

IPN
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN

R-022/22

TESIS INDIVIDUAL

Que como prueba escrita de su Examen Profesional para obtener el Título de **INGENIERO MECÁNICO**, deberá desarrollar la C..

EDIT EMBRIZ MENDOZA


"ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA CON SUMINISTRO CONVENCIONAL Y UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA CON SUMINISTRO FOTOVOLTÁICO EN LA UNIÓN COYOMETITLAN, ESTADO DE MÉXICO"


En la actualidad, México camina hacia la implementación de fuentes de energía renovables para satisfacer la alta demanda energética de nuestra sociedad moderna. Esta investigación tuvo como incentivo primero, dotar de energía una residencia de difícil acceso, abriendo pauta para tomar en cuenta las energías alternativas y beneficiar su utilización en el territorio nacional. Busca establecer un panorama claro y objetivo de la viabilidad de la energía fotovoltaica en nuestra vida cotidiana tomando en cuenta el marco social, tecnológico y geográfico de una región en particular. Con este trabajo se pretende incrementar la utilización de las energías renovables de uso doméstico.


CAPITULADO

Introducción
CAPITULO I Marco Referencial
CAPITULO II Marco Teórico
CAPITULO III Desarrollo del proyecto
Conclusiones

Ciudad de México, a 9 de agosto de 2022.


Ing. Javier Pérez Nájera
ASESOR


Ing. Araceli Leticia Peralta Magués
JEFA DE LA CARRERA DE I. M.


Ing. José García Flores
SUBDIRECTOR ACADÉMICO INTERINO



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE TITULACIÓN PROFESIONAL



CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE OBRA

En la Ciudad de México, a 9 de agosto de 2022, la que suscribe: **EDIT EMBRIZ MENDOZA**, alumna de la carrera de **Ingeniería Mecánica**, con número de registro **R-022/22**, egresada de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán, manifiesto que soy la autora intelectual del presente trabajo de **TESIS INDIVIDUAL**, bajo la asesoría del Ing. **Javier Pérez Najera** y que autorizo el uso del trabajo titulado **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE UNA INSTALACION ELECTRICA CON SUMINISTRO CONVENCIONAL Y UNA INSTALACION ELECTRICA CON SUMINISTROFOTOVOLTAICO EN LA UNION COYOMETITLAN, ESTADO DE MEXICO.**, al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deberán reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o asesor del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección de correo: **editembriz@gmail.com**. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Atentamente



ING. EDIT EMBRIZ MENDOZA



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN

Estudio Comparativo entre una instalación eléctrica con suministro convencional y una instalación eléctrica con suministro fotovoltaico en La Unión Coyometitlán, Estado De México

TESIS

Para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico

Presenta:

Edit Embriz Mendoza

Asesor:

Ing. Javier Pérez Nájera

Ciudad de México agosto 2022

Agradecimientos

Agradezco al Instituto Politécnico Nacional, por dignificarme con la técnica y conocimientos para servir a mi patria a través de los profesores, compañeros y amigos quienes me acompañaron e impulsaron en el camino de la Ingeniería en mi Alma Máter, la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Agradezco a mi asesor, el Ing. Javier Pérez Nájera, quién me motivó para concluir con este ciclo educativo y ha mantenido su apoyo brindándome sus conocimientos y experiencia, comenzando un proceso en el cual me culminó como una profesionista integra.

Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional. A mis padres, Gerardo Embriz y Verónica Mendoza por darme fortaleza y ayudarme a construir mi juicio con su sabiduría y su fe. Agradezco sus desvelos, esmeros y por ser infalibles cuando me sentí vencida. A mis hermanos, José y Gerardo, los amigos más sinceros, por sus hombros en los cuales he llorado y sus manos siempre trabajadoras.

Agradezco a mis abuelos, José, Julia, Francisco y Soledad, quienes sentaron las bases de mi formación y creyeron en mí, han estado conmigo como estudiante y como atleta, me han compartido todas las grandes historias que me inspiran y me han invitado a vivir otras que me nutren. A mis tíos y primos, por sus oraciones y su compañía, especialmente a mis tías, Julia y Belén por brindarme consejos y apoyo de amigas, también empleo cuando lo necesité para seguir mi camino como estudiante.

Agradezco a todas mis amistades. A los profesionistas, trabajadores y atletas por compartirme su experiencia que ha sido parte de mi formación. Gracias por su auxilio recurrente.

Concluyentemente, agradezco a Dios, por mostrarme luz en todos los caminos y traerme ahora hasta aquí. Le pido llegar muy lejos en compañía de todos con quienes me ha bendecido.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO I.....	5
MARCO REFERENCIAL.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	5
ANTECEDENTES.....	5
<i>Compromisos ambientales de México.....</i>	<i>6</i>
<i>Panorama del Sistema Energético Nacional.....</i>	<i>9</i>
<i>Instalaciones eléctricas.....</i>	<i>11</i>
<i>Energía solar.....</i>	<i>14</i>
<i>Contexto legal en México para la implementación de Fuentes de Energía Renovables.....</i>	<i>22</i>
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
OBJETIVO GENERAL.....	23
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>23</i>
CAPÍTULO II.....	25
MARCO TEÓRICO.....	25
CRITERIOS DE CARGAS EN CIRCUITOS DERIVADOS.....	25
TARIFA DOMÉSTICA CFE.....	25
<i>El recibo CFE.....</i>	<i>28</i>
COSTOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON FUENTES CONVENCIONALES.....	30
PROYECCIÓN DE CARGOS POR CONSUMO ELÉCTRICO.....	31
<i>Requisitos para contratar suministro eléctrico convencional.....</i>	<i>32</i>
MODELOS DE CONTRATO DE INTERCONEXIÓN.....	32
<i>Medición neta de energía.....</i>	<i>32</i>
<i>Facturación Neta.....</i>	<i>34</i>
<i>Venta total de energía.....</i>	<i>36</i>
<i>Requisitos para contrato de interconexión.....</i>	<i>36</i>

GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA.....	36
<i>Cálculo de radiación.....</i>	37
<i>Elección de tensión de trabajo y tipo de corriente.....</i>	42
<i>Cálculo del acumulador.....</i>	42
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO	43
<i>Evaluación financiera.....</i>	44
METODOLOGÍA.....	47
CAPÍTULO III	48
DESARROLLO DEL PROYECTO	48
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN CUESTIÓN, CIRCUITO DERIVADO	48
SUMINISTRO ELÉCTRICO CONVENCIONAL	51
<i>Cálculo de gasto anual en los próximos 15 años.....</i>	51
SUMINISTRO ELÉCTRICO CON SISTEMA FOTOVOLTAICO	55
<i>Cálculo del generador fotovoltaico.....</i>	56
<i>Cálculo del acumulador.....</i>	58
<i>Propuesta de solicitud de cotización paneles solares, controlador e inversor.....</i>	59
<i>Propuestas fotovoltaicas para 4 casos.....</i>	60
EVALUACIÓN DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO	67
<i>Evaluación financiera.....</i>	67
<i>Evaluación Socioeconómica.....</i>	75
<i>Evaluación ambiental.....</i>	77
CAPÍTULO IV	81
CONCLUSIONES.....	81
¿EN QUÉ CONDICIONES ES RENTABLE LA INVERSIÓN EN UN PROYECTO FOTOVOLTAICO?	81
¿CÓMO SABER SI ESTOY TRATANDO CON UN PROVEEDOR SERIO?	83
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS.....	91

Introducción

En la actualidad, México camina hacia la implementación de fuentes renovables de energía para satisfacer la alta demanda energética de nuestra sociedad moderna.

El Sistema Energético Nacional da servicio a 128 millones de mexicanos que habitan en 2 millones de kilómetros cuadrados, uno de los mayores del mundo en una sola red. La operación del SEN consta de la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica para finalmente ser utilizada por los usuarios finales mediante el uso de su instalación eléctrica.

Las instalaciones eléctricas se emplean para dotar de energía a cualquier tipo de edificaciones y de hacerlas adecuadamente, pueden disminuir las perturbaciones que incrementan los cortes de suministro y variaciones de tensión que dañan los equipos eléctricos.

La energía del sol es el origen de las Energías renovables. La cantidad de energía del Sol que recibe la Tierra en 30 minutos es equivalente a toda la energía eléctrica consumida por la humanidad en un año. En los 40 's surgieron los primeros paneles solares de fabricación mexicana Actualmente, son 5 veces más eficientes que en un principio, más confiables y su manufactura ha disminuido costos económicos y energéticos.

El presente estudio consta en la comparación entre un suministro eléctrico convencional y un suministro eléctrico a través de un sistema fotovoltaico para uso doméstico en La Unión Coyometitlán, Estado de México. Dicha comparación parte del panorama de la generación y el consumo de energía eléctrica en México, así como los compromisos adquiridos con el medio ambiente y concluye con una evaluación financiera, socioeconómica, y ambiental para determinar la factibilidad de invertir en un proyecto fotovoltaico.

CAPÍTULO I

Marco Referencial

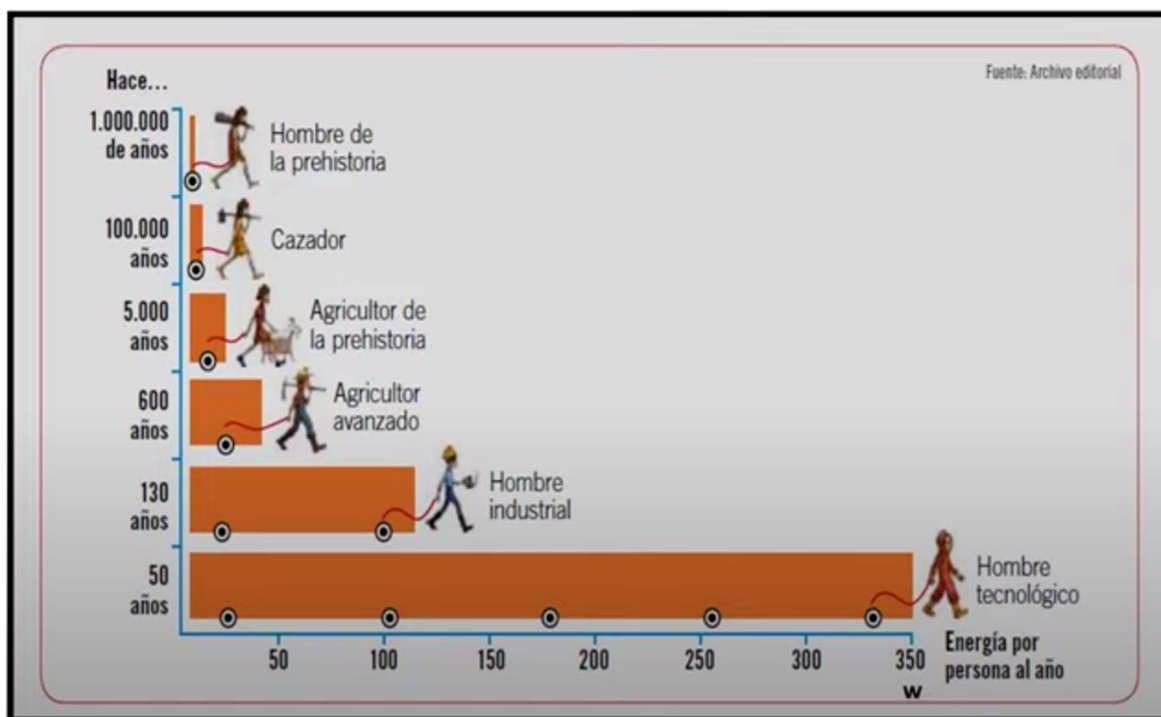
En el presente capítulo se presenta el contexto energético actual en México, presentando al Sistema Energético Nacional con sus funciones comprendidas en la generación, transmisión y distribución de energía. Se pintará un panorama de consumo de energía eléctrica a través de las instalaciones eléctricas y se considerará el sol como una fuente renovable de energía a través de los sistemas fotovoltaicos. Con los antecedentes se establecen los objetivos del presente estudio y el planteamiento del problema.

