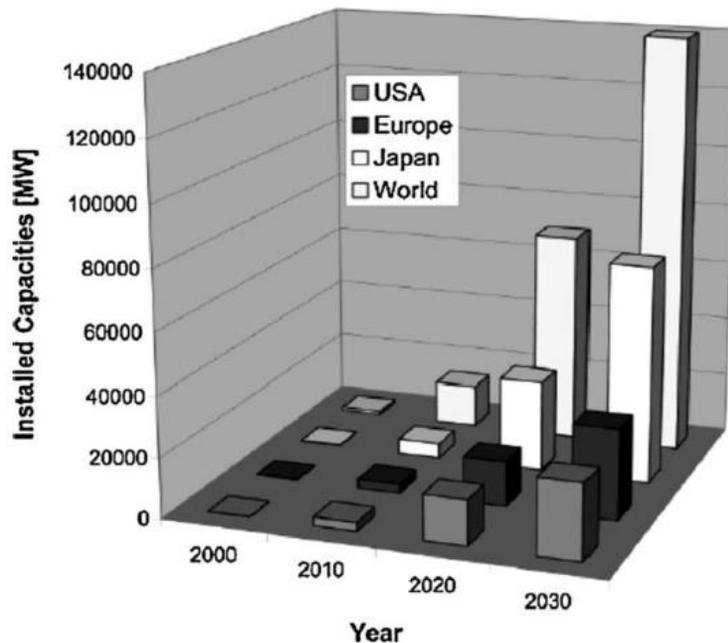


Figura 6. Evolución de las capacidades eléctricas solares hasta el año 2030 [3].

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Aceptación Social en Innovación de Energía Renovable

La aceptación pública y la percepción de las fuentes de energía renovables son factores clave para lograr exitosamente una transición energética. Ya por varias décadas, el incremento de la participación de las energías renovables esta en las agendas políticas de las naciones. La aceptación social de las energías renovables, se da en tres dimensiones, aceptación socio-política, aceptación de la comunidad y la aceptación del mercado. La siguiente figura muestra los aspectos necesarios para poder llevar a cabo la implementación de las nuevas fuentes de energías y sus tecnologías:

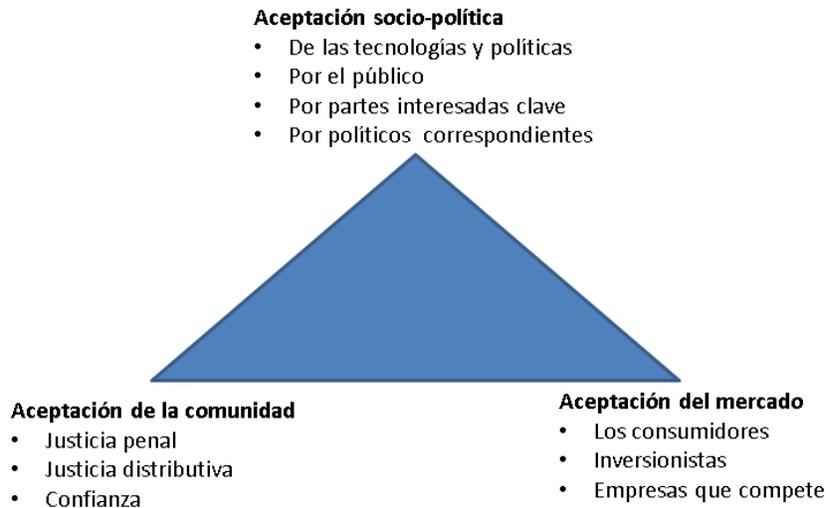


Figura 7. Triángulo de la aceptación social de la innovación en la energía renovable [13].

Aceptación socio-política, se da en las encuestas generales a la población, estas pueden ser proporcionadas por entidades políticas o medios relacionados con los gobiernos locales, donde se muestran a favor de las nuevas tecnologías. En la aceptación de la comunidad, las barreras más comunes son el costo de la implementación de nuevas tecnologías y la falta de información y confianza hacia los proveedores de dichas tecnologías. Por último la aceptación del mercado, es la adopción del mercado referente a una innovación, en nuestro caso la innovación en la obtención de energía eléctrica [13-15].

Para que cada país pueda fomentar el crecimiento y aumentar la capacidad instalada de los sistemas solares térmicos y fotovoltaicos, se propone establecer objetivos e identificar posibles medidas fiscales para lograr las tasas de crecimiento deseadas. Algunos de los instrumentos fiscales potenciales podrían adoptar la siguiente forma:

(A) la reducción proporcional del impuesto anual a la propiedad, siendo la reducción proporcional al desplazamiento de los combustibles fósiles mediante el uso de energías renovables,

B) la vinculación del impuesto anual sobre la propiedad con las medidas eléctricas de nivelación de la carga,

C) la vinculación del impuesto sobre la propiedad anual a la exportación de energía eléctrica (micro-generación) y, por lo tanto, la reducción del tamaño de la central,

D) utilizar una medida de la emisión de carbono de toda la vida y vincularla con el impuesto anual sobre la propiedad para viviendas nuevas, y

(E) aliviar la restricción de la planificación para viviendas nuevas que demuestren la integración de las tecnologías de energía renovable.

Todas estas son propuestas mediadas que pudiesen tomar las autoridades pertinentes para llevar a cabo un crecimiento en el uso de los sistemas fotovoltaicos y cualquier otra tecnología relacionada con el uso de energías alternativas [10].

### **2.2.2 Energía Solar, Tendencias y Tecnologías**

Dado que la demanda de energía eléctrica crece día con día, la generación de energía eléctrica de manera alternativa incrementa su importancia. En el siglo 21 se proyectan escenarios de una crisis energética si no se toman medidas para producir energía de manera sustentable, lo cual llevaría al agotamiento de las reservas fósiles y a niveles de contaminación ambiental alarmantes referentes a GEI. La energía solar fotovoltaica es de las mejores en los países sub-desarrollados, ya que la mayoría de ellos se encuentran en zonas donde se tiene alta incidencia solar. La radiación solar es de particular importancia por su disponibilidad en casi todo el territorio nacional mexicano. Se estima que la tasa promedio de radiación solar es de 5 KWh / m<sup>2</sup> día sobre

el 75% del territorio, alcanzando los 7 KWh / m<sup>2</sup> días en la región cercana al Mar de Cortés y al Golfo de California.

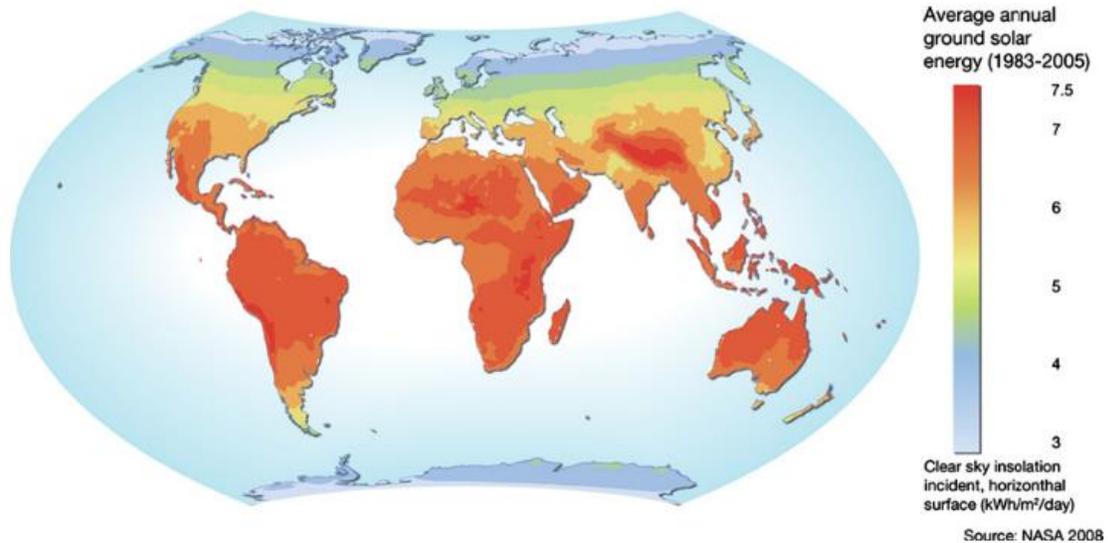


Figura 8. Promedio de la energía solar global anual [5].

Las tecnologías solares son un recurso renovable extremadamente prometedor teniendo en cuenta sus eficiencias de producción cada vez mayores y la capacidad de ser utilizado en una variedad de lugares [5, 16].

### 2.2.3 Avances Recientes de Paneles Solares Fotovoltaicos

Entre las nuevas ideas de extraer energía de los recursos renovables, la fotovoltaica (FV) se ha convertido en una de las tecnologías más maduras en los últimos años. Desde el punto de vista económico, los precios de los módulos están disminuyendo, los mercados emergentes están aumentando y las inversiones en la sección de fabricación están recuperándose. Desde el punto de vista técnico, la tecnología fotovoltaica también se está desarrollando [17]. Las investigaciones alrededor del mundo acerca de los sistemas fotovoltaicos, son producto de la preocupación en la crisis mundial sobre los costos de gasolinas y aceites. Estudios muestran que el mercado de sistemas FV ha tenido un crecimiento anual del 30% a día de hoy, esto debido a investigaciones que predicen el agotamiento de los combustibles fósiles y su próxima extinción. La tecnología de energía solar fotovoltaica tiene muchas ventajas y desventajas comparando con otras energías. Las ventajas potenciales como:

- Trabaja en ambiente silencioso; No producen desperdicios no deseados tales como materiales radiactivos;
- Alto rendimiento y sistema confiable;
- Tecnología limpia - no produce ningún residuo tóxico o material radiactivo;
- Altamente creíble sistema con esperanza de vida es entre 20 y 30 años;
- Sistema de bajo mantenimiento [18].

Las desventajas:

- Rendimiento sin retorno de la inversión, período de amortización más largo;
- Producción e instalación alto costo;
- No es adecuado para la integración con el actual sistema de techo;
- Necesitan más espacio para sistemas separados (agua caliente y producción de electricidad) [18].

#### **2.2.4 Diseño de Sistemas Fotovoltaicos**

La importancia de los sistemas fotovoltaicos fue una vez cuestionable cuando los combustibles fósiles eran vistos como una fuente interminable de energía. Con el creciente reconocimiento del impacto medioambiental y la inestabilidad económica debida a las fluctuaciones de los precios del petróleo y el gas, el desarrollo fotovoltaico tiene el interés de casi todos los sectores. Tres Generaciones de sistemas fotovoltaicos existen en la actualidad. Las placas fotovoltaicas se dividen en:

- ✓ Mono cristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular o hexagonal).
- ✓ Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- ✓ Amorfos: cuando el silicio no se ha cristalizado.

Su efectividad es mayor cuanto mayor son los cristales, pero también su peso, grosor y costo. El rendimiento de las primeras puede alcanzar el 20% mientras que el de las últimas puede no llegar al 1%, sin embargo su coste y peso es muy inferior. Existen la influencia de condiciones geométricas y factores de diseño para el desempeño de los sistemas. Haciendo un arreglo bajo un

estudio de estos factores nos lleva a la obtención de energía eléctrica de manera eficiente. La evolución de los sistemas FV son para mejorar su eficiencia y reducir costes de producción, haciéndolos cada vez más sustentables.

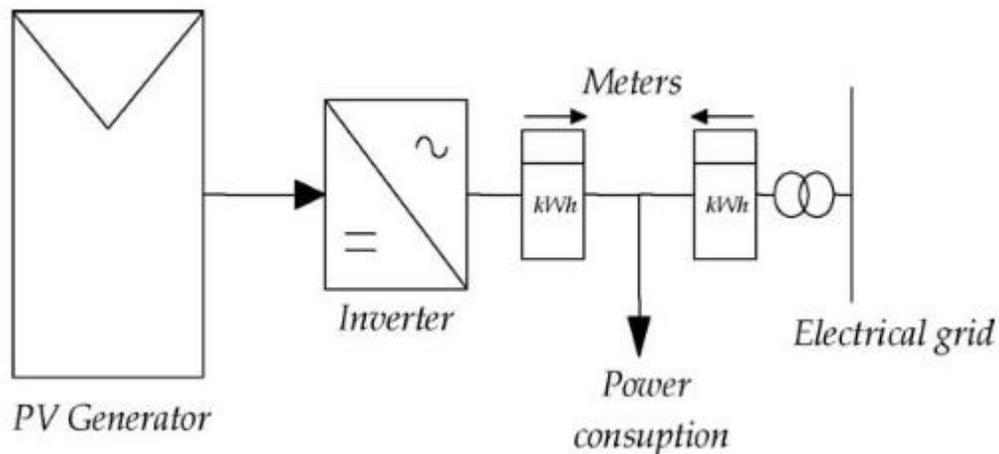


Figura 9. Diagrama de un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red [19].

*Pv Generator:* Generador Fotovoltaico, realiza la función de convertir la radiación solar en energía eléctrica.

*Inverter:* Inversor, el inversor DC/AC convierte la energía eléctrica generada de tipo CD a CA para uso en los equipos electrónicos.

*Meters:* Medidores, conectados a la red general eléctrica e inversor de corriente, encargados de llevar un control en la energía entrante y saliente de la red doméstica.

*Electrical Grid:* Red general eléctrica proveedora del servicio, autoridad proveedora de electricidad [20].

Debido a la limitada disponibilidad de espacio ya las limitaciones regulatorias para la capacidad instalada permisible, la optimización de la configuración de los módulos se convierte en un aspecto importante hacia la maximización de la eficiencia de la inversión fotovoltaica. Esto marca como aspecto importante a la distribución de los módulos fotovoltaicos en el espacio disponible [21].

### 2.2.5 Parámetros importantes de paneles solares

Debemos tener en cuenta los principales parámetros de los paneles fotovoltaicos, ya que estos son esenciales a la hora de diseñar o proponer un sistema en conjunto. Los paneles fotovoltaicos, atendiendo a sus características eléctricas, pueden ser descritos mediante varios parámetros, los cuales deben ser proporcionados en las fichas técnicas por los fabricantes, y se definen a continuación [22].

- Corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ): es la intensidad máxima de corriente que se puede obtener de un panel mediante un amperímetro conectado entre bornes, sin ninguna otra resistencia adicional, esto es, provocando un cortocircuito.
- Voltaje a circuito abierto ( $V_{oc}$ ): es el voltaje máximo que se podría medir con un voltímetro sin permitir que pase corriente entre los bornes del panel, es decir, en condiciones de circuito abierto (resistencia entre bornes infinita).
- Corriente en punto de máxima potencia ( $I_{mp}$ ): es la corriente que corresponde a la máxima potencia para condiciones estándar. En general  $I_{mp} < I_{sc}$ .
- Voltaje en punto de máxima potencia ( $V_{mp}$ ): Es el voltaje que corresponde a la máxima potencia en condiciones estándar o de prueba. En general  $V_{mp} < V_{oc}$
- Condiciones estándar de prueba (STC): a menos que el fabricante especifique otras, se consideraran para un nivel de irradiación  $G = 1000 \text{ W/m}^2$  y  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Potencia máxima punta ( $P_{mp}$ ): corresponde al valor máximo de potencia que el panel puede entregar, la cual se da cuando el voltaje y la corriente alcanzan sus valores óptimos.

También podemos encontrar en las fichas técnicas de cada módulo características como:

- Parámetros térmicos: coeficientes de corrección para voltaje, corriente y potencia ante variaciones en la temperatura de operación.

- Rango de funcionamiento: temperatura de uso, máxima tensión del sistema y cargas de viento y nieve así como la máxima corriente inversa que pueden admitir.
- Características físicas: además de indicarnos las dimensiones del panel y su peso, nos pueden indicar el tipo de marco, caja de conexiones, cables, conectores y sobre todo el número de celdas.

## 2.2.6 Potencia entregada por un panel fotovoltaico

Para calcular la energía generada por un panel solar durante un día ( $E_{panel}$ ), usamos la siguiente ecuación para dar introducción al entendimiento de la generación de energía solar fotovoltaica:

$$E_{panel} = I_{panel} \cdot V_{panel} \cdot HSP \cdot 0.9 \text{ [Whd]}$$

Siendo,  $I_{panel}$  y  $V_{panel}$  la corriente máxima y tensión máximas del panel, HSP son las horas sol pico o KWh/día, y 0,9 sería el coeficiente del rendimiento del panel (típicamente 85-90% al descontar ya las pérdidas).

La energía resultante estaría expresada en Whd. Esa sería la energía generada por un solo módulo solar, pero si lo que queremos es saber cuánta energía va a generar una instalación solar con varias placas solares, simplemente habría que aplicar la fórmula siguiente:

$$E_{generador-fotovoltaico} = I_{generador-fotovoltaico} \cdot V_{generador-fotovoltaico} \cdot HSP \cdot 0.9$$

La corriente, en este caso, sería la máxima resultante de la asociación de los módulos fotovoltaicos conectados en paralelo de cada rama (*string*), y la tensión sería la resultante de la suma de tensiones de cada rama (*string*) conectados en serie.