Justificación

En la actualidad, México camina hacia la implementación de fuentes de energía renovables para satisfacer la alta demanda energética de nuestra sociedad moderna. Esta investigación tuvo como incentivo primero, dotar de energía una residencia de difícil acceso, abriendo pauta para tomar en cuenta las energías alternas y beneficiar su utilización en el territorio nacional. Busca establecer un panorama claro y objetivo de la viabilidad de la Energía fotovoltaica en nuestra vida cotidiana tomando en cuenta el marco social, tecnológico y geográfico de una región en particular. Con este trabajo se pretende incrementar la utilización de las energías renovables de uso doméstico.

Antecedentes

Como se menciona en Perspectiva de la calidad de la energía eléctrica y su importancia en México (Jiménez & Cerero, 2012, pág. 2), una publicación para el CENAM (Centro Nacional de Metrología): la vida cotidiana de las sociedades modernas tiene como uno de sus principales insumos para el sustento la energía eléctrica. Ver Gráfica 1.



Gráfica 1. Uso de la Energía eléctrica en la historia. (Carla Cofré Guerrero [Usuario YouTube], 2020)

Compromisos ambientales de México.

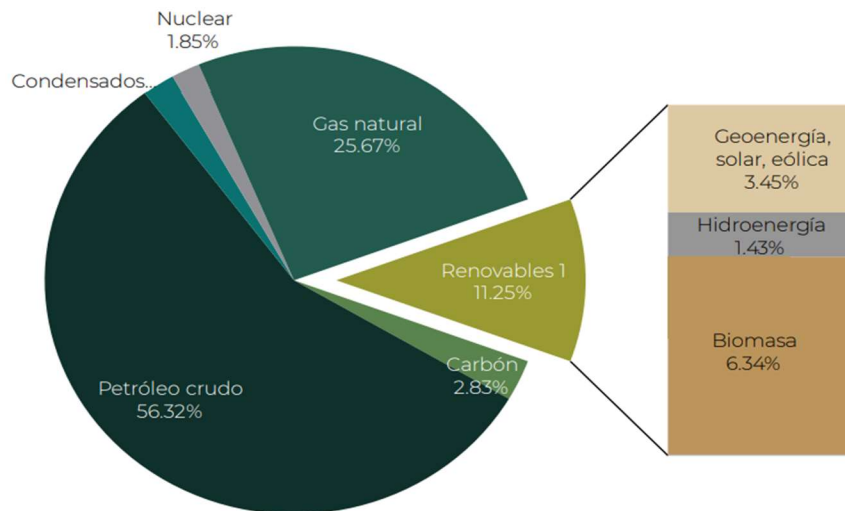
En el Diario Oficial de la Federación, se publicó el Programa Nacional de Modernización Energética 1990-1994, donde se sientan los precedentes para que los usuarios de energía eléctrica opten por el uso de energías alternas (DOF, 1990, pág. ¶ 20).

Según el Informe *del Medio Ambiente en México* publicado por SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) México adquirió en 2015 el compromiso con la ONU de avanzar hacia un desarrollo sostenible con objetivos y metas bien definidas para el 2030, la tercera parte de estos objetivos, tienen una relación directa con el medio ambiente. Entre los principales problemas que enfrenta nuestro país para alcanzar dichas metas están el cambio climático y los problemas de calidad del aire que constituyen la contaminación atmosférica (SEMARNAT, 2016, pág. xix). Ver Figura 1.



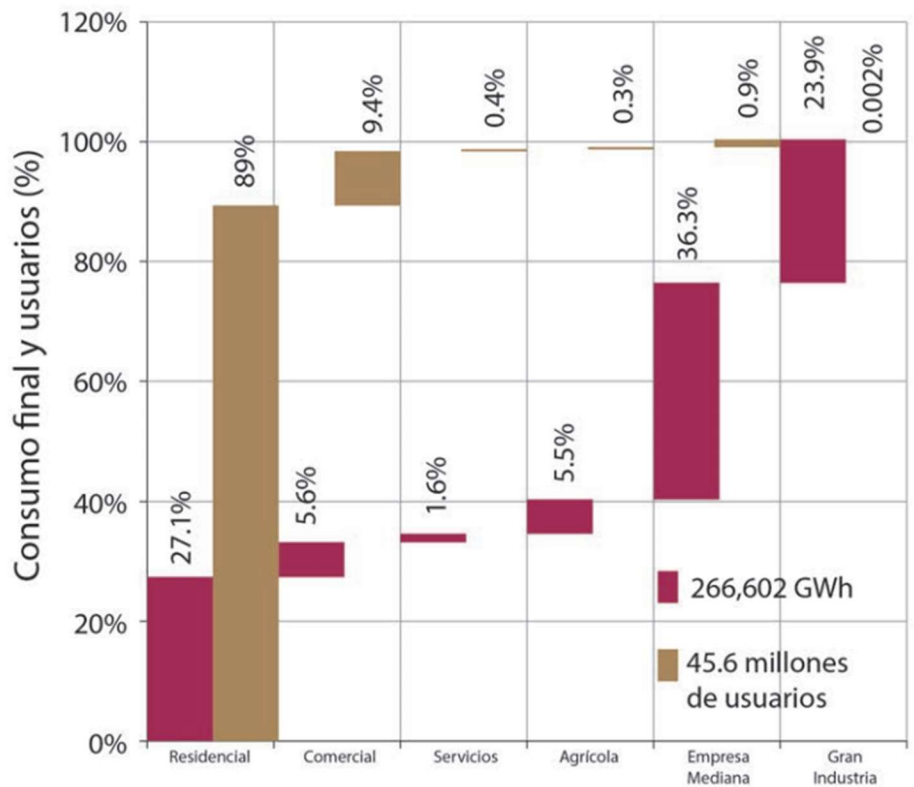
Figura 1. Contaminación atmosférica. (SEMARNAT, 2018)

Según el Balance Nacional de Energía (SENER, 2020, pág. 36), México genera más del 50% de su energía primaria mediante el petróleo crudo. Véase Gráfica 2.



Gráfica 2. Estructura de la producción de energía primaria (petajoules) Tomado de balance energético nacional 2020 (SENER, 2020, pág. 36)

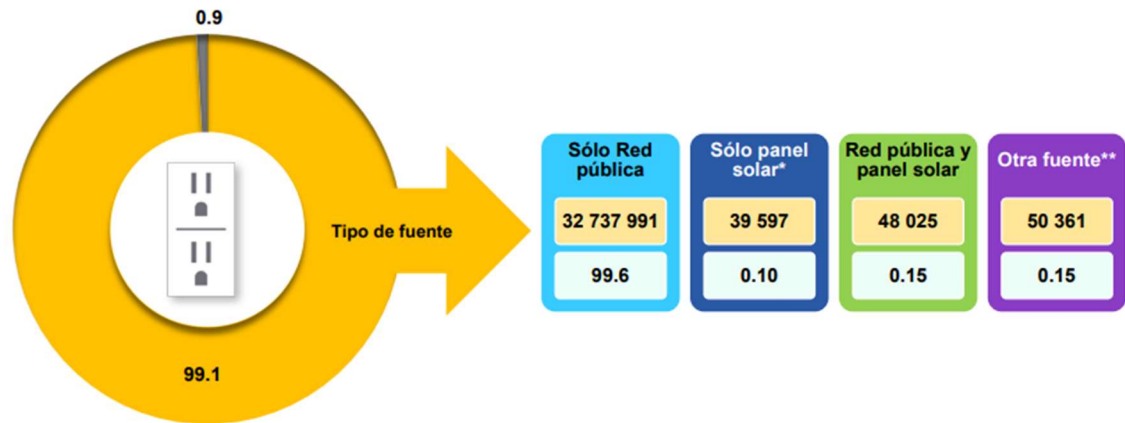
En el PRODESEN (Programa para el Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional) (Gobierno de México, 2020, pág. 40) 2021-2035, se ilustra que la mayor cantidad de usuarios del SEN (Sistema Eléctrico Nacional) son los usuarios residenciales. A pesar de ser la mayor parte de usuarios residenciales, nuestro consumo es menor a la tercera parte del consumo nacional de energía eléctrica. Véase Gráfica 3.



Gráfica 3. Consumo final y número de usuarios por sector del Sistema Energético Nacional. Tomado de Programa para Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2021 (Gobierno de México, 2020, pág. 40)

Reducir la contaminación atmosférica, tarea de todos, (SEMARNAT, 2020, pág. ¶ 7); nos invita a sumarnos a los esfuerzos de reducir la contaminación atmosférica. La Comisión Ambiental de la Megápolis (CAME), sugiere, entre otras medidas, la instalación de paneles solares y sistemas de calentamiento solar de agua.

La Última ENCEVI (Encuesta Nacional sobre consumo de energéticos en Viviendas Particulares) (INEGI, 2018, pág. 8), revela que el 99% de viviendas en México cuentan con suministro de energía eléctrica, se identifica la incursión del 0.25% en fuentes con energía solar, según se muestra en la Gráfica 4.



Gráfica 4. Distribución porcentual de viviendas particulares habitadas por condición de disponibilidad de energía eléctrica, y viviendas habitadas con energía eléctrica y su distribución según tipo de fuente. (INEGI, 2018, pág. 8)

Panorama del Sistema Energético Nacional.

El Sistema Energético Nacional se define en el PRODESEN 2021 como un sistema integrado que da servicio a 128 millones de mexicanos que habitan en 2 millones de kilómetros cuadrados, uno de los mayores del mundo en una sola red. Está conformado por 4 subsistemas separados estratégicamente como se ilustra en la Figura 2 (Gobierno de México, 2020, pág. 7). La demanda en tiempo real del SEN y cada uno de estos subsistemas, puede consultarse en línea.¹

¹ <https://www.cenace.gob.mx/graficademanda.aspx>

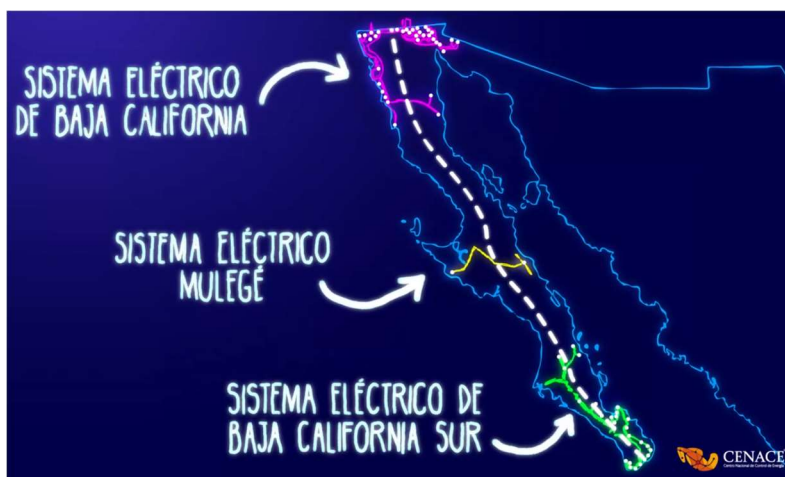


Figura 2. Subsistemas del SEN ubicados en la Península de Baja California. Tomado de ¿Qué es el Sistema Eléctrico Nacional? (Cenace México [Usuario YouTube], 2019)

El Sistema Interconectado se ilustra en la Figura 3.



Figura 3. Sistema Interconectado Nacional. Tomado de ¿Qué es el Sistema Eléctrico Nacional? (Cenace México [Usuario YouTube], 2019)

A su vez, el SEN, está conformado por 9 regiones de control como se ilustra en la Figura 4 (Gobierno de México, 2020, pág. 23). Cuya demanda regional diaria puede consultarse también en línea.²

² <https://www.cenace.gob.mx/paginas/publicas/info/demandaregional.aspx>



Figura 4. Regiones del Sistema Eléctrico Nacional. Tomado de Programa para Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2021 (Gobierno de México, 2020, pág. 23)

La operación del SEN es monitoreada por el CENACE (Centro Nacional de Control de Energía) y consta de la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica para finalmente ser utilizada por los usuarios finales mediante el uso de su instalación eléctrica (CENACE, 2018, pág. ¶ 6).

Instalaciones eléctricas.

Becerril define una instalación eléctrica como el conjunto de estructuras, conductores y accesorios necesarios para conectar una o varias fuentes de energía eléctrica a los receptores (2005, pág. 1).

En la Figura 5 podemos ver una instalación eléctrica en un circuito elemental:

- a. Fuente de energía
- b. Conductores eléctricos (instalación)
- c. Receptor

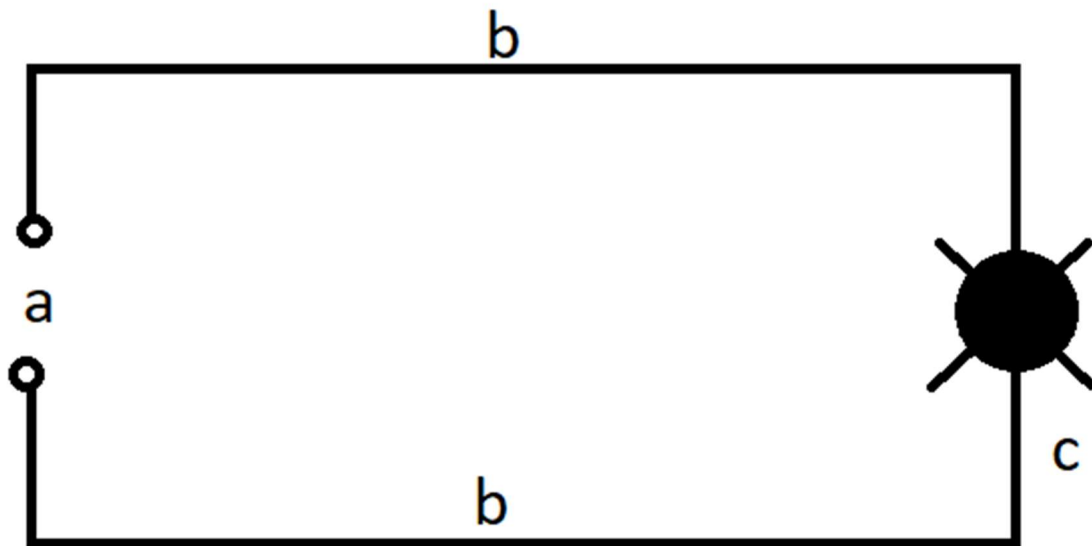


Figura 5. Circuito Elemental. Reproducción virtual. (Becerril L, 2005, pág. 17)

De acuerdo a la página de Proyectos Eléctricos del Futuro S.A. de C.V. (PEF), empresa Guanajuatense de Ingeniería, las instalaciones eléctricas se emplean para dotar de energía a cualquier tipo de edificaciones y de hacerlas adecuadamente, pueden disminuirse las perturbaciones que además de deteriorar los equipos de suministro y consumo eléctrico, incrementan las incidencias en cortes de suministro y variaciones de tensión (Proyectos Eléctricos del Futuro S.A. de C.V., pág. ¶ 7).

Retomando la publicación de Jiménez & Cerero, todas las cargas receptoras afectan en cierto grado la red de distribución introduciendo en ella corrientes armónicas y en ciertas ocasiones, sobrecargando los neutros y las tierras, por ello la importancia de asegurar un adecuado suministro y distribución (2012, pág. 4).

Las instalaciones eléctricas domésticas pueden enmarcarse al término del sistema de suministro. Según la Unidad de Apoyo para el aprendizaje la Facultad de Arquitectura de la UNAM, una acometida es la derivación de cables desde la red de distribución urbana hasta la protección principal, a partir de la cual el usuario utilizará la energía mediante su instalación eléctrica (Martínez, 2018, pág. ¶ 2). Ver Figura 6.

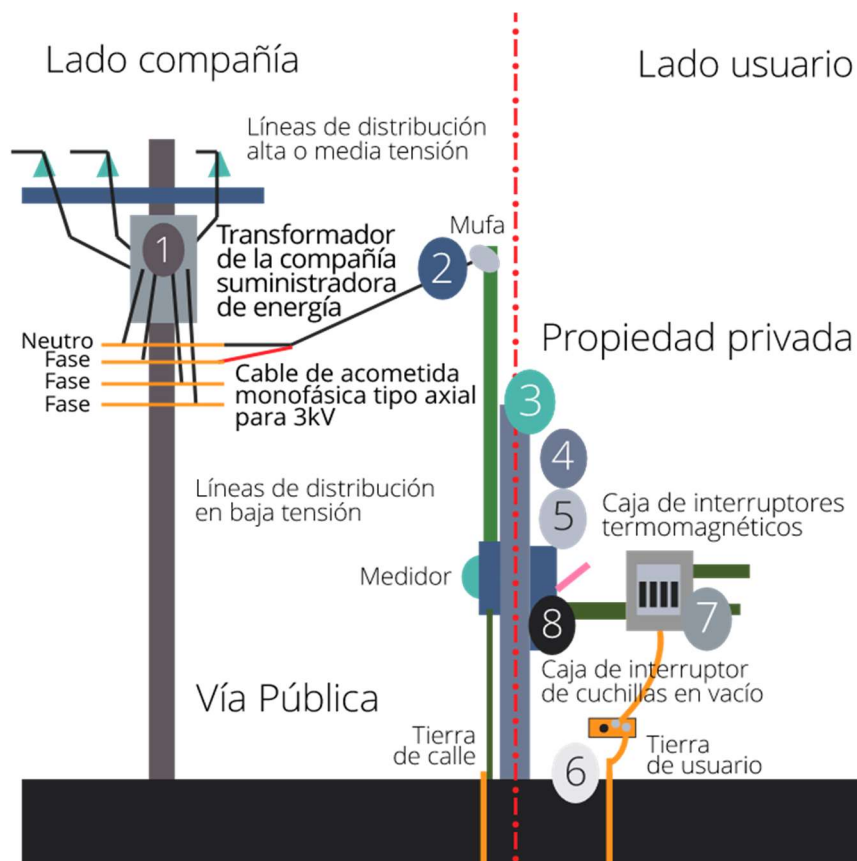


Figura 6. Instalación eléctrica de vía pública a propiedad privada. (Martínez, 2018)

Según Becerril (2005, pág. 9) Los objetivos de cada instalación eléctrica deben ser definidos por los involucrados en el proyecto, sin embargo, podemos enumerar los siguientes:

1. Seguridad
2. Eficiencia
3. Economía
4. Mantenimiento
5. Distribución
6. Accesibilidad

Hay instalaciones eléctricas de varios tipos según el tipo de construcción, materiales, condiciones ambientales y fin de las mismas:

1. Totalmente visibles

2. Visibles entubadas
3. Temporales
4. Provisionales
5. Parcialmente ocultas
6. Ocultas
7. A prueba de explosión (Becerril L, 2005, pág. 9).

A lo largo de este trabajo, las de mayor interés debido a su uso doméstico, son las totalmente visibles, visibles entubadas y totalmente ocultas.

Las instalaciones eléctricas pueden tomar como fuente de energía también las llamadas energías renovables. Las Fuentes renovables de energía (FRE) son definidas por la SEMAEDESO (Secretaría del Medio ambiente, energías y desarrollo sustentable de Oaxaca) como aquellas encontradas en la naturaleza de manera ilimitada, una vez consumidas, pueden regenerarse de manera natural. Además, son recursos abundantes que no producen gases efecto invernadero (Gobierno del Estado de Oaxaca, pág. ¶ 2).

Energía solar.

Según la Secretaría de la Energía (SENER), la energía del sol es el origen de las Energías renovables.” La cantidad de energía del Sol que recibe la Tierra en 30 minutos es equivalente a toda la energía eléctrica consumida por la humanidad en un año.” (2016, pág. ¶ 3). En la Figura 7, la representación gráfica de la radiación solar incidiendo sobre la superficie terrestre.

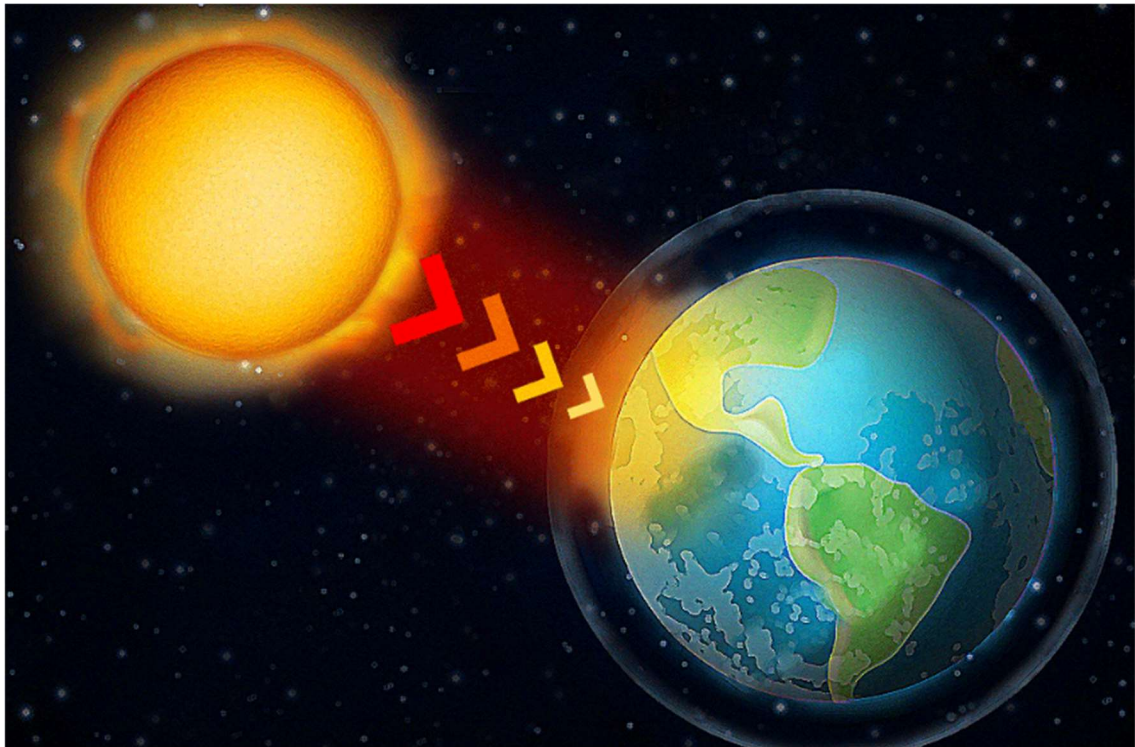


Figura 7. Incidencia de energía solar en la Tierra. Tomado de (Pérez, 2020)

Desde el punto de vista de Eduardo A. Rincón en 30 años de Energía solar en México, gran parte de las energías renovables, son manifestaciones de la energía solar como el viento; producido por la diferencia de temperatura de la superficie terrestre por acción de la radiación solar; la hidráulica, depende del ciclo del agua puesto en marcha por el sol; la biomasa, nutrida de energía solar, entre otras (2006, pág. 17).