El símbolo eléctrico que se suele utilizar para representar gráficamente un panel fotovoltaico es el siguiente:

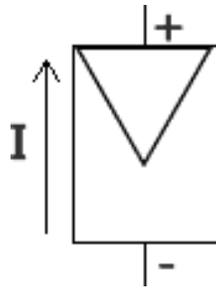


Figura 10. Representación gráfica de panel fotovoltaico

### 2.2.6.1 Conexión en serie y paralelo

Conexión de placas solares en Paralelo: se conectan todos los módulos por sus polos positivos y, por separado, por todos los polos negativos. Con esto, lo que conseguimos es aumentar la corriente generada en la rama (suma de las corrientes de cada panel) pero se mantiene la misma tensión que la de uno de los paneles que componen la rama [23].

En otras palabras, si conectamos los paneles en paralelo, a la salida de la rama tendremos la suma de las corrientes de cada “sub-rama” y la tensión de salida de cada “sub-rama”.

Como ejemplo, consideremos que tenemos una instalación fotovoltaica aislada compuesta por 3 ramas en paralelo con una placa solar de 12V, de tensión nominal máxima 18.4V y corriente máxima de 8.37A. Si no hubiera pérdidas de ningún tipo (caso hipotético), el esquema de conexión de placas solares en paralelo se podría representar así:

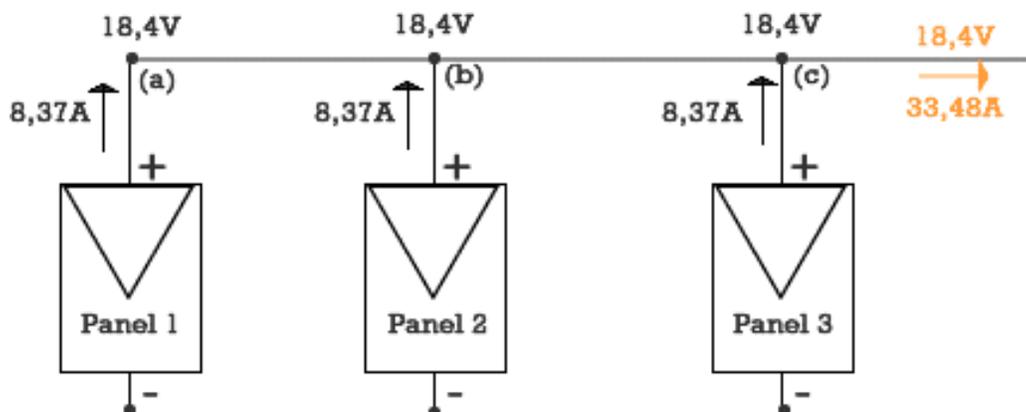


Figura 11. Conexión de placas solares en paralelo [23].

Como podemos ver en el esquema, en color naranja tenemos los valores de salida del sistema de generación fotovoltaico (los llamados paneles solares de 12V por ser usados para sistemas aislados con baterías), donde la tensión de salida que tendremos sería 18.4V (pues los paneles están conectados en paralelo) y la corriente 33.48A (pues al estar en paralelo se suma la corriente de cada rama a, b y c).

Conexión de módulos fotovoltaicos en Serie: para este tipo de configuración se conecta el polo positivo de un módulo, con el polo negativo del siguiente, así sucesivamente con cuantos paneles sean necesarios. Con esto se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada.

La tensión generada será igual a la suma de cada una de las tensiones de cada panel que compone la rama (*string*), o dicho de otro modo, multiplicamos la tensión unitaria por el número de paneles de la rama, pues siempre debemos conectar paneles de las mismas características unos con otros.

Como ejemplo, consideremos que tenemos una instalación fotovoltaica de autoconsumo compuesta por una rama con 3 paneles en serie de placas con 37.45V de tensión y 8.98A de corriente máximas. Si no hubiera pérdidas de ningún tipo (caso hipotético), el esquema de conexión de las placas en serie se podría representar así:

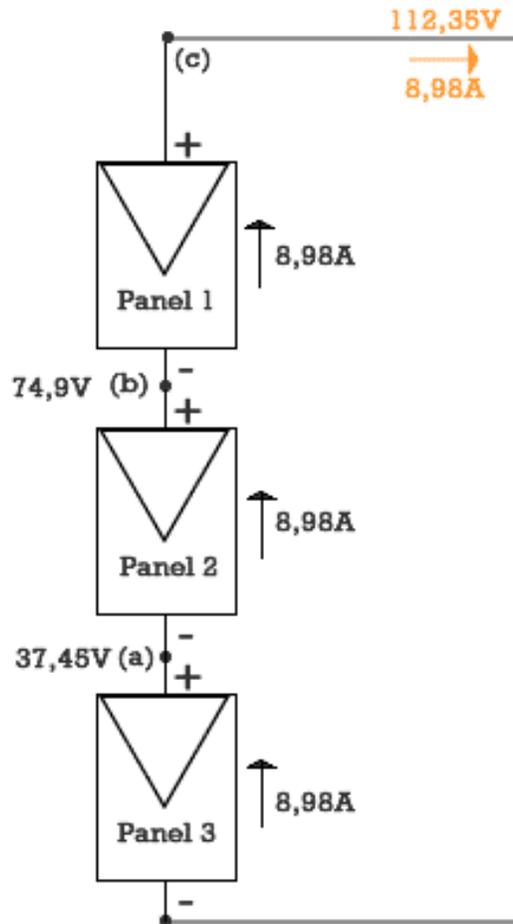


Figura 12. Conexión de placas solares en serie [23].

Como podemos ver indicado en color naranja, a la salida de la rama (c), tendremos la tensión resultante de la suma de cada una de las tensiones de cada panel que componen la rama en serie (112.35V) y la corriente será la misma que la de uno de los paneles (8.98A).

Conexión mixta de placas solares: sería la última opción de configuración de las que nos podemos encontrar, en este caso sería una configuración donde encontramos ramas con paneles conectados en serie y a su vez, estas ramas, conectadas en paralelo. Esta configuración se usa cuando debemos lograr unas corrientes y tensiones de salida muy determinadas, y entonces “jugamos” con las opciones que nos dan los distintos tipos de conexionado. Veamos un ejemplo al respecto:

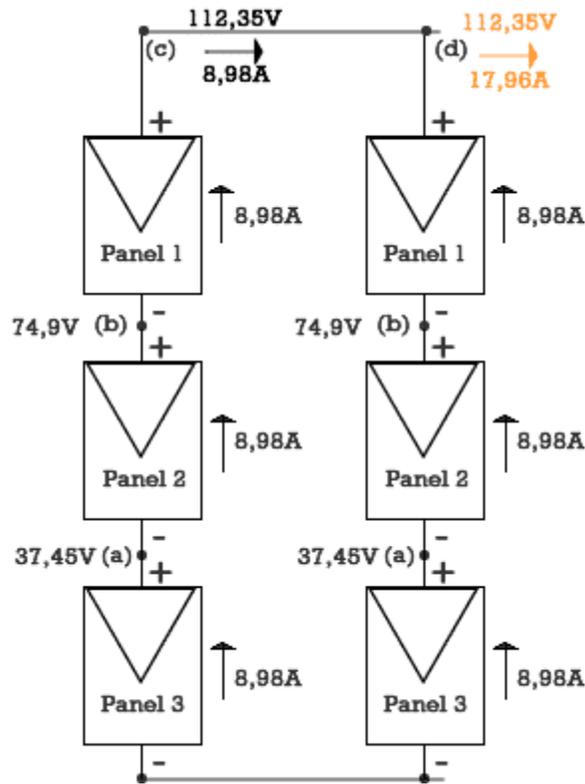


Figura 13. Conexión mixta de placas solares [23].

Como podemos ver en el esquema eléctrico, en el punto (nodo) (c) de la primera rama (*string*) tenemos la suma de tensiones de los paneles y la corriente unitaria, en el punto (nodo) (d), que es la salida del sistema, tendremos la misma tensión de salida de cada una de las ramas, pero como corriente de salida será la suma de la corriente de salida de cada una de las ramas, al encontrarse las dos ramas conectadas en paralelo.

Para resumir, en conexiones en serie la corriente total (de salida) es igual a la de uno de los paneles que componen la rama (*string*) y la tensión total (de salida) es la suma de la tensión de cada panel conectado en serie. En conexiones en paralelo la tensión total (de salida) es igual a la de salida cada rama y la corriente total (de salida) es la suma de corrientes de cada rama.

### **2.3 Marco legal.**

Con el objetivo de promover la inversión de energías renovables, México ha trabajado en la creación y modificación de leyes que permiten incentivar su uso, disminuir la dependencia energética relacionada con los combustibles fósiles y diversificar la matriz energética del país; incorporando fuentes de energía más limpias y con menor impacto ambiental. En diciembre de 1992, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) fue modificada para permitir la participación privada en la generación de energía eléctrica en las modalidades de autoabastecimiento, cogeneración, productor independiente de energía, pequeño productor, importación y exportación, lo cual entre otras asuntos, significa que se permite la producción de electricidad por particulares, abriéndose así espacios de oportunidad para las distintas fuentes de generación de electricidad por medio de energías renovables. Además, la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables (ER) y Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) establece el marco regulatorio específico para la generación de energía eléctrica con fuentes alternativas de energía. Con ello se busca facilitar las inversiones en fuentes renovables de energía en México. De la misma forma, el Programa Especial para el Aprovechamiento de ER establece acciones y metas alcanzables en la capacidad instalada y la generación de energía eléctrica en el país, siguiendo los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo, el Programa Nacional de Energía y el Programa Nacional de Infraestructura. En 2010 la Comisión Reguladora de Energía lleva a cabo diversas modificaciones a los contratos de interconexión y expide el nuevo “Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña Escala” en sustitución al publicado en 2007 y el “Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Mediana Escala”. Dichos instrumentos tienen por objetivo promover e impulsar el desarrollo de proyectos con fuentes de energía renovable o sistemas de cogeneración, a su vez permiten realizar y mantener la interconexión entre el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) propiedad de la Comisión Federal de Electricidad y la fuente de energía renovable o el sistema de cogeneración en pequeña o mediana escala [22].

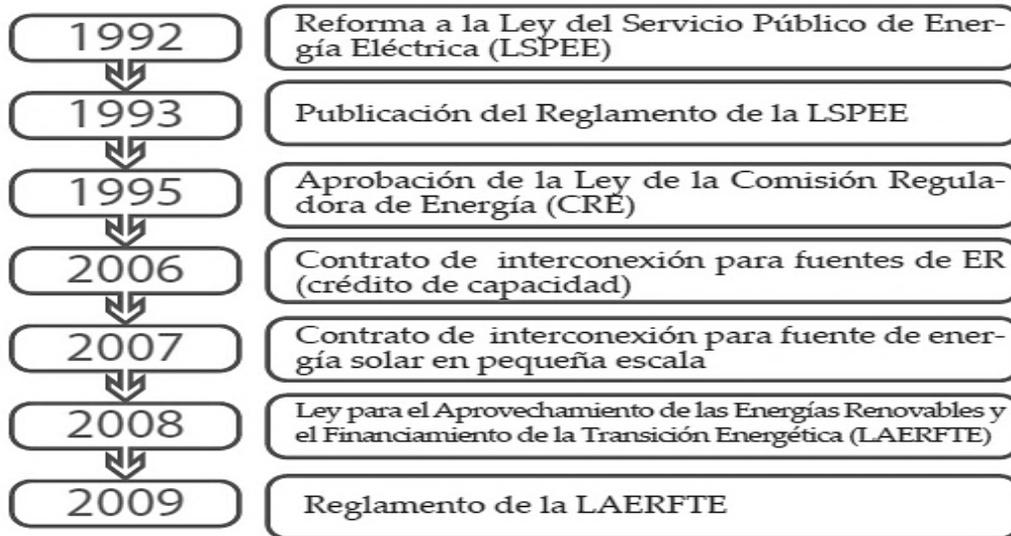


Figura 14. Avance de leyes de generación de energía solar fotovoltaica a través del tiempo [22].

Para los proyectos a pequeña escala la capacidad es de un máximo de 30 KW y de 500 KW para los de mediana escala. En ambos casos no se requiere de un permiso de generación eléctrica, siempre y cuando los proyectos no tengan una capacidad mayor a los 500 kW. Ver anexo Formato de Solicitud de Interconexión a las Redes Generales de Distribución para Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5MW (ANEXO 1).

Para implementar cualquier sistema solar fotovoltaico es importante considerar que deberá cumplir con las normas mexicanas aportadas por la Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico (ANCE) que evalúan los componentes y dispositivos de los sistemas fotovoltaicos publicadas el 20 de mayo de 2011 en el Diario Oficial de la Federación.

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 medición para dispositivos solares fotovoltaicos terrestres (FV) con datos de referencia para radiación.

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.

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-618/1-ANCE-2011. Evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV). Parte 1: Requisitos generales para construcción.

NMX-J-618/2-ANCE-2011. Evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV). Parte 2: Requisitos para pruebas.

NMX-J-618/3-ANCE-2011. 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-2011. 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-2011. Evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV). Parte 5: Método de prueba de corrosión por niebla salina en módulos fotovoltaicos.

NMX-J-618/1-ANCE-2011. Evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV). Parte 6: Método de prueba UV (ultravioleta) para módulos fotovoltaicos.

NMX-J-655/1-ANCE-2011. 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-2011. Desempeño y eficiencia en sistemas fotovoltaicos (FV). Parte 2: Acondicionadores de energía. Procedimiento para la medición de la eficiencia.

NMX-J-655/3-ANCE-2011. Desempeño y eficiencia en sistemas fotovoltaicos (FV). Parte 3: Controladores de carga de baterías para sistemas fotovoltaicos. Desempeño y funcionamiento.

NMX-J-653-ANCE-2011. Celdas secundarias y baterías para sistemas de energía fotovoltaicos. Requisitos generales y métodos de prueba.

NMX-J-656/1-ANCE-2011. Evaluación de la seguridad en dispositivos fotovoltaicos. Parte 1: Seguridad en equipos de conversión de energía para uso en sistemas FV. Requisitos generales.

NMX-J-656/2-ANCE-2011. Evaluación de la seguridad en dispositivos fotovoltaicos. Parte 2: Seguridad en dispositivos inversores de energía para uso en sistemas FV. Requisitos particulares.

NMX-J-657/1-ANCE-2011. Sistemas híbridos y de energía renovable – Guía para la electrificación rural. Parte 1: Introducción general.

NMX-J-657/5-ANCE-2011. Sistemas híbridos y de energía renovable – Guía para la electrificación rural. Parte 5: Protección contra riesgos eléctricos.

NMX-J-657/7-ANCE-2011. Sistemas híbridos y de energía renovable – Guía para la electrificación rural. Parte 7: Generadores.

NMX-J-657/7-1-ANCE-2011. Sistemas híbridos y de energía renovable – Guía para la electrificación rural. Parte 7-1: Generadores fotovoltaicos.

De la estancia de Intervención realizada en Climas Air Center del Occidente, en conjunto con Comisión Federal de Electricidad, se tenía sumo cuidado con el cumplimiento de la Norma UL-1741, el cual es un estándar para inversores, convertidores, controladores y equipos del sistema

de interconexión para su uso con fuentes de energía distribuida. Ver anexo Remisión de expediente de contrato de interconexión (ANEXO 2).

Según la metodología de cálculo de contraprestación que aplicará el Suministrador de Servicios Básicos por la energía que ofrezcan los Generadores Exentos. La contraprestación por medición neta de energía se calculará como la diferencia entre la energía total entregada por el Suministrador de Servicios Básicos y la energía total entregada por el Generador Exento en el periodo de facturación, a través de las Redes Generales de Distribución. Cuando la diferencia sea negativa, se considerará como un crédito a favor del Generador Exento, el cual se abonará automáticamente a la medición de energía facturada en cada periodo posterior de facturación, hasta un máximo de 12 meses. Una vez concluido ese periodo, el Generador Exento recibirá la liquidación del crédito vencido (no abonado tras 12 meses) al valor promedio del Precio Marginal Local durante el intervalo de tiempo en el que se generó el crédito, calculado en el nodo correspondiente al Punto de interconexión, en términos del apartado Condiciones de Pago, contenido en las presentes Disposiciones. El pago se realizará mediante transferencia bancaria a la cuenta que el Generador Exento designe para tal fin. Cuando la diferencia sea positiva, se considerará como un crédito a favor del Suministrador de Servicios Básicos y se facturará al Usuario Final, a la tarifa final de suministro aplicable en el periodo de facturación actual, o según se establezca en el contrato de suministro que las partes hayan celebrado (ANEXOS 3 y 4).

### **3 PROYECTO DE INTERVENCIÓN.**

#### **3.1 Objetivo general.**

Objetivo General:

Proponer un sistema de energía solar fotovoltaico para vivienda de interés residencial interconectado a la red general eléctrica en la ciudad de Culiacán, Sinaloa, capaz de mitigar la emisión de GEI y satisfacer la demanda de energía eléctrica de dichas residencias.

#### **3.2 Objetivos específicos.**

Objetivos Específicos:

- Estimar el consumo energético promedio en una vivienda de interés residencial en Culiacán.
- Analizar datos de incidencia solar en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.
- Diseñar un sistema de energía solar fotovoltaica interconectado a CFE.
- Determinar la relación costo/beneficio del proyecto.

### **3.3 Justificación.**

Durante 2005 las naciones del mundo implementaron el Protocolo de Kioto, donde México se suma a los esfuerzos colectivos que permitan la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Además, este Acuerdo Internacional busca promover el uso eficiente de energías renovables. El uso de la tecnología fotovoltaica y la micro-generación de energía eléctrica en las viviendas sinaloenses, ayudara a obtener el recurso de forma sustentable.

La finalidad de implementar un sistema fotovoltaico sobre viviendas de la región, será la reducción del gasto percibido por consumo de energía eléctrica, cumpliendo con las nuevas tendencias de utilizar fuentes alternativas de energía. Logrando interconectar el sistema a la red general eléctrica, se podrá aprovechar al máximo la energía producida, donde el excedente de energía podrá ser aprovechado por la red municipal.

Un hogar que cuente con micro-generación de energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico interconectado a la red general, obtendrá un valor agregado. Esto se explica con la reducción de demanda de energía proveniente de los fósiles por medio de uso de paneles fotovoltaicos, la reducción de emisiones de GEI y la preservación de reservas petroleras. Los factores antes mencionados proveen de una plusvalía a dichas viviendas, donde los gobiernos cuentan con tarifas y subsidios relacionados con la energía eléctrica fotovoltaica. La energía generada podrá ser utilizada en su totalidad por el propietario del sistema, y en ocasiones donde la energía no se aproveche durante su generación, esta podrá ser alimentada a la red general, la cual verá reducida su necesidad de producción. En estos casos si se tiene la suficiente reducción de producción de energía mediante el uso de recursos no renovables, la cobertura del servicio podrá llegar a hogares en donde no se cuente con el servicio, o si se cuenta con la cobertura de la población en su totalidad, se obtendrá una reducción significativa en la emisión de GEI. Es necesario tomar una cultura amigable y solidaria con el uso de la energía, reduciendo su consumo y teniendo más energía limpia disponible para los demás [9].

Con la implementación de sistemas fotovoltaicos, los beneficiarios serán las empresas constructoras y los consumidores finales o dueños de viviendas en condiciones adaptables a la tecnología, obteniendo reducción de gastos por consumo eléctrico, una mejor calidad de vida y la contribución a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero.

### **3.4 Metodología.**

Para poder diseñar un sistema fotovoltaico interconectado a Comisión Federal de Electricidad (CFE) capaz de satisfacer la demanda de energía eléctrica en viviendas residenciales en la ciudad de Culiacán, es necesario estimar el consumo energético promedio de vivienda residencial y analizar la incidencia solar en la región. Una vez se cuente con los resultados del consumo energético y el análisis de incidencia solar, se tendrán las bases sobre las cuales se diseñará el sistema solar fotovoltaico interconectado a la red. Por último se determinará la relación costo/beneficio de la implementación del proyecto.

El procedimiento para llevar a cabo la propuesta será a través de las siguientes actividades:

#### **3.4.1 Estimación de consumo energético por vivienda residencial en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.**

Para poder llevar a cabo una estimación del consumo de energía eléctrica en viviendas residenciales de la ciudad de Culiacán, Sinaloa, se optara a utilizar técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. Para evitar los sesgos de selección que son los errores referidos al proceso de identificación de la población a estudiar y selección de un espacio muestral donde se realizará el estudio, es necesario recurrir a las técnicas de muestreo para fundamentar y ofrecer verificabilidad al estudio realizado. El muestreo es un elemento clave en la metodología de la investigación ya que implica seleccionar a un grupo de elementos que se utilizarán para dirigir un estudio. Por lo tanto es importante diseñar un plan de muestreo que defina el proceso de selección del grupo de elementos seleccionados. Es fundamental expresar claramente en todo trabajo de investigación los siguientes aspectos del diseño metodológico: la población y las características que deben poseer los elementos para formar parte del estudio, el número de elementos que conforman la población, si este número se conoce con certeza o se puede estimar, el tipo de muestreo y la técnica utilizada, el tamaño de la muestra y el error de muestreo establecido. En nuestro caso particular, Si el tamaño de la población o universo es conocido, la elección del tamaño de la muestra puede llegar a ser una proporción apreciable de los de la población. En tal situación, puede entenderse fácilmente que la precisión de la estimación sería superior, al estar mejor representada el conjunto de la población. Teniendo en cuenta esta particularidad, se presenta a continuación la forma en que se debe de obtener el tamaño de la muestra para el caso de poblaciones finitas y para los cada uno de los dos tipos de muestreos aleatorios más utilizados, el aleatorio simple y el estratificado. Dado que se

llevara a cabo una encuesta piloto, se procederá con la técnica del muestreo aleatorio simple, donde serán conocidos el tamaño y la varianza de la población, por estudios anteriores o por una encuesta piloto desarrollada para el caso, así se podrá utilizar la expresión [24, 25]:

$$n = \frac{N z^2 \sigma^2}{(N-1) e^2 + Z^2 \sigma^2}$$

Dónde:

n= muestra resultante

N= Población Finita

Z= Constante según el nivel de confiabilidad fijado

$\sigma$ = Desviación estándar según rangos de consumos

e= error estimado

La obtención de dichas variables representadas por la prueba piloto, será dada con la estimación en rangos de consumos mensuales, donde los rangos se verán reflejados de la manera siguiente:

Rango de consumo	KWh
<b>1</b>	1-200
<b>2</b>	201-400
<b>3</b>	401-600
<b>4</b>	601-800
<b>5</b>	801-1000
<b>6</b>	1001-1200
<b>7</b>	1201-1400
<b>8</b>	1401-1600
<b>9</b>	1601-1800
<b>10</b>	1801-2000

Tabla 4. Rangos de consumos establecidos para prueba piloto

Ahora, para la obtención del dato de la población finita, recurriremos a entrevistar y obtener información a través de una o varias visitas a las oficinas centrales de CFE e INEGI en la ciudad de Culiacán Sinaloa, con personal que cuente con información al respecto. Además de revisión de base de datos proporcionado por Comisión Federal de Electricidad, en su página <http://datos.cfe.gob.mx/>, la cual brinda datos referentes a los usuarios o clientes inscritos, así como las tarifas de precio actual de dichos usuarios. También se revisaran bases de datos del INEGI, utilizando como referencia la página <http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/>. En esta última sección se puede consultar los indicadores sociodemográficos y económicos por área geográfica (nacional, entidad federativa y municipio) además de los tabulados, publicaciones y servicios disponibles.

En adición a lo anterior mencionado, el proyecto de intervención se apoyara en estudios realizados por la Asociación Mexicana de agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI), el índice de Niveles Socioeconómicos (NSE), siendo este la regla, basada en un modelo estadístico, que permite agrupar y clasificar a los hogares mexicanos en siete niveles, de acuerdo a su capacidad para satisfacer las necesidades de sus integrantes.

Para el desarrollo del modelo de estimación del NSE la AMAI se ha basado en un marco conceptual que considera seis dimensiones del bienestar dentro del hogar:

- Capital Humano
- Infraestructura Práctica
- Conectividad y entretenimiento
- Infraestructura Sanitaria
- Planeación y futuro
- Infraestructura básica y espacio

La satisfacción de estas dimensiones determina la calidad de vida y bienestar de los integrantes de los hogares.

Actualmente la AMAI clasifica a los hogares utilizando la “Regla de NSE 2018”. Esta regla es un algoritmo desarrollado por el comité de Niveles Socioeconómicos que mide el nivel de satisfacción de las necesidades más importantes del hogar. Esta regla produce un índice que clasifica a los hogares en siete niveles, considerando las siguientes seis características del hogar:

- Escolaridad del jefe del hogar
- Número de dormitorios
- Numero de baños completos
- Número de personas ocupadas de 14 años y más
- Número de autos
- Tenencia de internet

La satisfacción de estas dimensiones determina la calidad de vida y bienestar de los integrantes de los hogares (ANEXO 5).

### **3.4.2 Análisis de datos sobre incidencia solar en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.**

A través del *National Renewable Energy Laboratory* (NREL), un Laboratorio federal estadounidense dedicado a la investigación, desarrollo, comercialización y despliegue de tecnologías de energía renovable y eficiencia energética, se llevara un análisis de mapas de incidencia solar., para demostrar de manera visual un aproximado de potencial de aprovechamiento de irradiación solar en la región sinaloense. Dichos mapas se obtendrán de la bases de datos del NREL, los cuales están apoyado por la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

Se utilizara la siguiente página, <https://eosweb.larc.nasa.gov/> del Sistema y base de Datos de la Energía Solar y Meteorología de la Superficie Terrestre (*Surface meteorology and Solar Energy*,

SSE) del Centro de datos de Ciencia Atmosférica (*Atmospheric Science Data Center*, ASDC) del Centro de Investigación de la NASA. La cual cuenta con la siguiente información de interés:

- ✓ Más de 200 parámetros de meteorología y energía solar derivados del satélite
- ✓ Promedio mensualmente a partir de 22 años de datos
- ✓ Tablas de datos para una ubicación particular
- ✓ Aplicación y servicios de mapeo web GIS

De donde se obtendrá la radiación solar de la capital sinaloense, de forma que se obtiene información local, específica del lugar de interés y con un alto grado de confiabilidad por su recopilación de información a lo largo de más de dos décadas.

Ahora, para la obtención de datos meteorológicos específicos de las temperaturas registradas a lo largo de los años en que se tiene registros de irradiación solar se utilizarán las normales climatológicas reglamentarias. Estas normales climatológicas reglamentarias se definen como las medias de los datos climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 años, que abarcan desde un año que termina en 1 hasta un año que termina 0, actualizadas cada diez años. Es decir, las normales de períodos consecutivos de 30 años incluyen del 1 de enero de 1981 al 31 de diciembre de 2010, del 1 de enero de 1991 al 31 de diciembre de 2020, y así sucesivamente. Para ello, recurrimos al Sistema Meteorológico Nacional (SMN), en la siguiente tabla, donde encontramos las normales climatológicas en cuestión [26].

NOMBRE	MUNICIPIO	CLAVE	NORMALES 1951-2010	NORMALES 1971-2000	NORMALES 1981-2010	MEDIAS Y EXTREMAS DIARIAS	MEDIAS Y EXTREMAS MENSUALES
CULIACAN (DGE)	CULIACAN	00025015	<a href="#">NORM 51-10</a>	<a href="#">NORM 71-00</a>	<a href="#">NORM 81-10</a>	<a href="#">MED-EXT DIA</a>	<a href="#">MED-EXT MES</a>

Tabla 5. Normales Climatológicas Culiacán, Sinaloa.

### **3.4.3 Diseño de sistema solar fotovoltaico interconectado a la red general eléctrica.**

#### **3.4.3.1 Selección de Tipo de Panel Fotovoltaico**

Existiendo Paneles fotovoltaicos Mono cristalinos, Poli cristalinos y Amorfos, los cuales varían en eficiencia y costo por su proceso de producción. Se seleccionara el panel adecuado que cumpla con su cometido bajo condiciones específicas del sitio de emplazamiento. Debido a la realización de la estancia de intervención en la empresa Climas Air Center del Occidente, la cual cuenta con proyectos en desarrollo referentes a soluciones habitacionales en la mitigación del consumo energético eléctrico, a través del diseño, instalación y monitoreo de sistemas solares fotovoltaicos interconectados a la red general eléctrica en la ciudad de Culiacán, Sinaloa, se toma la guía, consejo y experiencia de dicha empresa a la hora de seleccionar los paneles solares poli cristalinos, como la eco tecnología fotovoltaica que genera la mejor relación costo-beneficio, en cualquiera de los aspectos relacionados a la sostenibilidad.

#### **3.4.3.2 Arreglo de Sistema Solar fotovoltaico interconectado a la red general eléctrica.**

Determinación de número de paneles fotovoltaicos según demanda energética a satisfacer, obtenido del apartado 3.4.1. y características del panel fotovoltaico seleccionado según el párrafo anterior. Una vez más, gracias a la implementación de una solución habitacional en vivienda existente en la ciudad de Culiacán Sinaloa con una demanda energética eléctrica similar, la cual cuenta con eco tecnología de paneles solares poli cristalinos, fue implementada durante la estancia de intervención en la empresa Climas Air Center del Occidente S.A. de C.V. Dicha solución habitacional servirá como modelo base, tomándola referencia a la hora de diseñar el sistema solar fotovoltaico a proponer.

La potencia entregada por el panel fotovoltaico se puede calcular como el producto de la corriente por el voltaje. Como se ha mencionado, la corriente es función lineal de la radiación en un amplio rango de operación, el voltaje se puede considerar constante en el mismo rango, por lo tanto la potencia será función también de la irradiación. Sin embargo una expresión estaría incompleta si no tomamos en cuenta el efecto de la temperatura del panel.

El efecto de la temperatura sobre el punto de máxima potencia de un módulo fotovoltaico se puede evaluar a partir de la expresión [22]:

$$P_{PFV} = P_{mp} \frac{I_g}{I_{ref}} [1 - C_T (T_c - T_{ref})]$$

$P_{PFV}$ : Potencia entregada por el panel fotovoltaico.

$I_g$ : Irradiación global incidente.

$T_c$ : Temperatura de operación de las celdas.

$C_T$ : Coeficiente de temperatura.

El subíndice “ref” indica las condiciones de referencia (las condiciones estándar de prueba). Si el coeficiente de temperatura no se suministra en la ficha técnica, se pueden considerar valores típicos entre 0.4 y 0.5 %/°C para módulos de silicio mono y poli cristalino, y entre 0.1 y 0.2 %/°C para módulos de silicio amorfo, estos valores pueden considerarse constantes en el rango típico de condiciones de trabajo.

En lo que respecta al comportamiento térmico de las celdas, la expresión siguiente proporciona una aproximación aceptable [22]:

$$T_c = T_{amb} + \left( \frac{T_{NOC} - 20}{800} \right)$$

Siendo  $T_{amb}$  la temperatura ambiente en [°C],  $I$  la radiación incidente en [W/m<sup>2</sup>] y  $T_{NOC}$  la Temperatura Nominal de Operación de las Celdas, a un nivel de irradiación de 800 [W/m<sup>2</sup>], velocidad del viento de 1 [m/s] y temperatura ambiente de 20 [°C].

### **3.4.3.3 Selección de equipo complementario necesario para tener un correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico.**

Recordemos que la energía proporcionada por los arreglos de paneles solares son CC o CD (Corriente Continua o Corriente Directa). Para poder utilizar dicha corriente es necesario convertir dicha corriente a Corriente Alterna CA.

Actualmente la eficiencia de conversión de corriente directa a alterna de un inversor suele rondar entre 90% y 98%, sin embargo este valor no es constante para todo el rango de operación. Dependiendo del fabricante, este puede buscar el punto de máxima eficiencia entre el 80% y 100% de su capacidad nominal.

### **3.4.4 Costo/Beneficio del proyecto**

Para determinar la relación costo/beneficio de la implementación del proyecto, se utilizara el KWh como indicador de ahorro energético, revisando la base de datos proporcionado por Comisión Federal de Electricidad, en su página <http://datos.cfe.gob.mx/>, la cual brinda datos referentes a los usuarios o clientes inscritos, así como las tarifas de precio actual de dichos usuarios.

Aquí se realizara una comparativa entre el costo de implementación del sistema solar fotovoltaico, y el ahorro por dicha implementación, en contraste del costo de seguir pagando a CFE con el esquema correspondiente a las tarifas vigentes proporcionadas por el proveedor local. Además se revisa el programa gubernamental detallado en el apartado 4.2 del presente proyecto, junto con un análisis en el movimiento de los precios de la tarifa aplicable 1F para vivienda residencial. Lo anterior lo podemos consultar con las Figuras 5 y 6. Esto es debido a que a inicios de diciembre del año 2017, la Comisión Federal de Electricidad, llevo un cambio en el esquema tarifario. Posteriormente, se realiza un simple análisis de periodo de retorno de inversión (ROI), dividiendo el costo anual total entre el costo de implementación del sistema solar fotovoltaico propuesto, calculado por la siguiente expresión:

Periodo de retorno de inversión (ROI)= costo anual actual / costo de implementación sfv

### 3.5 Análisis de resultados

#### 3.5.1 Consumo energético por vivienda residencial en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.

En la obtención del primer objetivo específico, el cual fue la estimación del consumo energético de vivienda residencial, se elaboró una prueba piloto de acuerdo a los tipos de muestreo que se realizan en poblaciones a ser sometidas en estudios. Esto con datos de consumos de vivienda residencial en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.