También Rincón, en Estado del Arte de la Investigación en Energía Solar en México (1999, pág. 8) comenta: las primeras fuentes de energía utilizadas hace miles de años, fueron las renovables como la biomasa para cocinar y calentarse; la eólica para navegar y moler granos.

Limón, Alejandro en Energía solar en México: su potencial y aprovechamiento, comenta el primer registro de aprovechamiento de la energía solar en la humanidad. Los egipcios en el siglo VI a.C., aprovecharon la energía solar lumínica a través de espejos para

iluminar accesos y pasillos; y la energía térmica con tuberías de agua en las tejas para evitar el enfriamiento de las construcciones durante la noche (2017, pág. ¶ 1).

Las FRE (Fuentes Renovables de Energía), documenta Rincón, perdieron relevancia hacia el siglo XIX con el descubrimiento de grandes yacimientos petroleros que establecieron sistemas de energía altamente centralizados trayendo consigo un patrón de consumo irracional de energía, deterioro ambiental y crecimiento desbordado de las ciudades (1999, pág. 8). Sin embargo, la evolución de la FRE, no se detuvo por completo, se ha caracterizado por periodos de entusiasmo y otros de estancamiento en función de la disponibilidad y costos de combustibles fósiles (1999, pág. 9).

Rincón, registra los primeros colectores solares planos comerciales de fabricación mexicana en los 40 's, con una patente sobre esta tecnología a su fabricante, el Sr. César Orozco Carricarte (2006, pág. 19).

PROMEXICO en La industria solar fotovoltaica y fototérmica en México, hace notar el enorme avance científico de las tecnologías fotovoltaicas. Son 5 veces más eficientes que en un principio, más confiables y su manufactura ha disminuido costos económicos y energéticos tanto que la inversión es recuperable en 2 años y exceden los 20 años de vida útil (2017, pág. 26).

Sistemas fotovoltaicos en la actualidad.

Oscar Perpiñán define un sistema fotovoltaico como el conjunto de componentes eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principal componente de este sistema es el módulo o panel fotovoltaico, compuesto, a su vez, por celdas o células solares capaces de transformar energía lumínica en energía eléctrica de corriente continua (2020, pág. 1).

Perpiñán Clasifica los sistemas fotovoltaicos en 3: conectados a red, autónomos y de bombeo. Podemos identificar la clasificación del sistema fotovoltaico de nuestro interés en la Figura 8. Tomando en cuenta que el presente estudio tiene como objeto una casa de campo.

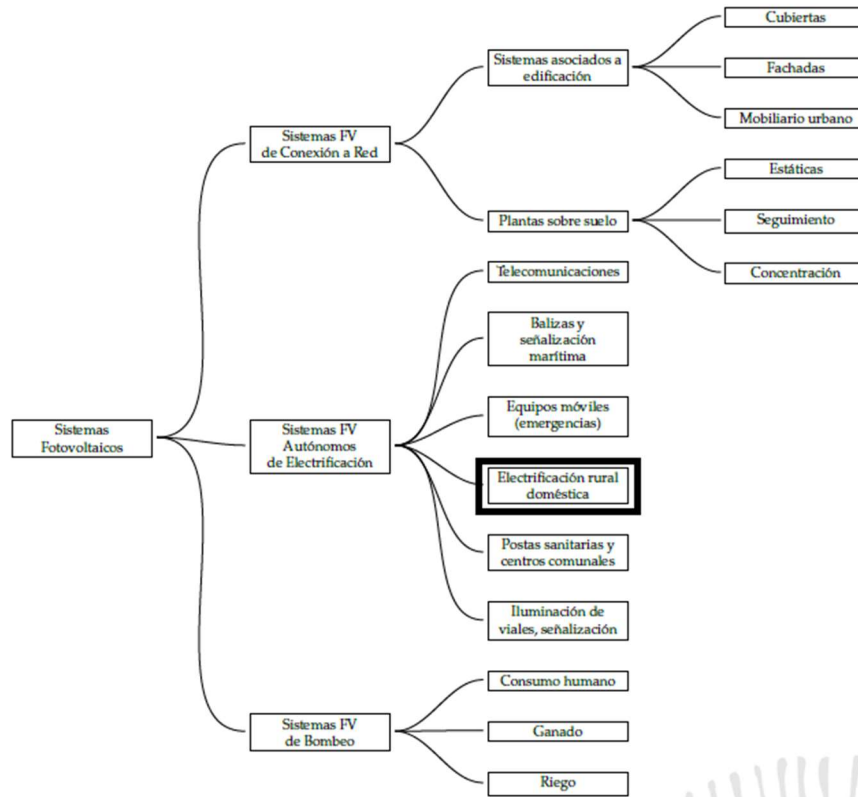


Figura 8. Clasificación de aplicaciones fotovoltaicas. (Pérpiñan, 2020, pág. 2)

La electrificación rural doméstica se comprende en un rango de potencia de 100 a 200 Watts asociados a una vivienda familiar o pequeños centros comunales (Pérpiñan, 2020, pág. 4).

Díaz y Carmona, en Instalaciones Solares fotovoltaicas describen los elementos generales que conforman un sistema fotovoltaico (2018, pág. 12), mismos que se ilustran en el diagrama mostrado en la Figura 9.

- Módulo o panel fotovoltaico. Convierte la energía del sol en energía eléctrica de corriente continua.

- Regulador de carga o Controlador. Une los paneles solares con los elementos de consumo y protege los acumuladores de sobrecargas. Fija el valor de la tensión nominal a la salida en corriente continua.
- Batería. Presente en instalaciones autónomas. Acumula energía y la proporciona durante periodos sin suficiente luminosidad.
- Inversor. Convierte la corriente continua en alterna, igual a la de la red eléctrica. Alimenta las cargas de corriente alterna.

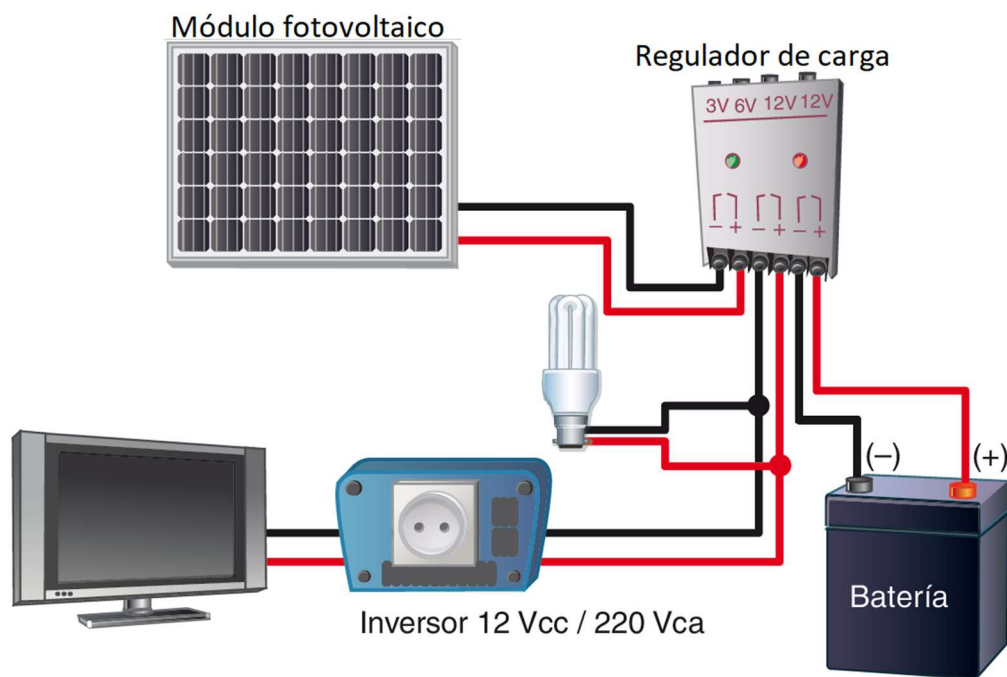


Figura 9. Componentes de un Sistema Fotovoltaico. (Díaz & Carmona, 2018, pág. 12)

Celdas fotovoltaicas.

El MIT, en su Estudio The future of solar energy, identifica la importancia de las celdas fotovoltaicas como tecnología solar, ya que no reducen su eficiencia a menor escala, como los turbogeneradores, 10 metros cuadrados de celda fotovoltaica, son, en teoría, tan eficientes como 10 kilómetros cuadrados (2015, pág. 21).

Díaz y Carmona, señalan las células solares como el generador, la parte más importante de cualquier instalación de energía solar. Convierte en electricidad los fotones

provenientes de la luz del sol a través del efecto fotovoltaico. Se comportan como un componente que conduce corriente eléctrica en un solo sentido gracias a la unión de 2 semiconductores N (donador de electrones) y P (receptor de electrones). La zona N tiene un metalizado con forma de peine para permitir la llegada de la radiación solar al semiconductor. La zona P, está metalizada por completo, no debe recibir luz (2018, pág. 12). En la Figura 10, podemos ver la estructura de la célula solar.

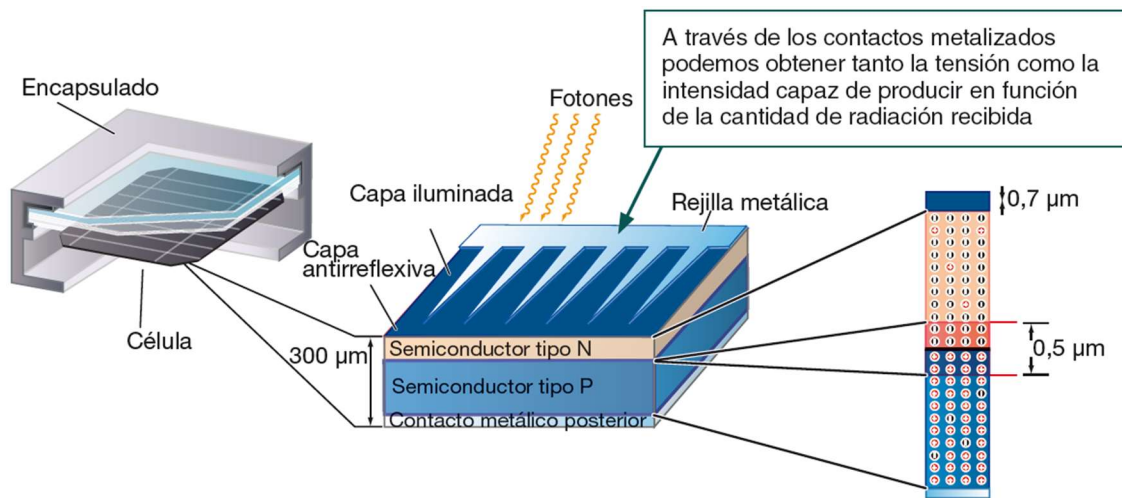


Figura 10. Estructura de la célula solar. (Diaz & Carmona, 2018, pág. 12)

Actualmente los materiales disponibles en el mercado, son silicio monocristalino con un rendimiento del 16% y silicio policristalino con uno de 14%, este último, por lo regular a precios más bajos (Fundación ICAI, 2022, pág. 28).