Dado que se llevara a cabo una encuesta piloto, se procederá con la técnica del muestreo aleatorio simple, donde serán conocidos el tamaño y la varianza de la población, por estudios anteriores o por una encuesta piloto desarrollada para el caso, así se podrá utilizar la expresión:

$$n = \frac{N Z^2 \sigma^2}{(N-1) e^2 + Z^2 \sigma^2}$$

Dónde:

n= muestra resultante

N= Población Finita

Z= Constante según el nivel de confiabilidad fijado

$\sigma$ = Desviación estándar según rangos de consumos

e= error estimado

La obtención de dichas variables representadas por la prueba piloto, será dada con la estimación en rangos de consumos mensuales, donde los rangos se verán reflejados de la manera siguiente:

Rango	KWh	Rango	KWh
1	0-200	6	1001-1200
2	201-400	7	1201-1400
3	401-600	8	1401-1600
4	601-800	9	1601-1800
5	801-1000	10	1801-2000

Tabla 6. Rango de consumos para prueba piloto

Prueba piloto según rangos de consumos residenciales:

Mes/Residencia	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	$\sigma$
Enero	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	0.41404
Febrero	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	1	0.41404
Marzo	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0.51640
Abril	3	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	0.45774
Mayo	4	4	4	3	3	3	3	3	2	4	3	3	2	4	2	0.74322
Junio	5	5	6	4	4	5	4	3	5	6	3	5	5	5	3	0.99043
Julio	7	6	8	5	5	4	5	4	5	3	4	6	7	8	4	1.54919
Agosto	4	7	5	5	4	3	5	4	5	1	5	5	5	8	5	<b>1.57963</b>
Septiembre	6	6	6	5	5	5	4	3	5	4	4	5	6	6	3	1.06010
Octubre	5	6	6	6	5	5	3	3	5	4	4	5	6	5	3	1.09978
Noviembre	5	5	6	5	5	4	4	3	4	4	4	5	5	5	4	0.74322
Diciembre	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	0.41404

Tabla 7. Rango de consumos residenciales, prueba piloto, Fracc. Barcelona, Culiacán, Sin.

La constante “Z”, según el nivel de confianza fijado, los tomamos de la siguiente tabla, la cual nos indica el valor Z, para una probabilidad acumulada inferior para una distribución normal N(0,1) (ANEXO 9).

$1-\alpha$	90%	92%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
$\alpha$	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
$z_{\alpha/2}$	1,645	1,751	1,881	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576
$z_{\alpha}$	1,282	1,405	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Siendo:

$1-\alpha$  = Nivel de confianza

$\alpha$  = Nivel de significación

Tabla 8. Probabilidad acumulada inferior para una distribución normal N(0,1)

Para la obtención de la Población a estudiar, se realizó una búsqueda dentro del portal de la Comisión Federal de Electricidad, en su página: <http://datos.cfe.gob.mx/>, la cual brinda datos

referentes a los usuarios o clientes inscritos, así como las tarifas de precio actual de dichos usuarios. Obtenemos un extracto que nos es de interés particular, el cual es detallado a continuación:

Entidad Federativa	Municipio	Tarifa	# de Clientes Sep 2017
<b>Sinaloa</b>	<b>Culiacán</b>	<b>1F</b>	<b>310,680</b>

Tabla 9. Número de hogares inscritos con tarifa doméstica 1F, Culiacán, Sinaloa.

En adición a lo anterior mencionado, el proyecto de la estancia de intervención se apoyó en estudios realizados por la Asociación Mexicana de agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI), el índice de Niveles Socioeconómicos (NSE), siendo esta la regla, basada en un modelo estadístico, que permite agrupar y clasificar a los hogares mexicanos en siete niveles, de acuerdo a su capacidad para satisfacer las necesidades de sus integrantes. Esto con el fin de Obtener la constante “N” de la fórmula de muestra de poblaciones finitas.

Para el desarrollo del modelo de estimación del NSE la AMAI se ha basado en un marco conceptual que considera seis dimensiones del bienestar dentro del hogar:

- Capital Humano
- Infraestructura Práctica
- Conectividad y entretenimiento
- Infraestructura Sanitaria
- Planeación y futuro
- Infraestructura básica y espacio

Entidad	Nivel Socioeconómico							TOTAL
	A/B	C+	C	C-	D+	D	E	
Aguascalientes	9%	14%	16%	19%	18%	20%	4%	100%
Baja California	8%	16%	20%	18%	15%	19%	4%	100%
Baja California Sur	8%	15%	18%	17%	14%	22%	5%	100%
Campeche	4%	9%	12%	12%	16%	35%	12%	100%
Coahuila	7%	12%	16%	18%	18%	25%	5%	100%
Colima	6%	13%	16%	15%	15%	26%	9%	100%
Chiapas	2%	4%	6%	8%	11%	47%	22%	100%
Chihuahua	8%	12%	16%	17%	19%	23%	6%	100%
Distrito Federal	11%	18%	17%	17%	13%	19%	5%	100%
Durango	6%	10%	15%	16%	20%	26%	6%	100%
Guanajuato	6%	11%	13%	16%	16%	31%	8%	100%
Guerrero	2%	5%	7%	9%	14%	42%	21%	100%
Hidalgo	3%	7%	10%	13%	16%	39%	13%	100%
Jalisco	9%	16%	17%	15%	14%	23%	5%	100%
México	4%	10%	13%	15%	16%	32%	9%	100%
Michoacán	3%	8%	10%	14%	18%	34%	13%	100%
Morelos	6%	11%	13%	12%	15%	31%	11%	100%
Nayarit	6%	9%	12%	15%	15%	33%	11%	100%
Nuevo León	10%	16%	19%	18%	15%	19%	4%	100%
Oaxaca	2%	4%	6%	7%	10%	42%	28%	100%
Puebla	4%	8%	11%	12%	16%	36%	13%	100%
Queretaro	10%	15%	14%	15%	14%	24%	8%	100%
Quintana Roo	6%	13%	15%	15%	16%	28%	7%	100%
San Luis Potosí	6%	11%	14%	13%	14%	32%	11%	100%
Sinaloa	8%	12%	15%	16%	16%	25%	7%	100%
Sonora	8%	16%	17%	16%	16%	21%	5%	100%
Tabasco	3%	6%	10%	9%	13%	42%	16%	100%
Tamaulipas	7%	11%	16%	17%	18%	25%	7%	100%
Tlaxcala	4%	7%	14%	15%	17%	35%	8%	100%
Veracruz	4%	7%	8%	10%	11%	37%	22%	100%
Yucatán	5%	10%	13%	15%	18%	31%	8%	100%
Zacatecas	6%	9%	12%	16%	19%	31%	8%	100%
Nacional	6%	11%	13%	14%	15%	30%	11%	100%

Tabla 10. Tipo y porcentaje de viviendas según Nivel Socioeconómico AMAI [8].

Por lo tanto tenemos 310,680 viviendas registradas a septiembre 2017 con la tarifa doméstica 1F, la cual representa la población a ser sometida a un muestreo.

De acuerdo a la AMAI, el 8% de los hogares sinaloenses cuenta con el nivel socioeconómico A/B está conformado mayoritariamente (82%) de hogares en los que el jefe de familia tiene estudios profesionales. El 98% de esos hogares cuenta con Internet fijo en la vivienda. Es el nivel que más invierte en educación (13% de su gasto) y también el que menor proporción gasta en alimentos (25%). Estos hogares cuentan con las características necesarias para llevar planes de inversión con vistas al futuro. Utilizando este dato específico, podremos llevar a cabo un muestreo representativo.

Pasamos a obtener las variables necesarias para el cálculo de la muestra representativa. Donde la población finita (N) se calcula de la siguiente manera:

$$N = 310,680 \text{ viviendas} \times 8\% \text{ (vivienda A/B)} = 24,854 \text{ Hogares, } N = 24,854 \text{ Hogares}$$

Ahora, los valores de (Z), con un error estimado (e) del 30% son 1.28, 1.645, 1.88 y 2.33, con niveles de confiabilidad del 90%, 95%, 97% y 99% respectivamente. Por lo que se puede continuar con la alimentación de datos para encontrar la muestra representativa.

Ayudados de las herramientas de la aplicación Excel 2010, tenemos la siguiente información:

N = 24854  
 z = 1.88 , con 97 %  
 confiabilidad  
 e = 0.3 error estimado  
 $\sigma = 1.57963226582585$

$n = \frac{N Z^2 \sigma^2}{((N-1) e^2 + Z^2 \sigma^2)} = 97.61$   
**hogares, con un nivel de confiabilidad del 97% y un 30% de error estimado esperado.**

error estimado		1%	3%	5%	10%	30%	50%
Z	Confiabilidad						
1.28	90%	15457.2	3840.6	1534.3	402.2	45.3	16.3
1.645	95%	18167.1	5763.1	2436.2	657.3	74.8	26.9
1.88	97%	19389.8	7028.3	3089.3	851.7	97.6	35.2
2.33	99%	21001.1	9374.6	4448.8	1284.6	149.6	54.1

Tabla 11. Tamaño de Muestra, cómputo en Microsoft Excel

A partir de dicha prueba piloto, se realizó un levantamiento en campo con el número de muestra obtenida de prueba piloto, según el tamaño de muestra adecuado para poblaciones finitas. Lo cual fue puesto en práctica en viviendas residenciales de la cd. de Culiacán, Sinaloa (ANEXO 6).

Específicamente, se analizó el caso de vivienda residencial en el Fraccionamiento Barcelona, Ubicado en el Sector Norte de la mancha urbana. Los resultados de consumo en KWh se muestran a continuación:

<b>MES\RESIDENCIA</b>	<b>PROMEDIO(KWh)</b>
<b>ENERO</b>	<b>276</b>
<b>FEBRERO</b>	<b>254</b>
<b>MARZO</b>	<b>260</b>
<b>ABRIL</b>	<b>381</b>
<b>MAYO</b>	<b>539</b>
<b>JUNIO</b>	<b>758</b>
<b>JULIO</b>	<b>959</b>
<b>AGOSTO</b>	<b>936</b>
<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>957</b>
<b>OCTUBRE</b>	<b>933</b>
<b>NOVIEMBRE</b>	<b>842</b>
<b>DICIEMBRE</b>	<b>420</b>
<b>CONSUMO ANUAL</b>	<b>7515</b>

Tabla 12. Consumo promedio en KWh mensual y total anual vivienda residencial.

### **3.5.2 Análisis de datos sobre incidencia solar en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.**

A través de la página web mencionada en el apartado 3.4.2 del presente proyecto, encontramos parámetros de paneles solares con cierto ángulo de inclinación, orientados hacia el ecuador en las coordenadas 24.8021 N, 107.3923 O. De donde obtenemos los siguientes datos de interés para la ciudad de Culiacán, Sinaloa.

-BEGIN HEADER-															
NASA/POWER SRB/MERRA2 0.5 x 0.5 Degree Climatologies															
30-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 1984 - December 2013), 22-year Additional Solar Parameter Monthly & Annual Climatologies (July 1983 - June 2005)															
Location: Latitude 24.8021 Longitude -107.3923															
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 330.88 meters Site = na															
Value for missing model data, cannot be computed or out of model availability range: -999															
Parameter(s):															
SI_EF_TILTED_SURFACE Solar Irradiance for Equator Facing Tilted Surfaces (Set of Surfaces) (kW-hr/m <sup>2</sup> /day)															
SI_EF_OPTIMAL Solar Irradiance Optimal (kW-hr/m <sup>2</sup> /day)															
SI_EF_OPTIMAL_ANG Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)															
SI_EF_TILTED_ANG_ORI Solar Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S Orientation)															
LAT	LON	PARAMETER	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
24.80	-107.39	SI_EF_TILTED_SURFACE_0	4.23	5.21	6.47	7.14	7.87	7.65	6.68	6.06	5.6	5.42	4.48	3.89	5.89
24.80	-107.39	SI_EF_TILTED_SURFACE_24	5.51	6.32	7.12	7.1	7.16	6.74	6.04	5.84	5.83	6.33	5.72	5.16	6.24
24.80	-107.39	SI_EF_TILTED_SURFACE_39	5.89	6.53	6.98	6.54	6.25	5.78	5.28	5.3	5.56	6.43	6.06	5.57	6.01
24.80	-107.39	SI_EF_TILTED_SURFACE_9	4.8	5.73	6.84	7.25	7.74	7.43	6.54	6.07	5.78	5.87	5.04	4.45	6.13
24.80	-107.39	SI_EF_TILTED_SURFACE_90	4.57	4.45	3.67	2.31	1.52	1.43	1.58	1.87	2.67	4.06	4.52	4.47	3.09
24.80	-107.39	SI_EF_OPTIMAL	5.95	6.53	7.13	7.25	7.87	7.65	6.68	6.08	5.85	6.44	6.09	5.66	6.6
24.80	-107.39	SI_EF_OPTIMAL_ANG	48	40	26	11	0	0	0	6	19	35	45	50	23
24.80	-107.39	SI_EF_TILTED_ANG_ORI	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Tabla 13. Irradiación solar sobre paneles solares, coordenadas Culiacán, Sinaloa.

### 3.5.3 Diseño de sistema solar fotovoltaico interconectado a la red general eléctrica.

Para poder diseñar el sistema solar fotovoltaico interconectado a la red, tomaremos el panel marca Trina Solar 325 W policristalino y el inversor de corriente marca Solis de 3.6 KW, ambas fichas técnicas de dichos componentes se encuentran en el ANEXO 7. Estos equipos, bajo un cierto arreglo y ayudándonos del programa Microsoft Excel, ingresamos las fórmulas mencionadas en el apartado 3.4.3 del presente proyecto. Como resultado podemos apreciar la tabla y el esquema del diagrama unifilar o el arreglo de las conexiones entre los equipos y las protecciones eléctricas necesarias, cumpliendo con los requerimientos marcados en el apartado del marco legal del presente proyecto. Dicho sistema propuesto nos provee de la energía necesaria para poder tener nuestra propia generación de energía limpia.