Paneles fotovoltaicos.

El panel fotovoltaico está definido por Diaz y Carmona (2018, p. 14) como un conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre un soporte con una salida a tensión continua (2018, pág. 14). En la Figura 11, se destacan sus principales características y se muestra un esquema típico de su construcción.

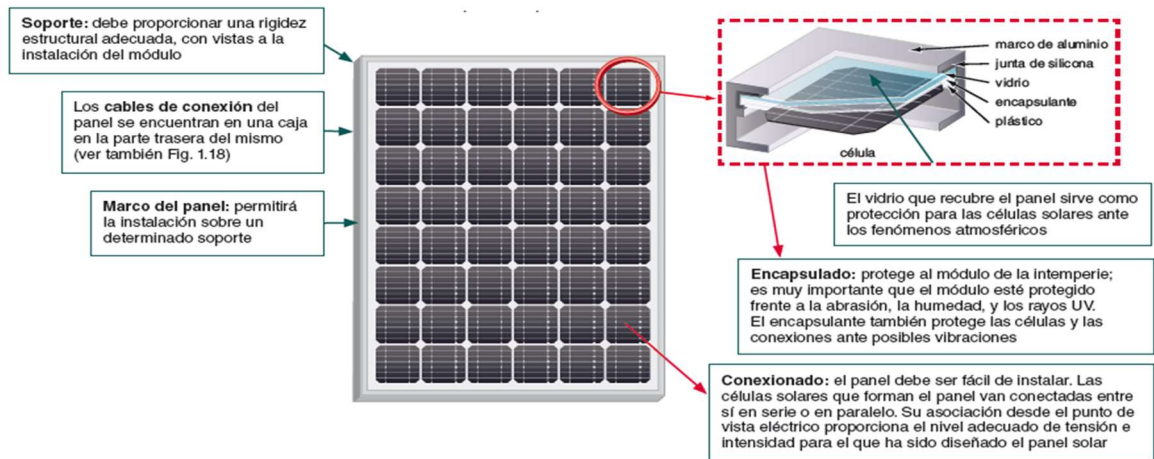


Figura 11. Constitución de un panel solar. (Díaz & Carmona, 2018, pág. 14)

Entre algunas medidas comerciales de paneles fotovoltaicos para uso doméstico, se encuentran 540 Wp y 330 Wp, de modo que es importante hablar de sus características físicas.

Panel 540 Wp características.

En la Tabla 1 se presenta la información técnica de un panel comercial de 540W y en la Figura 12 un diagrama mecánico del panel.

Tabla 1. Información técnica Panel 540 Wp

Información técnica Panel 540 Wp	
Marca:	JA Solar
Modelo:	JAM72S30-545/MR/1500V
Capacidad máxima:	545 Watts
Dimensiones en mm:	2279 x 1134 x 35
Peso en kg:	28.6
Costo medio MXN:	\$8,500.00
Para mantener encendidos 23 focos ahorradores en las mejores condiciones.	

Nota: Información técnica panel 540 Wp. (JA Solar, 2021, pág. 2)

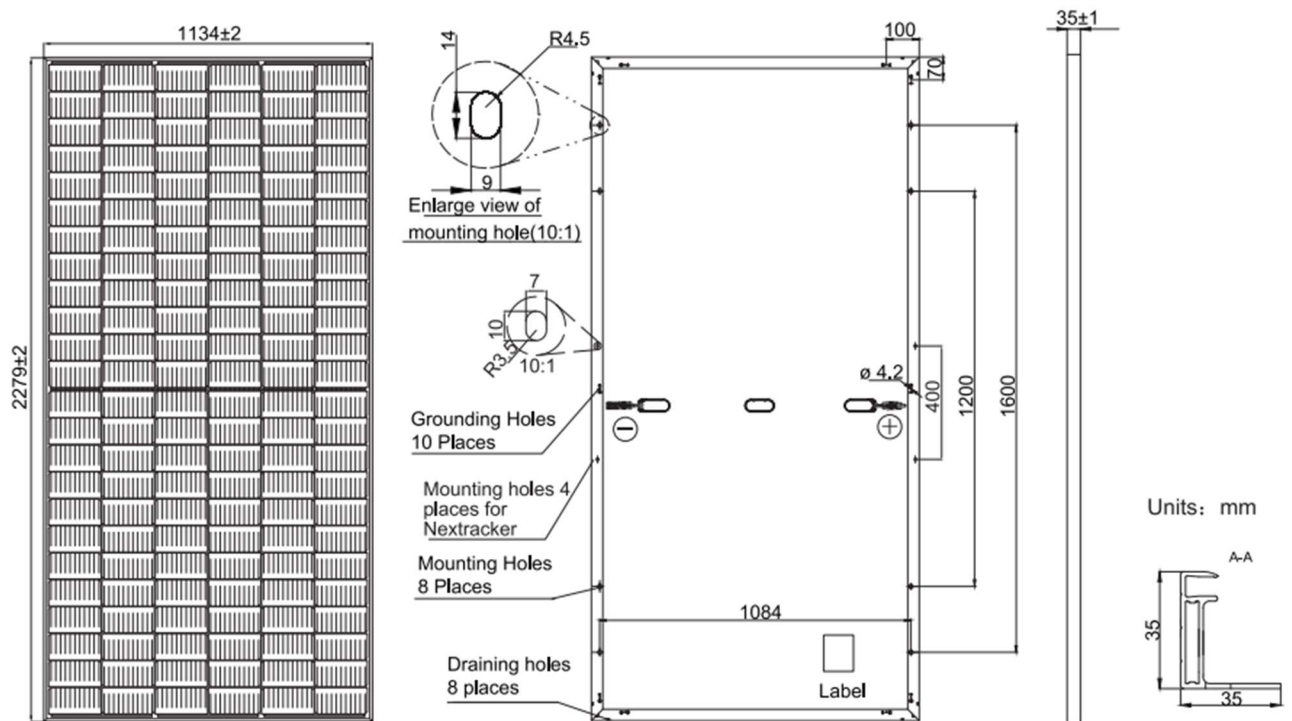


Figura 12. Diagrama mecánico de panel 540 Wp. (JA Solar, 2021, pág. 2)

Panel 330 Wp características.

En la Tabla 2 se presenta la información técnica de un panel comercial de 330W y en la Figura 13 un aproximado del tamaño.

Tabla 2. Información técnica Panel 330 Wp

Información técnica Panel 330 Wp	
Marca:	Canadian Solar
Modelo:	CS6K-330P
Capacidad máxima:	330 Watts
Dimensiones en mm:	150 x 992 x 40/35
Peso en kg:	18.2
Costo medio MXN:	\$3,500.00
Para mantener encendidos 15 focos ahorradores en las mejores condiciones.	

Nota: Información técnica Panel 330 Wp. (Canadian Solar, 2020, pág. 40)

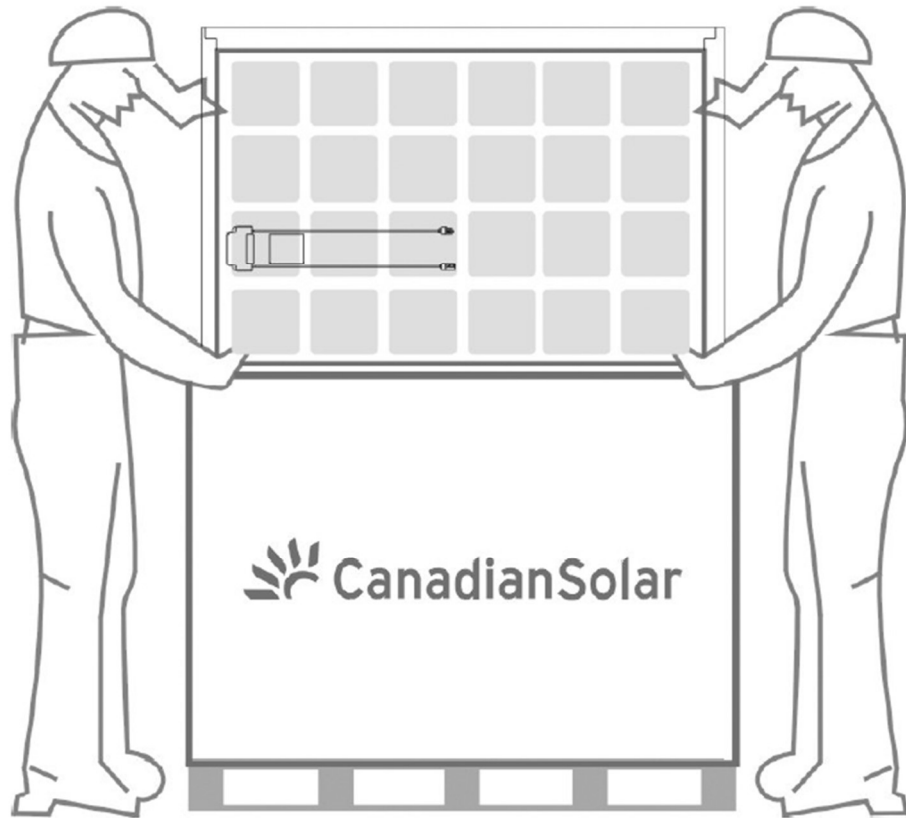


Figura 13. Tamaño aproximado de un panel comercial de 330 Wp. (Canadian Solar, 2020, pág. 5)

Contexto legal en México para la implementación de Fuentes de Energía Renovables.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE), para la utilización de tecnologías limpias en la generación de energía eléctrica ofrece un suministro de interconexión, en el cual se toma en cuenta la energía generada por el usuario para disminuir el pago por el servicio (CFE, Contratación de Suministro para Solicitudes de Interconexión, pág. 2).

Planteamiento del problema.

La Presidencia Municipal de Sultepec, ubica al suroeste del Nevado de Toluca, en las inmediaciones de Sierra Madre del Sur, una serie de pequeños pueblos con densidad menor a 49 hab/km², carreteras rurales y sinuosas (El municipio de Sultepec, s.f., pág. ¶ 3), por tanto, este apacible lugar para vivir, puede significar un problema para el suministro de

energía eléctrica desde la instalación hasta el mantenimiento. Con la intención de reducir los problemas de largas líneas de distribución y amortizar los costos de suministro, se pretende evaluar la implementación de un sistema de celdas fotovoltaicas.

Objetivo general

El presente estudio tiene como objetivo analizar las ventajas y desventajas de una instalación eléctrica con suministro convencional y una con suministro fotovoltaico.

Esto implica una evaluación de viabilidad y factibilidad financiera, socioeconómica, ambiental y técnica de la implementación de un proyecto fotovoltaico. Por esta razón, nos haremos los siguientes cuestionamientos:

- ¿Cuáles son los factores que hacen rentable una inversión en energías alternativas?
- ¿Cuáles son los mayores retos al implementar una instalación de energía eléctrica con celdas fotovoltaicas?
- ¿Cómo es el uso cotidiano de las instalaciones de energía eléctrica con celdas fotovoltaicas y soporte?

Para cumplir el objetivo general del proyecto, se establecieron una serie de pasos que conforman los objetivos específicos y son descritos a continuación:

Objetivos específicos

1. Investigar las instalaciones eléctricas convencionales y la energía solar fotovoltaica.
 - 1.1 Investigar la oferta disponible de instalaciones eléctricas convencionales.
 - 1.2 Investigar la oferta disponible en dispositivos de aprovechamiento de energía solar fotovoltaica.

2. Realizar estudio técnico.
 - 2.1 Levantamiento físico del lugar.
 - 2.2 Balance de carga eléctrico.
3. Realizar evaluación del proyecto fotovoltaico.
 - 3.1 Evaluación financiera
 - 3.2 Evaluación socioeconómica
 - 3.3 Evaluación ambiental
4. Ofrecer una propuesta de inversión de acuerdo a la valuación del proyecto.

CAPÍTULO II

Marco Teórico

En este capítulo se expondrán los criterios de balance de carga eléctrica en circuitos derivados para instalaciones domésticas, así como los parámetros, fórmulas, conceptos e información necesaria para llevar a cabo el desarrollo del estudio y la metodología.

Criterios de cargas en circuitos derivados

Becerril describe como circuito derivado a la parte de la instalación extendida luego del último dispositivo de protección contra sobrecarga de corriente, aquí se alimentan los aparatos receptores (2005, pág. 159).

La carga mínima por metro cuadrado de área de piso para el alumbrado y pequeños aparatos de casas habitación como 30 Watts (Becerril L, 2005, pág. 162) y deben considerarse 180 watts/contacto para hacer el cálculo de cargas (Becerril L, 2005, pág. 24).

Becerril nos indica que, para sistemas monofásicos de 2 hilos, utilizables en carga total instalada no mayor a 4000 Watts, suma de cargas parciales (alumbrado y contactos), no debe considerarse una carga mayor a 1500 Watts (2005, pág. 124).

Utilizando la conversión de unidades convertimos la demanda de kWh/año a Watts y utilizando la ley de ohm, calculamos corriente y potencia según la información de la placa de datos de cada aparato, sabiendo que en un circuito en paralelo todos los voltajes son iguales 127.5V

Tarifa Doméstica CFE

La tarifa doméstica cuenta con un apoyo de subsidio de CFE, siempre y cuando no exceda los límites de consumo según el Esquema tarifario vigente mostrado en la Tabla 3.

Estas tarifas están en función de la temperatura de verano de cada región según esta misma tabla y son designadas por CFE.

Tabla 3. Esquema tarifario vigente CFE 2022

Esquema tarifario vigente 2022 CFE		
Tarifa	Límite de alto consumo kWh/mes	Temperatura mínima °C
1	250	-
1A	300	25
1B	400	28
1C	850	30
1D	1000	31
1E	2000	32
1F	2500	33

Nota: Esquema tarifario vigente CFE 2022. Fuente propia. (CFE, Tarifa DAC) (CFE, Tarifas de la electricidad CFE)

De modo que, a la instalación eléctrica en cuestión, corresponde la Tarifa 01, misma que consultaremos. Nuestra instalación debe tener un consumo mínimo mensual de 25 kWh (CFE, Tarifa 1, pág. ¶ 4) designado por CFE. En la Tabla 4, podemos ver los cargos históricos y los establecidos para este año 2022.

Tabla 4. Cargos por consumo eléctrico históricos y fijados para el 2022 Tarifa Doméstica 1 CFE

Cargos por consumo eléctrico históricos y fijados para el 2022 Tarifa Doméstica 1 CFE			
Mes	Consumo básico \$/kWh	Consumo intermedio \$/kWh	Consumo excedente \$/kWh
enero 2022	0.882	1.073	3.134
febrero 2022	0.887	1.079	3.153
marzo 2022	0.892	1.085	3.172
abril 2022	0.897	1.091	3.191
mayo 2022	0.902	1.097	3.21
junio 2022	0.907	1.104	3.229
julio 2022	0.912	1.111	3.248
agosto 2022	0.917	1.118	3.267

septiembre 2022	0.922	1.125	3.286
octubre 2022	0.927	1.132	3.306
noviembre 2022	0.933	1.139	3.326
diciembre 2022	0.939	1.146	3.346

Nota: Cargo históricos por tarifa doméstica 1 CFE. (CFE, Tarifa 1)

En caso de exceder el límite de alto consumo por un periodo de 12 meses, CFE reclasificará al usuario a la Tarifa Doméstica de Alto consumo (DAC), la cual no cuenta con ni ningún subsidio (CFE, Tarifas domésticas, 2022. Cargos por energía (\$/kWh), pág. ¶ 3). Se presenta la Tabla 5, con la Tarifa DAC 2022.

Tabla 5. Tarifa DAC CFE 2022

Tarifa DAC CFE 2022		
mes	Cargo Fijo \$/mes	Cargo por energía consumida \$/kWh
Enero	126.12	6.279
febrero	127.18	6.225
marzo	127.88	6.79
abril	128.8	6.582
mayo	130.1	6.486
junio	130.88	7.138
julio	132.12	7.426

Nota: Tarifa DAC CFE 2022. (CFE, Tarifa DAC)

Para entender el problema financiero derivado de estar ubicado en Tarifa DAC, presentamos la

Tabla 6. En la cual se presentan un comparativo entre el cargo de recibo mensual CFE con Tarifa doméstica y Tarifa DAC considerando el consumo límite de alto consumo de 250 kWh mensuales.

Tabla 6. Comparativo tarifario CFE 2022

Comparativo tarifario CFE 2022		
mes	Tarifa 1 \$	Tarifa DAC \$
Enero	\$460.00	\$1,695.87
febrero	\$463.00	\$1,683.43
marzo	\$466.00	\$1,825.38
abril	\$468.00	\$1,774.30
mayo	\$471.00	\$1,751.60
junio	\$474.00	\$1,915.38
julio	\$477.00	\$1,988.62

Nota: Comparativo tarifario CFE 2022. Fuente propia. Generado con las tarifas históricas 1 y DAC para el consumo límite de 250 kWh mensuales.

El recibo CFE.

En el recibo mensual o bimestral, podemos identificar nuestra tarifa, consumo del periodo y otra información como puede verse en la Figura 14.

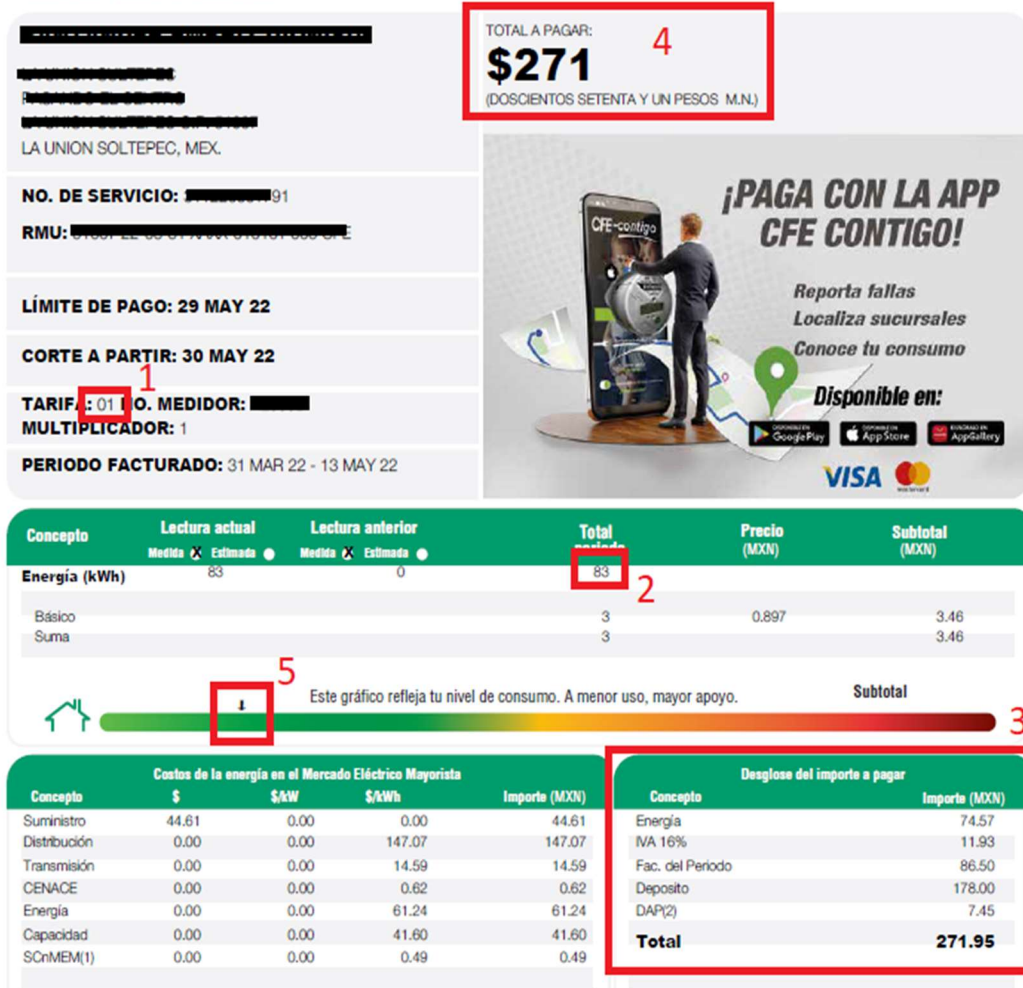


Figura 14. Identificación de las partes del recibo. Fuente: Recibo doméstico CFE

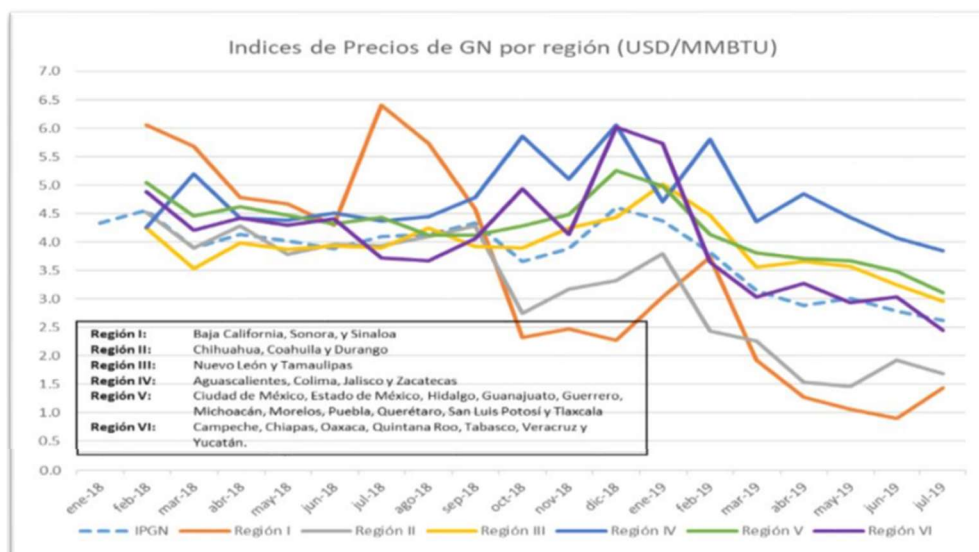
Dónde:

1. Tarifa aplicada a tu recibo según tu región. Es el dato a cotejar con la Tabla 3 (pág. 26) para saber tu límite de alto consumo.
2. Total del periodo. Es tu consumo energético en kWh, debe estar desglosado en Básico, Intermedio, Excedente y Suma (Total).
3. Desglose del importe a pagar, el Derecho a Alumbrado Público (DAP), corresponde al 5% del importe de tu consumo energético mensual, en este caso es DAP (2) por tratarse de un recibo bimestral.