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA	Sistema para interconexion a red general electrica 14 paneles trina solar 325 W e Inversor Solis-3.6K-2G								14	Vpanel	34.4		
	Sistema de 2 MPPT cada cadena con 7 paneles en serie = 7 paneles por cadena x 2								2	Ipanel	7		
	Caracteristicas de Interes:		Vsfv=	240.8	Pp=	3.3712	Watts		Tref=	20	Iref=	0.8	
			Isfv=	14	TNOC=	44	Coef T=	0.0041	Eficiencia inversor=			0.97	
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Temp. Ambiente (°C)	19.80	20.70	22.00	24.60	27.40	30.40	30.40	30.00	29.70	28.40	24.30	20.70	
IRRADIACION (HSP)	5.51	6.32	7.12	7.1	7.16	6.74	6.04	5.84	5.83	6.33	5.72	5.16	
dias de produccion	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Temp. SFV (°C)	49.8	50.7	52	54.6	57.4	60.4	60.4	60	59.7	58.4	54.3	50.7	
Generación Diaria (KwH)	19.771	22.582	25.285	24.905	24.779	22.987	20.600	19.957	19.952	21.801	20.093	18.437	
Generación Mensual (KwH)	612.894	632.292	783.841	747.143	768.157	689.606	638.585	618.653	598.551	675.822	602.787	571.549	
Demanda mensual (KwH)	276	254	260	381	539	758	959	936	957	933	842	420	
Acumulado	336.894	715.185	1239.026	1605.169	1834.326	1765.932	1445.517	1128.169	769.720	512.542	273.329	424.878	

Tabla 14. Generación de energía solar fotovoltaica con sistema propuesto

DIAGRAMA UNIFILAR PROYECTO DE INTERVENCIÓN SFV RESIDENCIAL CULIACAN

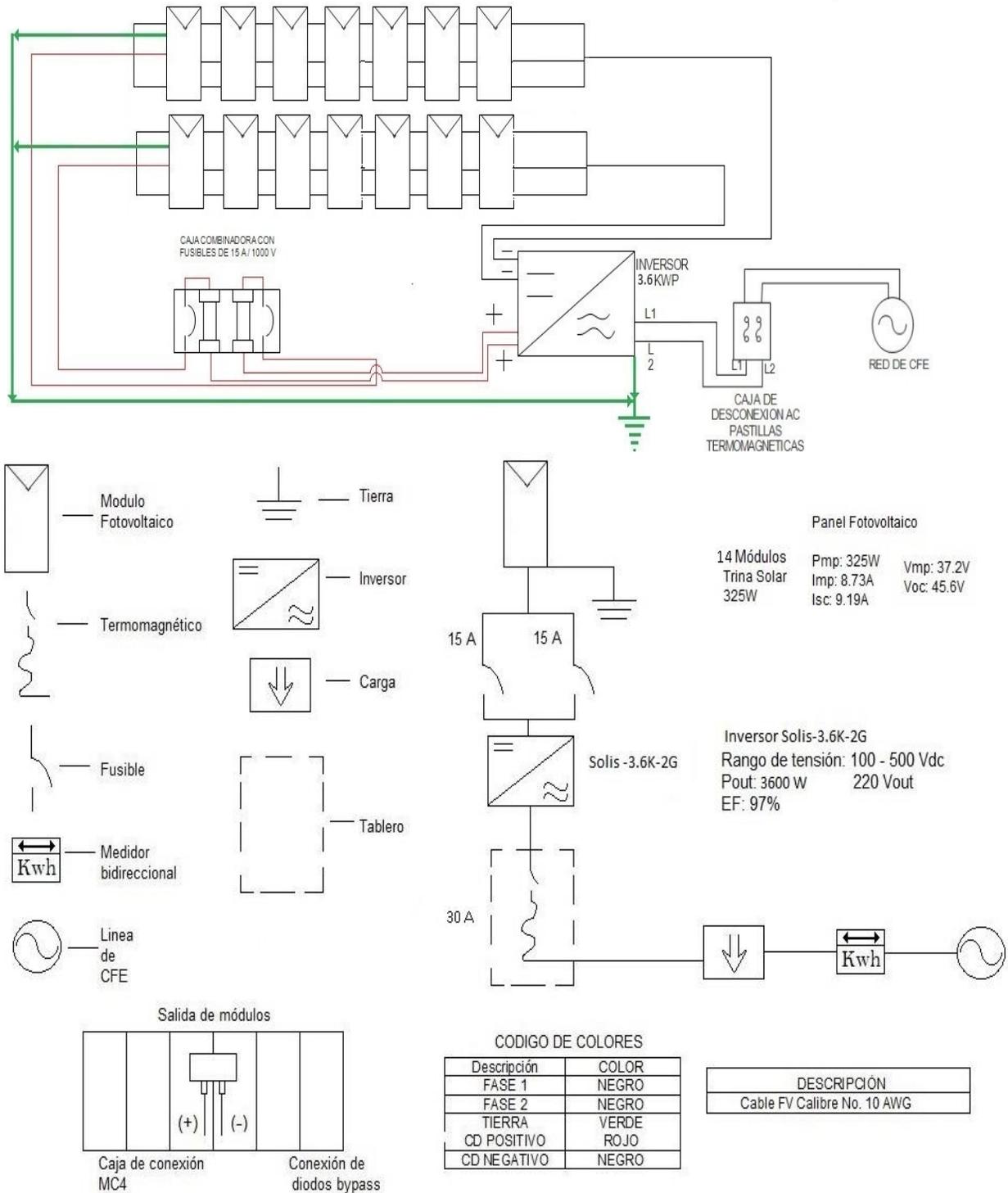


Figura 15. Diagrama unifilar de conexiones de sistema solar fotovoltaico propuesto.

### 3.5.4 Determinación del costo/beneficio

Tomando los precios de la tarifa 1F, donde las tarifas de verano comienzan en el mes de Mayo, a lo largo de un periodo de 6 meses contemplados como los más calurosos de la región, obtuvimos la siguiente tabla, calculada en la herramienta Excel; La cual nos provee del costo total anual de seguir con el esquema actual de consumo de energía a través de la red general eléctrica, sin ningún sistema de paneles interconectado.

	TARIFA FUERA DE VERANO				TARIFA DE VERANO				SUBTOTAL	IVA	TOTAL
	KWh	0.793	0.96	2.80	0.58	0.73	1.77	2.80			
ENERO	276	59.48	119.50	212.95					391.93	62.71	454.00
FEBRERO	254	59.48	119.50	151.31					330.28	52.85	383.00
MARZO	260	59.48	119.50	168.12					347.10	55.54	402.00
ABRIL	381	59.48	119.50	507.16					686.14	109.78	795.00
MAYO	539				174.90	173.51	N/A	N/A	348.41	55.75	404.00
JUNIO	758				174.90	332.51	N/A	N/A	507.41	81.19	588.00
JULIO	959				174.90	478.43	N/A	N/A	653.33	104.53	757.00
AGOSTO	936				174.90	461.74	N/A	N/A	636.64	101.86	738.00
SEPTIEMBRE	957				174.90	476.98	N/A	N/A	651.88	104.30	756.00
OCTUBRE	933				174.90	459.56	N/A	N/A	634.46	101.51	735.00
NOVIEMBRE	842	59.48	119.50	1798.88					1977.86	316.46	2294.00
DICIEMBRE	420	59.48	119.50	616.44					795.42	127.27	922.00
									<b>TOTAL ANUAL</b>		<b>\$ 9,228.00</b>

Tabla 15. Costo según consumo resultante sin contar con eco tecnologías.

Ahora que hemos encontrado el costo anual total derivado del consumo tradicional de energía eléctrica, pasamos a realizar un simple análisis de periodo de retorno de inversión (ROI), dividiendo el costo anual total entre el costo de implementación del sistema solar fotovoltaico propuesto. A continuación se muestra un presupuesto del sistema solar fotovoltaico propuesto, el cual fue facilitado por la empresa Climas Air Center del Occidente S.A. de .C.V.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
PANEL SOLAR TRINA SOLAR 325 W	PZA	14	185.00	2590.00
INVERSOR DE TENSION SOLIS 3.6 KW	PZA	1	872.00	872.00
KIT DE MONTAJE PARA 14 PANELES	PZA	1	887.00	887.00
MANO DE OBRA, HERRERIA ALBAÑILERIA, MATERILA ELECTRICO, TRAMITOLOGIA ANTE CFE	LOTE	1365	1.20	1638.00
SUBTOTAL				5987.00
IVA				957.92
TOTAL (DLLS)				\$ 6,944.92
TOTAL (MXN)				\$ 132,995.22
-Descuento programa CONAVI				-\$ 29,402.88
<b>TOTAL INCLUYENDO PROGRAMA CONAVI</b>				<b>\$ 103,592.34</b>

Tabla 16. Presupuesto de SFV interconectado a la red, incluyendo descuento gubernamental.

Retorno de la Inversión considerando el escenario donde se implementa la solución habitacional con el programa de Mejoramiento Integral Sustentable de Vivienda Existente, aunado al subsidio a la tarifa 1F durante los meses de verano:

	<b>CONSUMO ACTUAL</b>	<b>COSTO SFV</b>
	\$ 9,228.00	\$ 103,592.34
<b>ROI</b>	<b>11.23</b>	<b>AÑOS</b>

Tabla 17. ROI escenario tarifario actual, con eco tecnología y programa gubernamental.

Por otro lado, en el escenario donde los precios de la tarifa 1F dejasen de recibir subsidio, obtenemos la siguientes tablas, calculada en la herramienta Excel; La cual nos provee del costo total anual de consumo de energía a través de la red general eléctrica, el costo sistema de paneles interconectado y un retorno de inversión de 5.4 Años. Las siguientes figuras nos dejan ver más claro lo anterior mencionado en este párrafo.

	TARIFA FUERA DE VERANO				TARIFA DE VERANO				SUBTOTAL	IVA	TOTAL
	\$	0.793	0.96	2.80	0.58	0.73	1.77	2.80			
<b>ENERO</b>	276	59.48	119.50	212.95	N/A	N/A	N/A	N/A	391.93	62.71	454.00
<b>FEBRERO</b>	254	59.48	119.50	151.31	N/A	N/A	N/A	N/A	330.28	52.85	383.00
<b>MARZO</b>	260	59.48	119.50	168.12	N/A	N/A	N/A	N/A	347.10	55.54	402.00
<b>ABRIL</b>	381	59.48	119.50	507.16	N/A	N/A	N/A	N/A	686.14	109.78	795.00
<b>MAYO</b>	539	59.48	119.50	949.88	N/A	N/A	N/A	N/A	1128.85	180.62	1309.00
<b>JUNIO</b>	758	59.48	119.50	1563.52	N/A	N/A	N/A	N/A	1742.49	278.80	2021.00
<b>JULIO</b>	959	59.48	119.50	2126.72	N/A	N/A	N/A	N/A	2305.69	368.91	2674.00
<b>AGOSTO</b>	936	59.48	119.50	2062.27	N/A	N/A	N/A	N/A	2241.25	358.60	2599.00
<b>SEPTIEMBRE</b>	957	59.48	119.50	2121.11	N/A	N/A	N/A	N/A	2300.09	368.01	2668.00
<b>OCTUBRE</b>	933	59.48	119.50	2053.87	N/A	N/A	N/A	N/A	2232.84	357.25	2590.00
<b>NOVIEMBRE</b>	842	59.48	119.50	1798.88	N/A	N/A	N/A	N/A	1977.86	316.46	2294.00
<b>DICIEMBRE</b>	420	59.48	119.50	616.44	N/A	N/A	N/A	N/A	795.42	127.27	922.00
									<b>TOTAL ANUAL</b>		<b>\$ 19,111.00</b>

Tabla 18. Costo según consumo resultante sin contar con eco tecnologías y sin subsidio

	CONSUMO ACTUAL	COSTO SFV
\$	19,111.00	\$ 103,592.34
<b>ROI</b>	<b>5.42 AÑOS</b>	

Tabla 19. ROI escenario tarifario sin subsidio, con eco tecnología y programa gubernamental.

## 4 ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN.

### 4.1 Plan de acción

IMPLEMENTACIÓN PROYECTO DE INTERVENCIÓN	ACCIONES		TIEMPO DE EJECUCIÓN (DIAS)
<p>SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDA RESIDENCIAL INTERCONECTADO A LA RED GENERAL ELÉCTRICA EN LA CIUDAD DE CULIACÁN, SINALOA</p>	1. Obtención del consumo energético en vivienda de interés residencial en Culiacán.	Obtención de consumos de energía eléctrica a partir de revisión de historial del cliente. (1 Año)	1
	2. Análisis de datos sobre incidencia solar en vivienda de interés residencial en Culiacán.	Consulta, Sistema y base de Datos de la Energía Solar y Meteorología de la Superficie Terrestre (SSE) del Centro de datos de Ciencia Atmosférica ( <i>Atmospheric Science Data Center, ASDC</i> ) del Centro de Investigación de la NASA	1
	3. Diseño de sistema de energía solar fotovoltaica interconectado a CFE	Selección de panel solar a utilizar	1
	4. Determinación de la relación costo/beneficio del proyecto	Arreglo de Sistema Solar fotovoltaico interconectado a la red general eléctrica	1
	5. Instalación del sistema de energía solar fotovoltaica interconectado a CFE	Selección de equipo complementario	1
	6. Tramitación ante Comisión Federal de Electricidad	Análisis de Retorno de la Inversión	1
	7. Puesta en Operación	Instalación de estructura de soporte y fijación Instalaciones eléctricas Instalación de equipos fotovoltaicos	3
	Cumplimiento de Requisitos mostrados en ANEXO: Remisión de Expediente de contrato de interconexión	7	
	Activación de Sistema Fotovoltaico al realizar cambio a Medidor Bidireccional (proporcionado por CFE)	1	

Tabla 20. Plan de acción del proyecto de intervención.

## 4.2 Estrategias usadas para presentar y persuadir a los involucrados en el proyecto

En virtud de encontrar nuevas actividades para dar a conocer el proyecto de intervención de la propuesta de implementación de un sistema solar fotovoltaico en vivienda residencial en la ciudad de Culiacán, Sinaloa a las personas con las facultades para realizarlo y convencerlas de participar en ellas. Se lleva la introducción al Programa de Mejoramiento Integral Sustentable en vivienda existente; Programa impulsado por la Secretaría de Energía, la Comisión Nacional de Vivienda, la Comisión Federal de Electricidad, Nacional Financiera y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. Programa destinado a una mejora en eficiencia energética a través del uso de eco tecnologías que ayuden al ahorro de energía eléctrica y gas. De donde la información de mayor interés se muestra a continuación:



Figura 16. Características del Subsidio y el financiamiento [27].

Importe máximo del proyecto: 30 UMA (\$ 2,450.24) = \$ 73,507.200

Tipo de crédito: Crédito simple con interés ordinario y garantía prendaria.

Tasa de interés: 18.00% anual + IVA sobre saldos insolutos.

Subsidio: CONAVI: 30% del precio de las eco tecnologías.

Incentivo energético: SENER: 10% del precio de las eco tecnologías.

Monto máximo de financiamiento: \$50,000.00 (\$25,446.00 promedio).

Forma de pago: A través de facturación CFE.

Plazo: 5 años con posibilidad de pago total anticipado, a realizar a través del FIDE.

Serán sujetos del apoyo federal y el financiamiento, los propietarios de vivienda, que cumplan los siguientes requisitos y la documentación requerida para el financiamiento y el subsidio:

1. Presentar identificación oficial vigente (Credencial de elector, Pasaporte o Cédula Profesional).
2. Acreditar la mayoría de edad o comprueben los supuestos de emancipación o sea padre o madre de familia y tener cuando más 70 años.
3. Tener y presentar copia de su CURP.
4. Estar de acuerdo con el monto y características del subsidio y financiamiento que se le puede otorgar (tasa de interés y plazo) para aplicarlo en el proyecto propuesto por el Implementador del Proyecto.
5. Tener y presentar copia de documento público que acredite la propiedad del inmueble donde se pretende aplicar el subsidio federal emitido por autoridad competente.
6. Contar con un contrato de servicio eléctrico con CFE a nombre del propietario de la vivienda, con tarifa doméstica que estén al corriente en sus pagos de energía eléctrica y como evidencia presenten su recibo de energía eléctrica, historial de consumo o documento expedido por la CFE en el que se encuentre su RPU, con menos de tres meses de antigüedad.
7. Tener un historial crediticio entre MOP 00 y MOP 04, o no contar con historial crediticio conforme a consulta realizada en alguna Sociedad de Información Crediticia.
8. Contar con un obligado solidario, que debe presentar la siguiente documentación:
9. Comprobante domiciliario.
10. Identificación oficial vigente (Credencial de elector, Pasaporte o Cédula Profesional).
11. Que el Beneficiario propietario de la vivienda tenga ingresos igual o menor a \$12,251.20 en 2018, la comprobación de sus percepciones se realizará a través de la declaración del Beneficiario, bajo protesta de decir verdad, del monto de los ingresos netos que percibe de manera mensual.

12. No ser propietarios de otra vivienda diferente a la que se desea registrar en el Proyecto.
13. Tener y depositar, a la cuenta referenciada que el FIDE le indique, al menos el 5% del costo del proyecto propuesto.
14. No haber recibido previamente otro subsidio federal para vivienda a través de la CONAVI.
15. La vivienda y la solución habitacional se deberá encontrar fuera de cualquier zona de riesgos.

Dado que el alcance de beneficiarios dentro del Programa de Mejoramiento Integral Sustentable es limitado por el Salario que estos perciben, las personas interesadas cuyos ingresos sean mayores a los mencionados en el párrafo anterior, serán abordadas de distintas maneras.

Diferentes maneras a de abordar a cualquier persona que podría estar interesada en implementar proyectos de energía renovable relacionada con el uso de paneles solares seria:

- Hacer Espacios comerciales en Televisión, Radio, Periódico.
- Hacer campañas de cambaceo en regiones de la ciudad con potencial de interés en la propuesta marcada por el proyecto de intervención.
- Llevar campaña publicitaria en redes sociales más recurridas por dueños de vivienda residencial.
- Formar parte de organismos cuyo fin sea el de dar a conocer, guiar y/o implementar eco tecnologías relacionadas con los sistemas solares fotovoltaicos en el sector residencial.

De cualquier forma que la persona dueña o responsable de una vivienda residencial en la ciudad de Culiacán, Sinaloa se vea interesada en la implementación de los sistemas solares interconectados. Esta vera los beneficios económicos, sociales y ambientales que son producto de la inversión en fuentes de energía renovable, dejando huella en la idea de dar a nuestras futuras generaciones un entorno viable de desarrollo y prosperidad.