4. Total a pagar.
5. Gráfico de tu nivel de consumo, conforme el usuario se aproxima al color rojo, está más próximo a ser reubicado a la tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC), en caso de no estarlo ya.

Costos de generación eléctrica con fuentes convencionales

Según el Informe Tecnológico del Centro de control de Energía, los costos anuales de generación eléctrica a través de gas natural (fuente más utilizada en 2019 según mismo informe), tiene un rango de 3.5 a 5 USD/MMBTU (CENACE, 2020, pág. 14), lo cual se muestra en la Gráfica 5.



Gráfica 5. Índice de precios de gas natural de la CRE. Fuente: Elaborado por INEEL con información de la CRE. (CENACE, 2020, pág. 14)

La CENACE, ubica el costo promedio de generación en equipos de turbinas de gas en Sinaloa y Baja California en 2 338 316.58 MXN/MW año, esto equivale a 0.267MXN/kWh (2020, pág. 24).

El aviso emitido por el Registro nacional de emisiones el 28/02/2022, informa el Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2021 como 0.423kg CO₂/kWh (RENE, 2021, pág.

¶ 3).

Proyección de cargos por consumo eléctrico

Para realizar la proyección a 5, 10 y 15 años, encontraremos la función lineal de la tendencia para los cargos básicos, intermedios y excedentes. Se consideran estos periodos para un análisis comparativo. La función lineal está dada por la ecuación:

Ecuación 1. Función lineal

$$y = mx + b$$

Dónde:

y= Función lineal del cargo por consumo eléctrico

m= pendiente o tendencia del cargo por consumo eléctrico

x= periodo de evaluación de la función

b= valor inicial del cargo

Primeramente, encontraremos la pendiente para cada una, utilizando la información del presente año con los últimos valores fijados. Para ello utilizaremos la fórmula de pendiente:

Ecuación 2. Pendiente

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Dónde:

y= los valores del cargo (final e inicial).

x= el periodo de evaluación (final e inicial).

Una vez teniendo las 3 fórmulas lineales para los cargos por consumo, calcularemos los cargos básicos, intermedios y excedentes para los siguientes 15 años, luego el total para cada año y el ahorro acumulado.

Requisitos para contratar suministro eléctrico convencional.

CFE establece como requisitos para contratación de suministro eléctrico tener el poste más cercano a no más de 35 metros tratándose de un área urbana o no más de 50 metros tratándose de un área rural del lugar donde se instalará el medidor y contar con la preparación eléctrica terminada conforme a la normatividad vigente (CFE, Contratación para Clientes de Tarifa Doméstica, pág. 2).

Modelos de contrato de interconexión

Para reducir el cargo por consumo eléctrico a través del Sistema Energético Nacional, e incentivar el uso de Fuentes Renovables de Energía, CFE ofrece la opción de generar energía eléctrica por el usuario doméstico a través de la FRE de su preferencia, para aprovechamiento de esto, el usuario debe solicitar un contrato de interconexión con CFE. Existen 3 modelos posibles de contrato para convertirse en un Generador Exento del cargo total por consumo eléctrico:

- Medición Neta de Energía
- Facturación neta de energía
- Venta total de energía

Los cuales son definidos a continuación (CFE, Contratación de Suministro para Solicitudes de Interconexión, pág. 2).

Medición neta de energía.

El cliente consume y genera energía en un mismo contrato de suministro. Esta energía se compensa entre sí y se emite una única facturación. Esta es la opción viable para nuestro estudio, debido a el beneficio directo sobre el consumo del usuario doméstico de la instalación eléctrica.

Como queda establecido en la Resolución de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) el 06/012/2017, la generación para este tipo de contrato, debe ser menor a 500 kW (DOF, 2017, pág. 7). El estudio en cuestión está comprendido en Baja Tensión según la especificación de Tensiones de corriente alterna de CFE (2011, pág. 3), por lo cual la contraprestación de interconexión de calcula como sigue:

“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 energético a favor del Generador Exento, acumulable hasta 12 meses, concluido ese período, el Generador Exento recibirá la liquidación del crédito vencido 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.” (DOF, 2017, pág. 10)

La liquidación del crédito vencido en favor del Generador Exento, será establecida según el Precio Marginal Local, en el nodo³, fecha y hora de facturación, el cual puede consultarse en:

<https://www.cenace.gob.mx/APSIM.aspx>

<https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/Reportes/PreEnerServConMTR.aspx>

³ <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/NodosP.aspx>

Facturación Neta.

La energía consumida que CFE factura al cliente es independiente de la energía que el cliente genera y vende a CFE; es decir, no se compensa. Se debe asociar a un contrato de suministro vigente con CFE Suministrador de Servicios Básicos.

“La contraprestación por facturación neta y venta total de energía se determina de acuerdo con lo siguiente:

Ecuación 3. Facturación Neta

$$CFn = \sum_{h=0}^n (EEGh * PMLh)$$

Donde:

CFn = Contraprestación por la energía eléctrica entregada a las Redes Generales de Distribución en el periodo de facturación n ;

$EEGh$ = Energía eléctrica entregada en la hora h a las Redes Generales de Distribución en el periodo de facturación n ;

$PMLh$ = Precio Marginal Local en la hora h , en el nodo correspondiente al Punto de interconexión de la Central Eléctrica, durante el periodo de facturación n ;

En caso de existir un contrato de suministro eléctrico asociado al mismo Punto de interconexión, el Generador Exento podrá decidir si se emite una factura por separado que ampare la energía entregada a las Redes Generales de Distribución y otra que considere la energía recibida de las Redes Generales de Distribución, o si se realiza una única factura desglosando los saldos a favor y en contra, indicando el balance que habrá de ser liquidado.”

(DOF, 2017, pág. 13)

De la consulta de las bases de datos para el precio Marginal Local, se generó la Tabla 7, en la cual se muestran los precios marginales locales de los primeros 6 meses del 2022, se utilizó este periodo por ser el último en la base de datos.

Tabla 7. Precio Marginal Local Promedio en horas de iluminación para el nodo 01TOL-85

Periodo 2022	Precio Marginal Local promedio en horas de iluminación (7 a 19) \$/MWh
enero 01	855
enero 02	944
feb 01	1036
feb 02	980
mar 01	1012
mar 02	1092
abril 01	1326
abril 02	1446
mayo 01	1540
mayo 02	1582
jun 01	1482
jun 02	1181

Nota: Precio Marginal Local Promedio en horas de iluminación para el nodo 01TOL-85. Fuente propia, (Precios de Energía y Servicios Conexos MTR, s.f.)

Se tomó el promedio de las horas de luz, de 7:00 a 19:00 debido a que es la hora en la cual se genera electricidad con el Sistema Fotovoltaico y para fines prácticos, podemos simplificar los datos, de igual manera, el Precio Marginal Local, es una medida de gran variabilidad y no hay necesidad ni posibilidad de proyectarla para el presente estudio.

Una vez realizado el cálculo de la generación de energía eléctrica con el sistema fotovoltaico, se podrá calcular la facturación en favor del usuario para ese periodo y comparar directamente con el primer semestre del proyecto de inversión en edición neta de energía.

Venta total de energía.

El generador exento vende a CFE toda la energía generada. No existe un contrato de suministro de energía eléctrica del generador con CFE Suministrador de Servicios Básicos. Esta opción queda descartada, pues el estudio comparativo no analiza opciones de inversión, se busca mejorar el panorama del usuario doméstico del Sistema Energético Nacional.

Requisitos para contrato de interconexión.

CFE describe los requisitos para solicitar un contrato de interconexión (CFE, Contratación de Suministro para Solicitudes de Interconexión, pág. 2):

- Formato de solicitud debidamente llenado.
- Croquis de ubicación de la central de generación eléctrica del solicitante.
- Diagrama unifilar de dicha central eléctrica.
- Ficha técnica de la tecnología de generación.
- Ficha técnica y certificado de inversor de corriente.
- Último aviso de recibo (pagos al corriente)

Generación eléctrica fotovoltaica

Según Díaz y Carmona, a partir del consumo estimado de la instalación, podemos calcular la potencia nominal del generador eléctrico, dado por la fórmula (2018, pág. 43):

Ecuación 4. Potencia Nominal del generador fotovoltaico

$$P_{G,nom} = \frac{F_{SG} L_{dm}}{(G_{dm}(\beta)) / I_{STC}}$$

Dónde:

$P_{G,nom}$ = Potencia nominal del generador fotovoltaico

F_{SG} = Factor de seguridad sugerido entre 1.1 y 1.4

L_{dm} = Consumo medio requerido de energía diario en Wh

$G_{dm}(\beta)$ = Radiación global del mes de diseño (se selecciona el peor anual) en

$$\frac{Wh}{m^2 \cdot día}$$

I_{STC} = Irradiancia en condiciones estándares de medida. Su valor es de $1000 \frac{W}{m^2}$

L_{dm} , el consumo medio estimado de energía diario en Wh (Díaz & Carmona, 2018, pág. 42), está dado por la fórmula:

Ecuación 5. Consumo de energía diario

$$L_{dm} = \frac{L_{dc}}{\eta_{inv}}$$

Dónde:

L_{dm} = Consumo medio requerido de energía diario en Wh

L_{dc} = Consumo medio estimado de energía diario en Wh

η_{inv} = Eficiencia del inversor

El dato faltante para calcular la potencia del generador, es la radiación. A continuación, presentamos una manera de llevar a cabo este proceso.

Cálculo de radiación.

El diseño de instalaciones fotovoltaicas debe considerar bases de datos de radiación media mensual según Díaz y Carmona (2018, pág. 35).

Ubicación

Coordenadas: 18.84950559340512, -99.98685926224937

Utilizando esta ubicación se localizó la radiación solar mediante el uso de la página POWER | Data Access Viewer Prediction Of Worldwide Energy Resource⁴



Figura 15. Ubicación geográfica del Municipio de Sultepec. (Presidencia Municipal de Sultepec, s.f.)