## 5 ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.

### 5.1 Cronograma de Actividades

ACTIVIDAD	Días Hábiles														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Obtención del consumo energético en vivienda de interés residencial en Culiacán.															
2. Análisis de datos sobre incidencia solar en vivienda de interés residencial en Culiacán.															
3. Diseño de sistema de energía solar fotovoltaica interconectado a CFE															
4. Determinación de la relación costo/beneficio del proyecto															
5. Instalación del sistema de energía solar fotovoltaica interconectado a CFE															
6. Tramitología ante Comisión Federal de Electricidad															
7. Puesta en Operación															

## 5.2 Recursos.

### 5.2.1 Recursos Humanos

- a) Responsable del Proyecto de Intervención (1). Ing. Eric Adrián Martínez Jiménez
- b) Asesor (1). Representante Legal Empresa Climas Air Center del Occidente S.A. de C.V.
- c) Cambaceo (1).

### 5.2.2 Presupuesto Ejemplo en proyecto de intervención

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANT.</i>	<i>P.U.</i>	<i>IMPORTE</i>
PANEL SOLAR TRINA SOLAR 325 W	PZA	14	185.00	2590.00
INVERSOR DE TENSION SOLIS 3.6 KW	PZA	1	872.00	872.00
KIT DE MONTAJE PARA 14 PANELES	PZA	1	887.00	887.00
MANO DE OBRA, HERRERIA ALBAÑILERIA, MATERILA ELECTRICO, TRAMITOLOGIA ANTE CFE	LOTE	1365	1.20	1638.00
SUBTOTAL				5987.00
IVA				957.92
TOTAL (DLS)				\$ 6,944.92
TOTAL (MXN)				\$ 132,995.22
-Descuento programa CONAVI				-\$ 29,402.88
<b>TOTAL INCLUYENDO PROGRAMA CONAVI</b>				<b>\$ 103,592.34</b>

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. La generación de la energía solar fotovoltaica en viviendas residenciales a través de la implementación de sistemas solares fotovoltaicos interconectados a la red general eléctrica en la ciudad de Culiacán, Sinaloa; Ha demostrado ser una opción sostenible y atractiva para aquellas personas interesadas en dicha eco tecnología.
2. La generación con energía solar aumenta la seguridad de abastecimiento eléctrico en las viviendas y en la región, reduciendo la saturación y pérdidas en las líneas eléctricas. Además, como resultados encontrados en la implementación de este proyecto, se tiene una reducción aproximada del 50% en el gasto neto por facturación eléctrica a lo largo del periodo de vida útil del sistema solar fotovoltaico.
3. El uso de esta tecnología es un factor en la mitigación de gases de efecto invernadero, obtenido por el producto del factor de emisión del Sector Eléctrico Nacional y la producción total de energía eléctrica del sistema fotovoltaico propuesto.
4. La implementación de este proyecto reduce en un total de 4.62 toneladas de CO<sub>2</sub>e/año en promedio por cada una de las residencias intervenidas, mejorando la calidad del medio ambiente.
5. Como recomendaciones a futuras investigaciones con el fin de mejorar en el ámbito de la generación de energía eléctrica en residencias a través del uso de sistemas fotovoltaicos, indicado por los resultados obtenidos en el presente proyecto, se han detectado las siguientes oportunidades de mejora:
  - ✓ Se debe divulgar la generación a nivel de los tomadores de decisiones de forma que lo tengan presente dentro de sus carteras de proyectos.
  - ✓ Se debe alfabetizar en generación de energía fotovoltaica a la población.
  - ✓ Si bien hay medidas que se han desarrollado a partir de las leyes que rigen el ámbito de la generación distribuida, se deben llevar planes de estudio universitarios, lo cual implique o fomente el uso de la eco tecnología en cuestión, tanto en sus etapas de conocimiento, diseño y aplicación.

## 7 REFERENCIAS

1. Hosenuzzaman, M., et al., *Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. **41**: p. 284-297.
2. Solangi, K., et al., *A review on global solar energy policy*. Renewable and sustainable energy reviews, 2011. **15**(4): p. 2149-2163.
3. Dincer, F., *The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and policies of the leading countries in solar energy*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011. **15**(1): p. 713-720.
4. M., B.L.D., *Atlas de Almacenamiento Geológico de CO<sub>2</sub>, México*. Secretaría de Energía & Comisión Federal de Electricidad, 2012: p. 10-12,19, 22.
5. Devabhaktuni, V., et al., *Solar energy: Trends and enabling technologies*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013. **19**: p. 555-564.
6. Romero, R.A., et al., *Energy and the occupant's thermal perception of low-income dwellings in hot-dry climate: Mexicali, México*. Renewable Energy, 2013. **49**: p. 267-270.
7. Sartori, I. and A.G. Hestnes, *Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article*. Energy and buildings, 2007. **39**(3): p. 249-257.
8. (AMAI), A.M.d.a.d.l.d.M.y.O. *Niveles Socio Económicos*. 2018 [cited 2018 04/03/2018]; Available from: <http://www.amai.org/nse/niveles-socio-economicos/>.
9. Bahaj, A. and P. James, *Urban energy generation: the added value of photovoltaics in social housing*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2007. **11**(9): p. 2121-2136.
10. Celik, A.N., T. Muneer, and P. Clarke, *A review of installed solar photovoltaic and thermal collector capacities in relation to solar potential for the EU-15*. Renewable Energy, 2009. **34**(3): p. 849-856.
11. SDPnoticias. *Inicia el subsidio a la tarifa de electricidad en Sinaloa*. 2018 02/05/2018; Available from: <https://www.sdpnoticias.com/estados/2018/05/02/inicia-el-subsidio-a-la-tarifa-de-electricidad-en-sinaloa>.
12. Puig, M.J.P., *Energía Solar Fotovoltaica*. Energías Renovables para todos. Recuperado de: [www.energias-renovables.com](http://www.energias-renovables.com), 2005.

13. Wüstenhagen, R., M. Wolsink, and M.J. Bürer, *Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept*. Energy policy, 2007. **35**(5): p. 2683-2691.
14. Abdullah, et al., *Acceptance and willingness to pay for solar home system: Survey evidence from northern area of Pakistan*. Energy Reports, 2017. **3**: p. 54-60.
15. Sütterlin, B. and M. Siegrist, *Public acceptance of renewable energy technologies from an abstract versus concrete perspective and the positive imagery of solar power*. Energy Policy, 2017. **106**: p. 356-366.
16. Villicaña-Ortiz, E., et al., *Solar energy potential in the coastal zone of the Gulf of Mexico*. Renewable Energy, 2015. **81**: p. 534-542.
17. Mirhassani, S., et al., *Advances and challenges in grid tied photovoltaic systems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. **49**: p. 121-131.
18. Ibrahim, A., et al., *Recent advances in flat plate photovoltaic/thermal (PV/T) solar collectors*. Renewable and sustainable energy reviews, 2011. **15**(1): p. 352-365.
19. Ordóñez, J., et al., *Analysis of the photovoltaic solar energy capacity of residential rooftops in Andalusia (Spain)*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010. **14**(7): p. 2122-2130.
20. Shi, L. and M.Y.L. Chew, *A review on sustainable design of renewable energy systems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012. **16**(1): p. 192-207.
21. Ioannou, A.K., N.E. Stefanakis, and A.G. Boudouvis, *Design optimization of residential grid-connected photovoltaics on rooftops*. Energy and Buildings, 2014. **76**: p. 588-596.
22. Sánchez, R.T., *Análisis de sensibilidad como medio de optimización en sistemas fotovoltaicos interconectados a la red*, in Instituto de Ingeniería, Ciudad Universitaria. 2016, Universidad Nacional Autónoma de México.
23. Europe, S.F. *Cómo dimensionar y calcular paneles solares fotovoltaicos necesarios*. 2015 [4/03/2018]; Available from: <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/calcular-paneles-solares-necesarios/>.
24. Morillas, A., *Muestreo en poblaciones finitas*. Obtenido de <http://webpersonal.uma.es/~morillas/muestreo.pdf>, 2007.
25. Rabolini, N., *Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa*. Revista argentina de humanidades y ciencias sociales, 2009. **2**.
26. (SMN), S.M.N. *Información Climatológica por Estado*. 2018 [16/05/2018]; Available from: <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=sin>.

27. (FIDE), F.p.e.A.d.E.E. Programa de Mejoramiento Integral Sustentable. 2017 [cited 2018 20/02/2018]; Available from:  
[http://www.fide.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=704&Itemid=308](http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=704&Itemid=308).

## 8 ANEXOS

### ANEXO 1. Formato solicitud de interconexión

#### Formato de Solicitud de Interconexión a las Redes Generales de Distribución para Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5MW

Fecha \_\_\_\_\_ Número de Solicitud \_\_\_\_\_

#### I. Datos del Solicitante

Nombre, denominación o razón social

Domicilio

Calle

Número exterior

Número interior

Código Postal

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Colonia/Población

Delegación/ Municipio

Estado

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------

Teléfono

Correo electrónico

Fax

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------

#### II. Datos de contacto

Nombre

Puesto

<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------

Domicilio

Calle

Número exterior

Número interior

Código Postal

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Colonia/Población

Delegación/ Municipio

Estado

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------

Teléfono

Correo electrónico

Fax

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------

#### III. Datos de la Solicitud

Modalidad de la solicitud

Baja Tensión

Media Tensión

#### IV. Utilización de la energía eléctrica producida

Consumos de Centros de Carga

Consumo de Centros de Carga y Venta de excedentes

Venta Total

#### V. Datos de servicio de suministro actual

Registro público de usuario (RPU)	Nivel de Tensión de suministro 220 V
-----------------------------------	---

**VI. Central Eléctrica**

Fecha estimada de operación normal (DD/MM/AAAA)	Capacidad bruta instalada (kW) KW	Capacidad a incrementar (kw) (opcional)	Generación promedio mensual estimada (kWh/mes) KWh/MES
--	--------------------------------------	--	--

**VII. Manifestación de cumplimiento de las especificaciones técnicas generales**

Manifiesto bajo protesta de decir verdad que la Central Eléctrica cumple con las especificaciones técnicas requeridas de acuerdo a las disposiciones aplicables

Tecnología para generación de energía eléctrica

Solar <input checked="" type="checkbox"/>	Biomasa <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>
Eólico <input type="checkbox"/>	Cogeneración <input type="checkbox"/>	Especificar _____

No. de unidades de generación	Combustible principal	Combustible secundario

Coordenadas UTM	X	Y
1		
2		
3		
4		
5		
6		

\_\_\_\_\_  
Representante Legal o El Solicitante) (El solicitante) certifica que la información proporcionada en la presente solicitud es apropiada, precisa y verídica. El solicitante acepta que los datos proporcionados sean utilizados para llevar a cabo los Estudios de Interconexión para garantizar la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional con la Interconexión de la Central Eléctrica del Solicitante *al amparo de la Ley de la Industria Eléctrica y su Reglamento*, en caso de ser requeridos.

El solicitante entiende que los datos proporcionados, se añadirán a las bases de datos del Suministrador cuando se firme un contrato de Interconexión respectivo.

El Solicitante deberá anexar a la presente solicitud, la información técnica requerida en el documento "Información Técnica Requerida para Centrales Eléctricas"

Firma de Conformidad
Solicitante

Sello y Firma
Centro de Atención

Nombre:  
Cargo: SOLICITANTE  
Fecha: \_\_\_\_\_

## ANEXO 2. Remisión de expediente de contrato de interconexión

### REMISIÓN DE EXPEDIENTE DE CONTRATO DE INTERCONEXIÓN

#### Datos:

Nombre del Cliente:

RPU:

Tarifa: Carga Conectada: Demanda Contratada:

Capacidad del Generador: Tipo de Generador:

Empresa Contratista:

Teléfono del Contratista:

Nombre del Cliente:

Teléfono del Cliente:

#### Documentación que se Anexa:

- FORMATO DE SOLICITUD DE INTERCONEXION ORIGINAL (FIRMADO POR EL TITULAR)
- FORMATO DE SOLICITUD DE ENERGIA ELÉCTRICA BAJO EL RÉGIMEN DE APORTACIONES
- CONTRATO DE INTERCONEXION A LAS REDES GENERALES DE DISTRIBUCION (3 JUEGOS ORIGINALES FIRMADOS, CON ANTEFIRMA EN CADA HOJA).
- CONTRATO DE CONTRAPRESTACIÓN SUMINISTRO BASICO (2 JUEGOS ORIGINALES FIRMADOS, CON ANTEFIRMA EN CADA HOJA).
- COPIA DEL MANUAL DE LA FICHA TÉCNICA DE LA GENERACIÓN UTILIZADA.
- COPIA DEL MANUAL DEL INVERSOR (ESPECIFICACIONES DE SEGURIDAD NORMA UL1741)
- CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DEL SERVICIO CON ENTRECALLE Y COORDINADAS.
- DIAGRAMA UNIFILAR DE LA INSTALACION.
- COPIA DE IDENTIFICACIÓN DEL REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA FÍSICA
- CONSTANCIA DE NO ADEUDO
- FOTOGRAFÍAS DE LAS INSTALACIONES DE LA GENERACION UTILIZADA, FOTO DE FACHADA, FOTO DE LOS INVERSORES DONDE SE VISUALICE EL NUMERO DE SERIE.
- UNIDAD DE INSPECCION (SÓLO EN SERVICIOS CON TARIFA OM Y HM)

#### Documentación que se Anexa Cuando Aplique:

- COPIA DE ACTA CONSTITUTIVA  
EN CASO DE QUE NO FIRME EL TITULAR SE DEBE INCLUIR A LA DOCUMENTACIÓN ANTERIOR:
- COPIA DE LA CARTA PODER NOTARIADA (PARA PERSONA QUE FIRMA)

### ANEXO 3. Modelo de contrato de interconexión para fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña escala.

**CONTRATO DE INTERCONEXION PARA FUENTE DE ENERGIA RENOVABLE O SISTEMA DE COGENERACION EN PEQUEÑA ESCALA QUE CELEBRAN, POR UNA PARTE LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, DENOMINADA EN LO SUCESIVO EL SUMINISTRADOR, Y POR LA OTRA \_\_\_\_\_, A QUIEN EN LO SUCESIVO SE DENOMINARA EL GENERADOR, REPRESENTADO POR \_\_\_\_\_ EN SU CARACTER DE \_\_\_\_\_, AL TENOR DE LAS SIGUIENTES DECLARACIONES Y CLAUSULAS.**

#### DECLARACIONES

I. Declara el **Suministrador** que:

(a) Es un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, que se rige por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento, y acredita tal carácter en los términos del artículo 8 de la citada **Ley**.

(b) Su representante, el señor \_\_\_\_\_ cuenta con todas las facultades necesarias para comparecer a la celebración del presente contrato, según consta en la Escritura Pública número \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, pasada ante la fe del señor licenciado \_\_\_\_\_, Notario Público número \_\_\_\_\_ de la ciudad de \_\_\_\_\_.

(c) Tiene su domicilio en \_\_\_\_\_, mismo que señala para todos los fines y efectos legales del presente **Contrato**.

(d) El presente **Contrato** es aplicable a todos los **Generadores con Fuente de Energía Renovable y Generadores con Sistema de Cogeneración** en Pequeña Escala con capacidad hasta de 30 kW, que se interconecten a la red eléctrica del suministrador en tensiones inferiores a 1 kV, y que no requieren hacer uso del **Sistema del Suministrador** para portear energía a sus cargas.

II. Declara el **Generador** que:

(a) (Opción 1. persona física): Es una persona física que comparece por su propio derecho con capacidad jurídica para contratar y obligarse en términos del presente Contrato y se identifica con \_\_\_\_\_, expedida por \_\_\_\_\_, de fecha \_\_\_\_\_.

(Opción 2. persona moral): Es una sociedad mexicana, constituida de acuerdo con la Escritura Pública número \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, pasada ante la fe del licenciado \_\_\_\_\_, Notario Público No. \_\_\_\_\_ de la ciudad de \_\_\_\_\_, e inscrita en el Registro Público de Comercio de \_\_\_\_\_ bajo el número \_\_\_\_\_.]

Su representante \_\_\_\_\_, quien actúa con el carácter de \_\_\_\_\_, cuenta con todas las facultades necesarias para la celebración del presente contrato, según se desprende de la Escritura Pública No. \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, pasada ante la fe del señor licenciado \_\_\_\_\_ Notario Público No. \_\_\_\_\_ de la ciudad de \_\_\_\_\_ e inscrita en el Registro Público de Comercio de \_\_\_\_\_ bajo el número \_\_\_\_\_].

(b) Tiene su domicilio en \_\_\_\_\_, mismo que señala para todos los fines y efectos legales de este **Contrato**.

(c) Se obliga a proporcionar al Suministrador, y según sea el caso, acreditar documentalmente con **Información Técnica**, que cuenta con equipo de cogeneración que cumple con los términos del artículo 36, fracción II, de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

#### CLAUSULAS

**PRIMERA.** Objeto del **Contrato**. El objeto de este **Contrato** es realizar y mantener durante la vigencia del mismo, la interconexión entre el Sistema Eléctrico Nacional propiedad del **Suministrador** y la **Fuente de Energía Renovable** o el **Sistema de Cogeneración** en pequeña escala del **Generador**;

**SEGUNDA.** Definiciones. Los términos que aparecen en este **Contrato**, ya sea en el propio cuerpo o en cualquiera de sus anexos, con inicial mayúscula y negrillas tendrán el significado que se les asigna en esta cláusula segunda. Dicho significado se aplicará al término tanto en singular como en plural.

**Cogeneración.** Conforme a lo dispuesto en el artículo 36, fracción II, de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica.

**Contrato.** El presente **Contrato** para **Fuente de Energía Renovable** o **Sistema de Cogeneración** en pequeña escala incluyendo todos y cada uno de sus anexos.

**Generador.** La persona física o moral que cuente con un equipo de generación eléctrica con **Fuente de Energía Renovable** o aquellas personas físicas o morales que cuenten con un **Sistema de Cogeneración** en Pequeña Escala.

**Información Técnica:** Información suficiente con la que se deberá demostrar que se cuenta con equipo de cogeneración que se acreditará con copias de alguno de los siguientes documentos: factura, manuales del fabricante, diagramas de proceso, entre otros.

**Fuente de Energía Renovable: Generadores** de energía renovable como se define en el artículo 3, fracción II, de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.

**Kilowatt hora (kWh).** Unidad convencional de medida de energía eléctrica.

**Ley.** La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

**Parte.** El Suministrador de acuerdo a la **Ley** y la persona física o moral que suscribe el **Contrato**.

**Sistema.** El Sistema Eléctrico Nacional propiedad del **Suministrador**.

**Sistema de Cogeneración.** Dispositivos que en su conjunto producen energía eléctrica mediante **Cogeneración**.

**TERCERA.** Vigencia del **Contrato**. El presente **Contrato** surtirá sus efectos a partir de la fecha en que sea firmado por ambas **Partes** y tendrá una duración indefinida.

**CUARTA.** Terminación anticipada y rescisión. El presente **Contrato** podrá darse por terminado anticipadamente por cualquiera de las causas siguientes:

a) Por voluntad del **Generador**, siendo requisito previo la notificación por escrito del **Generador** al **Suministrador** con anticipación no menor a treinta (30) días hábiles.

b) Por necesidades del servicio, siendo requisito previo la notificación por escrito del **Suministrador** al **Generador** con anticipación no menor a treinta (30) días hábiles.

c) Por acuerdo de las **Partes**.

El presente **Contrato** podrá rescindirse por contravención a las disposiciones que establece la **Ley**, su Reglamento y las demás disposiciones aplicables al **Contrato**, siempre y cuando dicha contravención afecte sustancialmente lo establecido en este **Contrato**.

Mientras no se rescinda el **Contrato**, cada **Parte** seguirá cumpliendo con sus obligaciones respectivas al amparo del mismo.

**QUINTA.** Entrega de energía por el **Generador**. El **Generador** se compromete a poner a disposición del **Suministrador** la energía producida por la **Fuente de Energía Renovable** o por el **Sistema de Cogeneración** en pequeña escala, y el **Suministrador** se compromete a recibirla hasta por un total igual a la energía asociada a la potencia de \_\_\_\_\_ kW.

La potencia máxima a instalar dependerá del tipo de servicio, y no podrá ser mayor a lo siguiente:

Para usuarios con servicio de uso residencial: hasta 10 kW.

Para usuarios con servicio de uso general en baja tensión: hasta 30 kW.

**SEXTA.** Interconexión. Las inversiones necesarias para la construcción de las instalaciones o equipos que técnicamente sean necesarios serán a cargo del **Generador**.

Asimismo, estará a cargo del **Generador** cualquier modificación que sea necesario realizar a las instalaciones existentes para lograr la interconexión, mismas que, en su caso, realizará bajo la supervisión del **Suministrador** y previa autorización de éste.

Las instalaciones y equipos necesarios en el Punto de Interconexión así como los elementos de protección, requeridos para la conexión con el **Sistema** deberán cumplir con las especificaciones conducentes del **Suministrador** y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Las características de estas instalaciones y equipos serán las establecidas por el **Suministrador**.

**SEPTIMA.** Medición. Los medidores y los equipos de medición a ser usados para medir la energía entregada por el **Generador** al **Suministrador** y la que entregue el **Suministrador** al **Generador** serán instalados por el **Suministrador** a costa del **Generador**. Los medidores a instalar tendrán la capacidad de efectuar la medición neta (Net Metering) entre la energía eléctrica entregada por el **Suministrador** y la energía eléctrica entregada por el **Generador** al **Suministrador**. En razón de ello, el **Generador** únicamente pagará la diferencia entre el costo del equipo necesario para realizar la medición neta y el costo del equipo convencional que instalaría el **Suministrador** para la entrega de energía eléctrica que corresponda.

El **Generador** puede instalar y mantener a su propia costa, medidores y equipo de medición de reserva en el Punto de Interconexión adicionales a los mencionados en el párrafo anterior de esta cláusula, siempre y cuando cumplan con las normas y prácticas que tiene establecidas el **Suministrador** para ese propósito.

**OCTAVA.** Contrato de Suministro. El **Generador** se obliga a mantener vigente un contrato de suministro de energía eléctrica en la tarifa aplicable durante todo el tiempo que dure la interconexión de su fuente con la red del **Suministrador**.

**NOVENA.** Facturación y pagos. Para fines de facturación, el consumo de kWh del **Generador**, se determinará como la diferencia entre la energía eléctrica entregada por el **Suministrador** y la entregada por el **Generador** al **Suministrador**.

Cuando la diferencia sea negativa, se considerará como un crédito a favor del **Generador** que podrá ser compensado dentro del periodo de 12 meses siguientes. De no efectuarse la compensación en ese periodo, el crédito será cancelado y el **Generador** renuncia a cualquier pago por este concepto.

Cuando la diferencia sea positiva, se considerará como un crédito a favor del **Suministrador** y se facturará en la tarifa aplicable según el contrato mencionado en la cláusula octava.

**DECIMA.** El **Generador** se obliga a no intervenir ni modificar los equipos en sus instalaciones que están asociados a la desconexión de su fuente de energía, ni a los asociados a la desconexión de sus instalaciones de las instalaciones del **Suministrador**. En caso contrario, el **Generador** deberá responder de los daños y perjuicios que cause el **Suministrador**.

**DECIMA PRIMERA.** Lugar de pago. Todos los pagos se harán en moneda de curso legal en los Estados Unidos Mexicanos en las oficinas de atención al público del **Suministrador** o en las instituciones o medios que éste establezca.

**DECIMA SEGUNDA.** Supletoriedad. Para lo no establecido en el presente Contrato, se aplicarán las disposiciones del contrato de suministro de energía eléctrica mencionado en la cláusula octava así como lo dispuesto en las disposiciones jurídicas aplicables.

**DECIMA TERCERA.** Modificaciones. Cualquier modificación al presente **Contrato** deberá formalizarse por escrito y ambas **Partes** deberán suscribir el convenio correspondiente.

**DECIMA CUARTA.** Caso fortuito y fuerza mayor. Las **Partes** no serán responsables por el incumplimiento de sus obligaciones cuando el mismo resulte de caso fortuito o fuerza mayor.

**DECIMA QUINTA.** Cesión de derechos. El **Generador** tiene prohibida la cesión parcial o total de los derechos y obligaciones derivadas del presente **Contrato**, sin la previa autorización por escrito del **Suministrador**.

**DECIMA SEXTA.** Legislación y tribunales. El presente **Contrato** se rige e interpreta por las leyes federales de los Estados Unidos Mexicanos y, en particular, por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento. Las controversias que surjan del presente contrato serán competencia de los tribunales federales en la ciudad \_\_\_\_\_ y al efecto las partes renuncian al diverso fuero que pudiere corresponderles por razón de su domicilio u otras causas.

Este **Contrato** se firma en \_\_\_\_\_ **EL GENERADOR**

ejemplares en la Ciudad

de \_\_\_\_\_,

el \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de

\_\_\_\_\_. **EL SUMINISTRADOR**

#### **ANEXO 4. Metodología de cálculo de contraprestación que aplicará el Suministrador de Servicios Básicos por la energía que ofrezcan los Generadores Exentos.**

La presente metodología de contraprestación establece las modalidades de contraprestación que aplicará el Suministrador de Servicios Básicos a la energía que ofrezcan los Generadores Exentos, con la finalidad de satisfacer tanto las necesidades de certidumbre y Continuidad de los proyectos de Generación Distribuida, así como permitir a los proyectos acceder al Mercado Eléctrico Mayorista.

La metodología de contraprestación establece los cálculos, criterios y bases para determinar las opciones de contraprestación que aplicará el Suministrador de Servicios Básicos por la energía que ofrezcan los Generadores Exentos.

La metodología de contraprestación refleja el estado actual de desarrollo y nivel de integración de Centrales Eléctricas de Generación Distribuida a las Redes Generales de Distribución.

Los Generadores Exentos que suscriban el contrato de interconexión, tendrán el derecho de usar la metodología de contraprestación de medición neta de energía, consistente en lo siguiente:

I. Medición neta de energía: metodología de contraprestación que considera los flujos de energía eléctrica recibidos y entregados desde y hacia las Redes Generales de Distribución compensando dichos flujos de energía eléctrica entre sí durante el periodo de facturación. También se conoce como *Net Metering* por su nombre en inglés.

Alternativamente, y como excepción a lo anterior, los Generadores Exentos que así lo deseen, podrán elegir entre las siguientes opciones de contraprestación:

II. Facturación neta: metodología de contraprestación que considera los flujos de energía eléctrica recibidos y entregados desde y hacia las Redes Generales de Distribución, y les asigna un valor que puede variar a la compra y a la venta. También se conoce como *Net Billing* por su nombre en inglés.

III. Venta total de energía: metodología de contraprestación que considera el flujo de energía eléctrica entregada hacia las Redes Generales de Distribución, al cual se le asigna un valor de venta.

Únicamente se permitirá migrar de un régimen de contraprestación a otro una vez transcurrido un año, contado a partir de la celebración del contrato de contraprestación correspondiente, con el fin de completar y facilitar los procesos administrativos, cuando aplique, tanto la liquidación de los excedentes acumulados como la determinación de los conceptos calculados anualmente.

Los Generadores Exentos que hayan celebrado un contrato de interconexión en pequeña o mediana escala, de acuerdo con la resolución emitida por la CRE RES/054/2010, previo a la fecha de publicación del presente instrumento, podrán conservar sus contratos e instalaciones físicas en sus términos, pudiendo migrar, en caso de solicitarlo, a algún régimen de contraprestación establecido en la presente metodología de contraprestación. Para ello, se deberá celebrar el contrato de interconexión y el contrato de contraprestación y se deberá cumplir con los requisitos establecidos en las presentes Disposiciones, sin ser necesario realizar estudios de interconexión, Obras para la interconexión u Obras de refuerzo adicionales.

Una vez que se haya migrado a algún régimen de contraprestación señalado en la presente metodología de contraprestación, no será posible regresar a las condiciones establecidas en los contratos de interconexión en pequeña y mediana escala.

### **Medición neta de energía (Net metering)**

La medición neta de energía (Net metering) es el régimen de contraprestación asociado a la interconexión que considera el intercambio de los flujos de energía entre la Central Eléctrica y uno o más Centros de Carga con las Redes Generales de Distribución, compensando la energía entregada por la Central Eléctrica de Generación Distribuida a las Redes Generales de Distribución con la energía recibida por uno o más usuarios finales proveniente de las Redes Generales de Distribución en el periodo correspondiente. Derivado de ello, el contrato de contraprestación deberá estar asociado, mientras se realice esta actividad, a uno o varios contratos de suministro de energía eléctrica en la tarifa final de suministro aplicable.

En este régimen de contraprestación asociado a la interconexión, el Generador Exento podrá ser una persona física o moral, quien podrá entregar energía eléctrica a uno o más Centros de Carga, así como entregar su energía sobrante a las Redes Generales de Distribución para aprovecharla posteriormente en los momentos en que no esté generando energía eléctrica.

El desarrollo del presente régimen de contraprestación es aplicable para una Central Eléctrica y un Centro de Carga, ambos compartiendo un mismo Punto de interconexión a las Redes Generales de Distribución. El uso del régimen de contraprestación de medición neta de energía de manera colectiva, se realizará mediante la modificación o actualización de las presentes Disposiciones o la emisión de los instrumentos regulatorios necesarios que para tal efecto emita la CRE. Se entenderá por régimen de contraprestación de medición neta de energía de manera colectiva a la que se realice a más de un Centro de Carga.

De acuerdo con el nivel de tensión en el que se realice la interconexión de la Central Eléctrica, la contraprestación bajo el régimen de medición neta de energía se calculará de la siguiente forma:

#### **I. Interconexión en baja tensión.**

La contraprestación por medición neta de energía se calculará como la diferencia entre la energía total entregada por el Suministrador de Servicios Básicos y la energía total entregada por el Generador Exento en el periodo de facturación, a través de las Redes Generales de Distribución.

Cuando la diferencia sea negativa, se considerará como un crédito a favor del Generador Exento, el cual se abonará automáticamente a la medición de energía facturada en cada periodo posterior de facturación, hasta un máximo de 12 meses.

Una vez concluido ese periodo, el Generador Exento recibirá la liquidación del crédito vencido (no abonado tras 12 meses) al valor promedio del Precio Marginal Local durante el intervalo de tiempo en el que se generó el crédito, calculado en el nodo correspondiente al Punto de interconexión, en términos del apartado Condiciones de Pago, contenido en las presentes Disposiciones.

El pago se realizará mediante transferencia bancaria a la cuenta que el Generador Exento designe para tal fin.

Cuando la diferencia sea positiva, se considerará como un crédito a favor del Suministrador de Servicios Básicos y se facturará al Usuario Final, a la tarifa final de suministro aplicable en el periodo de facturación actual, o según se establezca en el contrato de suministro que las partes hayan celebrado.

## **ANEXO 5. Cuestionario para la aplicación de la regla AMAI 2018 y tabla de clasificación**

A continuación se presenta el conjunto de preguntas que se deben realizar a cada hogar para aplicar correctamente la regla AMAI 2018 para estimar el Nivel Socioeconómico.

En cada una de las categorías de respuesta se presenta el total de puntos que aporta al modelo para calcular el Nivel al que pertenece el hogar.

### **PREGUNTAS**

1. Pensando en el jefe o jefa de hogar, ¿cuál fue el último año de estudios que aprobó en la escuela?

### **RESPUESTA**

#### **PUNTOS**

Sin Instrucción

0

Preescolar

0

Primaria Incompleta

10

Primaria Completa

22

Secundaria Incompleta

23

Secundaria Completa

31

Preparatoria Incompleta

35

Preparatoria Completa

43

Licenciatura Incompleta

59

Licenciatura Completa

73

Posgrado

101

2. ¿Cuántos baños completos con regadera y W.C. (excusado) hay en esta vivienda?

### **RESPUESTA**

#### **PUNTOS**

0

0

1

24  
2 ó más  
47

3. ¿Cuántos automóviles o camionetas tienen en su hogar, incluyendo camionetas cerradas, o con cabina o caja?

RESPUESTA  
PUNTOS

0  
0  
1  
18  
2 ó más  
37

4. Sin tomar en cuenta la conexión móvil que pudiera tener desde algún celular ¿este hogar cuenta con internet?

RESPUESTA  
PUNTOS

NO TIENE  
0  
SÍ TIENE  
31

5. De todas las personas de 14 años o más que viven en el hogar, ¿cuántas trabajaron en el último mes?

RESPUESTA  
PUNTOS

0  
0  
1  
15  
2  
31  
3  
46  
4 ó más  
61

6. En esta vivienda, ¿cuántos cuartos se usan para dormir, sin contar pasillos ni baños?

RESPUESTA  
PUNTOS

0  
0  
1  
6  
2  
12  
3  
17  
4 ó más  
23

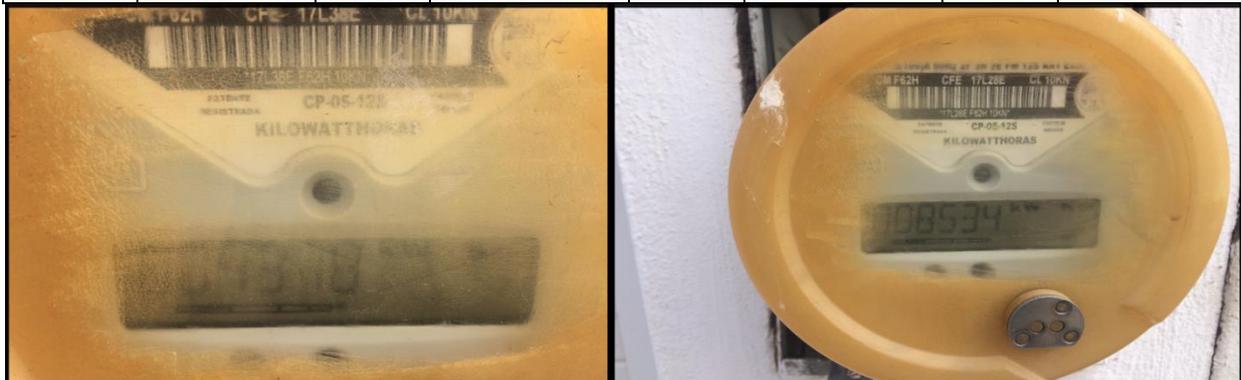
TABLA DE CLASIFICACIÓN DEL NIVEL SOCIOECONÓMICO

Una vez que se hayan realizado las preguntas del cuestionario, se deberán sumar los puntos obtenidos para cada uno de los hogares, y se utilizará la siguiente tabla para determinar el Nivel socioeconómico al que pertenece.

Nivel Socioeconómico	Puntos
A/B	205 o más
C+	166 a 204
C	136 a 165
C-	112 a 135
D+	90 a 111
D	48 a 89
E	0 a 47

**ANEXO 6. Levantamiento muestreo de consumos – Medidores muestra representativa**

Medidor	Alfanumérico	Medidor	Alfanumérico	Medidor	Alfanumérico	Medidor	Alfanumérico
1	17L38E	26	56D2F1	51	92MV04	76	40RH36
2	17L28E	27	292X8W	52	360M0Y	77	611JLJ
3	64D76Y	28	D198UB	53	83L69C	78	511W7T
4	59M6N1	29	1U521A	54	023W6K	79	22CW49
5	09MX97	30	6699DT8	55	49CW96	80	40CV14
6	D402TC	31	723B9T	56	35P7V6	81	41D9E1
7	94MV49	32	738PEH	57	022W4R	82	996DPF
8	60R08P	33	30CV80	58	72E7J4	83	05MX54
9	203LEEE	34	104WR6	59	86MW67	84	61D7E2
10	024FPE	35	794DR6	60	69CW97	85	462T2D
11	19MW57	36	H404K9	61	022W5R	86	42D0E7
12	80L21C	37	510W9U	62	19H78C	87	7U936D
13	18CW23	38	9M975H	63	877DPG	88	44CV43
14	12G4R	39	17L29E	64	58D2F4	89	D127UD
15	950DU7	40	547EDN	65	266DU0	90	49CV95
16	424JLG	41	42R20X	66	18CW99	91	49CV93
17	72N9F2	42	48MU67	67	406M9Y	92	10MW47
18	7R731C	43	146JNH	68	91MV93	93	03Y62P
19	76H52H	44	1MT524	69	161MAC	94	D404TF
20	19MW58	45	47CV19	70	01N6U8	95	815PEY
21	475PEV	46	53CW40	71	81NM47	96	05MW87
22	19MW54	47	006W8W	72	81MX12	97	73M4E5
23	62R06P	48	10MW41	73	0R021B	98	053LEU
24	90V10P	49	87L43C	74	196PEM	99	16CU94
25	02MW36	50	D039UE	75	86MW66	100	561PEV

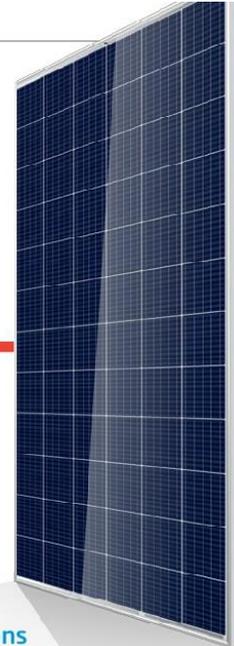


# ANEXO 7. Fichas técnicas panel solar e inversor de corriente

Mono **Multi** Solutions

## TALLMAX MODULE

TSM-PD14



**72 CELL**  
MULTICRYSTALLINE MODULE

**320-340W**  
POWER OUTPUT RANGE

**17.5%**  
MAXIMUM EFFICIENCY

**0/+5W**  
POSITIVE POWER TOLERANCE

Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading comprehensive solutions provider for solar energy. We believe close cooperation with our partners is critical to success. Trina Solar now distributes its PV products to over 60 countries all over the world. Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and supplement our innovative, reliable products with the backing of Trina Solar as a strong, bankable partner. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaboration with installers, developers, distributors and other partners.

### Comprehensive Product And System Certificates

IEC61215/IEC61730/UL1703/IEC61701/IEC62716  
 ISO 9001: Quality Management System  
 ISO 14001: Environmental Management System  
 ISO 14064: Greenhouse Gas Emissions Verification  
 OHSAS 18001: Occupational Health and Safety Management System



**Trina solar**



### Ideal for large scale installations

- High power footprint reduces installation time & BOS costs
- Optimized for tracker installation



### One of the industry's most trusted modules

- Field proven performance
- Trina Solar's financial solidity consistently confirmed by banks and investors



### Highly reliable due to stringent quality control

- All modules have to pass electroluminescence (EL) inspection
- Over 30 in-house tests (UV, TC, HF, and many more)
- In-house testing goes well beyond certification requirements
- PID resistant
- 1000 V UL/1000V IEC certified

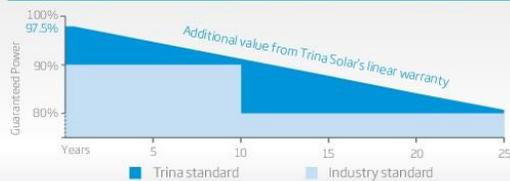


### Certified to withstand challenging environmental conditions

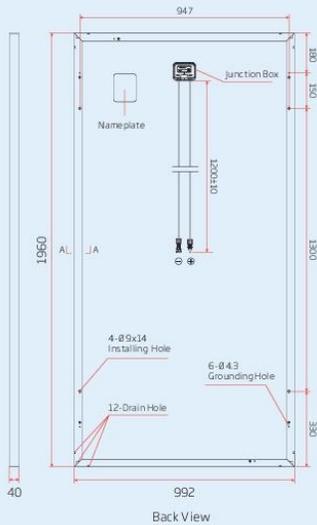
- 130 km/h wind load (2400 Pa)
- 900 kg snow load per module (5400 Pa)
- 35 mm hail stones at 97 km/h
- Ammonia resistance
- Salt mist resistance
- Resistance to sand and dust abrasion

### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

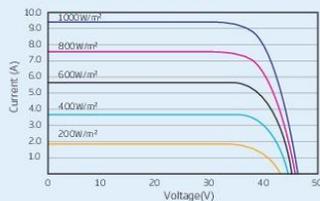
10 Year Product Warranty · 25 Year Linear Power Warranty



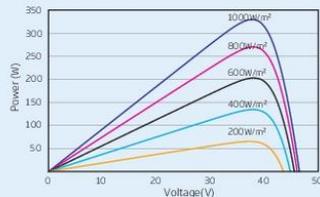
### DIMENSIONS OF PV MODULE TSM-PD14 (unit: mm)



### I-V CURVES OF PV MODULE (335W)



### P-V CURVES OF PV MODULE (335W)



ELECTRICAL DATA @ STC	TSM-320 PD14	TSM-325 PD14	TSM-330 PD14	TSM-335 PD14	TSM-340 PD14
Peak Power Watts -P <sub>MAX</sub> (Wp)*	320	325	330	335	340
Power Output Tolerance-P <sub>MAX</sub> (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Maximum Power Voltage-V <sub>MPP</sub> (V)	37.1	37.2	37.4	37.6	37.8
Maximum Power Current-I <sub>MPP</sub> (A)	8.63	8.73	8.83	8.91	8.99
Open Circuit Voltage-V <sub>OC</sub> (V)	45.5	45.6	45.8	46.0	46.2
Short Circuit Current-I <sub>SC</sub> (A)	9.15	9.19	9.28	9.35	9.42
Module Efficiency η <sub>m</sub> (%)	16.5	16.7	17.0	17.2	17.5

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5  
\* Measuring tolerance: ±3%

ELECTRICAL DATA @ NOCT	TSM-320 PD14	TSM-325 PD14	TSM-330 PD14	TSM-335 PD14	TSM-340 PD14
Maximum Power-P <sub>MAX</sub> (Wp)	237	241	245	249	252
Maximum Power Voltage-U <sub>MPP</sub> (V)	34.3	34.4	34.6	34.8	35.0
Maximum Power Current-I <sub>MPP</sub> (A)	6.92	7.00	7.08	7.14	7.21
Open Circuit Voltage-U <sub>OC</sub> (V)	42.1	42.2	42.4	42.6	42.8
Short Circuit Current-I <sub>SC</sub> (A)	7.39	7.42	7.49	7.55	7.60

NOCT: Irradiance at 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

### MECHANICAL DATA

Solar Cells	Multicrystalline 156.75 × 156.75 mm
Cell Orientation	72 cells (6 × 12)
Module Dimensions	1960 × 992 × 40 mm
Weight	22.5 kg
Glass	3.2 mm, high transparency, AR coated and heat tempered solar glass
Backsheet	White
Frame	Silver Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 67 or IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> , 1200 mm
Connector	EU Countries: 2B MC4 / UTX / TS4, Non-EU Countries: 2B QC4 / TS4

### TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	44°C (±2K)
Temperature Coefficient of P <sub>MAX</sub>	-0.41%/K
Temperature Coefficient of V <sub>OC</sub>	-0.32%/K
Temperature Coefficient of I <sub>SC</sub>	0.05%/K

### MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 to +85°C
Maximum System Voltage	1000VDC (IEC) 1000VDC (UL)
Max Series Fuse Rating*	15 A
Mechanical Load	5400 Pa
Wind Load	2400 Pa

\* DONOT connect fuse in combiner box with two or more strings in parallel connection

### WARRANTY

- 10 year Product Workmanship Warranty
- 25 year Linear Performance Warranty

(Please refer to product warranty for details)

### PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box:	27 pieces
Modules per 40' container:	648 pieces

TSM\_EN\_2017\_B

Solis-2G Inversor Monofásico



## Prestaciones distintivas

- ▶ Máxima eficiencia superior al 97%
- ▶ Diseño Dual MPPT dotado de algoritmo de alta precisión
- ▶ Amplísimo rango de voltaje de entrada
- ▶ Compacto, ligero y de fácil instalación por una sola persona
- ▶ Protección IP65 y visualmente muy atractivo para el entorno doméstico
- ▶ Conexión RS 485 e interfaz Wi-Fi o GPRS (opcionales)
- ▶ Múltiples funciones de protección
- ▶ Dispositivos móviles (App) y Wi-Fi para su monitorización
- ▶ 5 años de garantía de serie, ampliables a 10 años

**Address:** No. 57 Jintong Road, Binhai Industrial Park, Xiangshan, Ningbo, Zhejiang, 315712, China

**Tel:** +86 (0)574 6578 1806    +86 (0)574 6580 2188    **Fax:** +86 (0)574 6578 1606

**Email:** sales@ginlong.com    **Web:** www.ginlong.com



## Datasheet

Modelo	Solis-1K-2G	Solis-1.5K-2G	Solis-2K-2G	Solis-2.5K-2G	Solis-3K-2G	Solis-3.6K-2G	Solis-4K-2G	Solis-4.6K-2G	Solis-5K-2G
Energy source	PV								
<b>Entrada (CC)</b>									
Voltaje de entrada máx.(V)	500				600				
Voltaje de inicio(V)	80				120				
Rango de operatividad MPPT(V)	70-400	100-400			100-500				
Voltaje nominal (A)	10				10+10		15+15		
Núm. de MPP/Núm.máx.de strings por MPPT	1/1				2/1				
<b>Salida (CA)</b>									
Potencia de salida nominal (kW)	1	1.5	2	2.5	3	3.6	4	4.6	5
Potencia máx.(kW)	1.1	1.7	2.2	2.8	3.3	4	4.4	5	5
Voltaje nominal de la red (V)	230								
Rango de voltaje de la red (V)	180~270(ajustable)								
Fases operativas	Monofase								
Corriente nominal de la red(A)	4.3	6.5	8.7	10.9	13	15.7	17.4	20	21.7
Corriente máx. de salida(A)	5.2	8.1	10.5	13.3	15.7	16	21	23.8	23.8
Factor de potencia	>0.99								
Corriente de la red THD	THD total <4%								
Inyección de corriente(mA)	<20								
Frecuencia nominal de la red(Hz)	50/60								
<b>Eficiencia</b>									
Eficiencia máx.	>96%	>96.5%				>97%	>97%		
Rendimiento europeo	>95.4%	>96%				>96.4%	>96.5%		
Eficiencia MPPT	>99.9%	>99.9%				>99.9%	>99.9%		
<b>Protección</b>									
Protección contra polaridad inversa	Si								
Protección contra cortocircuito	Si								
Protección contra sobreintensidad de salida	Si								
Protección contra sobretensión de salida-Varistor	Si								
Control de toma de tierra	Si								
Monitorización de red	Si								
Protección anti-aislamiento	Si								
Protección ante altas temperaturas	Si								
Interruptor CC integrado	Opcional								
<b>Información general</b>									
Tamaño	339 ancho x 565 largo x 164 alto (mm)				339 ancho x 565 largo x 173 alto (mm)				
Peso(kg)	11.0				14.5		15.5		
Tipo	Sin transformador								
Consumo interno	<1W (noche)								
Temperatura de funcionamiento	-25°C~60°C								
Tipo de protección IP	IP65								
Rango de frecuencias (Hz) de la red	47-52 or 57-62(ajustable)								
Nivel de ruido (típicos)	<30 dBA								
Sistema de enfriamiento	Convección natural								
Altitud máx. sin reducción de capacidad de funcionamiento	2000m								
Periodo de vida útil	>20 años								
Monitorización de utilidades	Protección anti-aislamiento (Vac Fac) conforme a las normas UL 174 1, G83/2, G59/2, VDE0126-1-1								
Condiciones de humedad ambiental	0~95%								
EMC	EN61000-6-1:2007				EN61000-6-3:2007				
<b>Características</b>									
Conexión CC	Acoplamiento MC-4								
Conexión CA	Enchufe tipo Ip67								
Pantalla	LCD, 2 x 20 Z.								
Interfaz	RS 485, WIFI/GPRS (opcional)								
Garantía	5-10 años								

## ANEXO 8. Factor de Emisión del Sector Eléctrico Nacional



### Factor de Emisión del Sector Eléctrico Nacional

Con fundamento en el Artículo 12 del Reglamento de la Ley de Transición Energética, que a la letra dice:

*Artículo 12. La CRE estimará de forma anual el factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional, con base en las metodologías que emita la Secretaría en términos del artículo anterior y remitirá la propuesta de dicho factor a la SEMARNAT antes del 30 de enero de cada año, para que ésta emita su opinión dentro de los diez días hábiles siguientes a la recepción de dicha propuesta.*

*En caso de no recibir la opinión dentro del plazo a que se refiere el párrafo anterior, se entenderá que la SEMARNAT está de acuerdo con la propuesta. Transcurrido el plazo para emitir dicha opinión, la CRE podrá continuar con los trámites correspondientes para que el factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional sea publicado antes del 28 de febrero de cada año.”*

Habiendo recibido la opinión de SEMARNAT sin comentarios al cálculo realizado, la Comisión Reguladora de Energía, procede a publicar el Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional para 2017:

**Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional, 2017:**

**0.582 toneladas de CO<sub>2</sub> / MWh**

---

## ANEXO 9. Probabilidad acumulada inferior para distribución normal N(0,1)

$\mu$  = Media

$\sigma$  = Desviación típica

Tipificación:  $z_0 = \frac{X - \mu}{\sigma}$

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$



$z_0$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	$z_0$
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359	0,0
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753	0,1
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141	0,2
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517	0,3
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879	0,4
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224	0,5
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549	0,6
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852	0,7
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133	0,8
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389	0,9
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621	1,0
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830	1,1
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015	1,2
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177	1,3
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319	1,4
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441	1,5
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545	1,6
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633	1,7
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706	1,8
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767	1,9
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817	2,0
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857	2,1
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890	2,2
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916	2,3
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936	2,4
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952	2,5
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964	2,6
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	2,7
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981	2,8
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986	2,9
3,0	0,9986	0,9986	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9990	3,0
3,1	0,9990	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	3,1
3,2	0,9993	0,9993	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	3,2
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	3,3
3,4	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	3,4
3,5	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	3,5
3,6	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	3,6
3,7	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	3,7
3,8	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	3,8
3,9	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	3,9

$1-\alpha$	90%	92%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
$\alpha$	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
$z_{1-\alpha}$	1,645	1,751	1,881	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576
$z_{\alpha}$	1,282	1,405	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Siendo:

$1-\alpha$  = Nivel de confianza  
 $\alpha$  = Nivel de significación