Orientación de los paneles solares

El ángulo óptimo de inclinación de los paneles, busca el mayor aprovechamiento de la radiación solar y depende de la ubicación geográfica de la instalación (Díaz & Carmona, 2018, pág. 37). Se calcula con la fórmula:

Ecuación 6. Ángulo de inclinación de los paneles solares

$$\beta = \theta + 10$$

Dónde:

β = Ángulo óptimo de inclinación del panel solar orientado al ecuador

θ = Latitud de la ubicación geográfica del panel

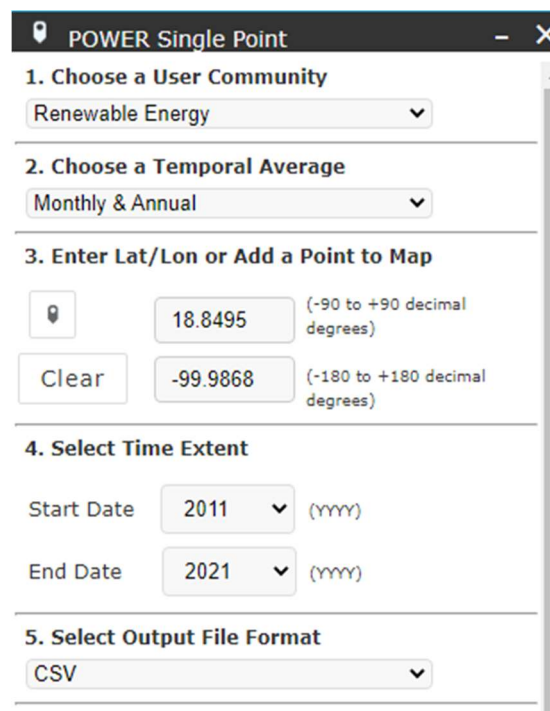
De modo que:

⁴ <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

$$\beta = 18.8495 + 10 = 28.8495$$

Uso de bases de datos

La radiación recibida y aprovechada en un panel solar, llamada radiación global, está compuesta de la radiación incidente sobre superficie horizontal y la radiación difusa (aquella que pasa a través de las nubes) (Diaz & Carmona, 2018, pág. 34). Esta información puede localizarse a través de bases de datos disponibles en la web. Para este estudio, se seleccionó: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> debido a que está actualizada hasta 2021 y arroja un historial completo en CVS, lo cual facilita el manejo de la información. En la Figura 16 y Figura 17, podemos ver la información necesaria para obtener la base de datos de la radiación en la ubicación geográfica de la construcción.



The screenshot shows a web interface titled "POWER Single Point" with five main sections for data selection:

- 1. Choose a User Community:** A dropdown menu set to "Renewable Energy".
- 2. Choose a Temporal Average:** A dropdown menu set to "Monthly & Annual".
- 3. Enter Lat/Lon or Add a Point to Map:** Includes a location pin icon, a "Clear" button, and two input fields. The first field contains "18.8495" with a range of "(-90 to +90 decimal degrees)". The second field contains "-99.9868" with a range of "(-180 to +180 decimal degrees)".
- 4. Select Time Extent:** Includes "Start Date" and "End Date" fields, both set to "2011" and "2021" respectively, with "(YYY)" labels.
- 5. Select Output File Format:** A dropdown menu set to "CSV".

Figura 16. Datos de ubicación geográfica, periodo de tiempo y formato de información. Captura de pantalla de llenado de información en el portal (LaRC NASA, s.f.)

6. Select Parameters (Limit 20 parameters)
The Climatology temporal period has the most parameters.
Double-click folders to expand and show available parameters.

Search Parameters

Parameter Definitions | Methodology

7. Submit and Process

Submit

Figura 17. Selección de parámetros de interés para el cálculo de la radiación global. Captura de pantalla de selección de parámetros en portal (LaRC NASA, s.f.)

Es importante seleccionar en los primeros 2 apartados Renewable Energy y Monthly and Annual, sólo de esta forma, en el apartado 6, se desplegarán los parámetros para Paneles solares. Al cargar esta información con el botón “Submit”, se abrirá directamente una ventana para guardar el documento CSV en nuestro equipo.

En la Figura 18, se pueden ver los parámetros y unidades que serán arrojadas en la base de datos.

-BEGIN HEADER-	
NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Monthly and Annual	
Dates (month/day/year): 01/01/2011 through 12/31/2021	
Location: Latitude 18.8495 Longitude -99.9791	
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 1916.04 meters	
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999	
Parameter(s):	
WS2M	MERRA-2 Wind Speed at 2 Meters (m/s)
ALLSKY_KT	CERES SYN1deg All Sky Insolation Clearness Index (dimensionless)
CLOUD_AMT	CERES SYN1deg Cloud Amount (%)
CLRSKY_KT	CERES SYN1deg Clear Sky Insolation Clearness Index (dimensionless)
TOA_SW_DWN	CERES SYN1deg Top-Of-Atmosphere Shortwave Downward Irradiance (kW-hr/m ² /day)
ALLSKY_SFC_UVA	CERES SYN1deg All Sky Surface UVA Irradiance (W/m ²)
ALLSKY_SFC_UVB	CERES SYN1deg All Sky Surface UVB Irradiance (W/m ²)
ALLSKY_SRF_ALB	CERES SYN1deg All Sky Surface Albedo (dimensionless)
ALLSKY_SFC_SW_DNI	CERES SYN1deg All Sky Surface Shortwave Downward Direct Normal Irradiance (kW-hr/m ² /day)
ALLSKY_SFC_SW_DWN	CERES SYN1deg All Sky Surface Shortwave Downward Irradiance (kW-hr/m ² /day)
CLRSKY_SFC_SW_DWN	CERES SYN1deg Clear Sky Surface Shortwave Downward Irradiance (kW-hr/m ² /day)
ALLSKY_SFC_PAR_TOT	CERES SYN1deg All Sky Surface PAR Total (W/m ²)
ALLSKY_SFC_SW_DIFF	CERES SYN1deg All Sky Surface Shortwave Diffuse Irradiance (kW-hr/m ² /day)
CLRSKY_SFC_PAR_TOT	CERES SYN1deg Clear Sky Surface PAR Total (W/m ²)
ALLSKY_SFC_UV_INDEX	CERES SYN1deg All Sky Surface UV Index (dimensionless)
-END HEADER-	

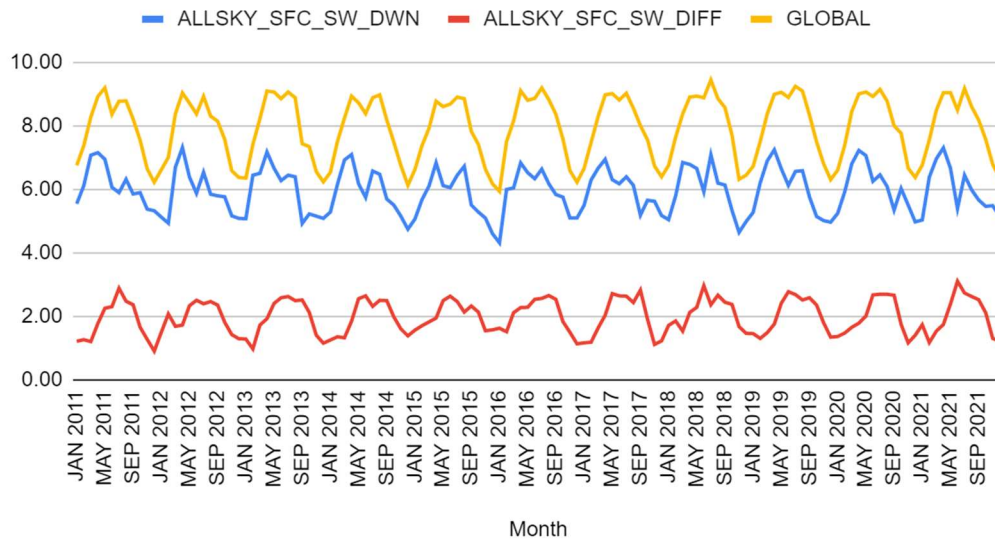
Figura 18. Documentos CVS con datos de radiación. (LaRC NASA, s.f.)

Es importante identificar los únicos parámetros de interés para nuestro estudio:

- ALLSKY_SFC_SW_DWN: CERES SYN1deg All Sky Surface Shortwave Downward Irradiance (kW-hr/m²/day)
- ALLSKY_SFC_SW_DIFF: CERES SYN1deg All Sky Surface Shortwave Diffuse Irradiance (kW-hr/m²/day)

y proceder a filtrarlos, al realizar la suma, obtendremos la radiación global, de interés al momento de calcular nuestro Sistema Solar Fotovoltaico. En la Gráfica 6 podemos ver las radiaciones globales de los últimos 10 años tomando los 2 parámetros antes mencionados, los cuáles también son visibles en la misma gráfica.

Radiación Global en la Unión Coyometitlán, Edo. de México



Gráfica 6. Radiación Global como resultado de la suma de radiación incidente sobre plano horizontal y radiación difusa. Generado a través de base de datos (LaRC NASA, s.f.)

En el histórico de los últimos 10 años (2011-2021) la radiación global más baja ha sido en enero del 2016 y fue de 5.93 kWh/m²*día. Es el valor que debe ser tomado en cuenta para el cálculo del sistema fotovoltaico (Diaz & Carmona, 2018, pág. 37).

Elección de tensión de trabajo y tipo de corriente.

Al tratarse de una instalación doméstica de más de 3000 Watts, debe considerarse trabajar a 120V y corriente alterna, por lo cual deben hacerse las cuentas en función de la eficiencia del inversor (Diaz & Carmona, 2018, pág. 59).

Cálculo del acumulador.

En caso de requerir una Instalación eléctrica autónoma, es necesario un banco de baterías llamado acumulador (Diaz & Carmona, 2018, pág. 44) ,el cual se calcula con la fórmula:

Ecuación 7. Cálculo del acumulador

$$C_{B,nominal} = \frac{L_{dm} F_{SB}}{PD_{max} V_{dc}}$$

Dónde:

$C_{B,nominal}$ = Capacidad del acumulador en Amperes*hora (Ah)

L_{dm} = Consumo medio requerido de energía diario en Wh

F_{SB} = días de autonomía

PD_{max} = profundidad máxima de descarga (0.8).

V_{dc} = Voltaje de operación de las baterías en Volts DC

El factor de seguridad del acumulador es definido por Díaz y Carmona como el cociente entre la energía almacenada y la energía demandada. Es un valor de 3 a 8 en función del factor geográfico y el uso de la instalación. El factor de seguridad del acumulador equivale al número de días en que la instalación puede ser autónoma. Tomando en cuenta que el poblado está a menos de 3 horas de suministros eléctricos y no hay ningún equipo crítico, por lo tanto, podemos permanecer hasta 3 días en estado de autonomía (Díaz & Carmona, 2018, pág. 44).

Parámetros de evaluación del proyecto fotovoltaico

Según Murcia, y otros, para que un proyecto pueda y deba llevarse a cabo, debe ser viable y factible (2009, pág. XXII).

Se define la viabilidad como la existencia de los medios para llevar a cabo el proyecto, estos medios se pueden resumir en el mercado, la tecnología actual, recursos financieros y las condiciones legales (Murcia, y otros, 2009, pág. XXII). Dicha viabilidad puede corroborarse en el presente trabajo en el apartado Sistemas fotovoltaicos en la actualidad.

La factibilidad, por otro lado, se trata de las bondades que pueda ofrecer el proyecto al llevarse a cabo (Murcia, y otros, 2009, pág. XXIII). Los aspectos más importantes para conocer la factibilidad de un proyecto son:

- Evaluación financiera
- Evaluación socioeconómica
- Evaluación ambiental

En el siguiente capítulo, se realizarán dichas evaluaciones.

Evaluación financiera.

Consiste en determinar la rentabilidad comercial para conocer si el inversionista obtendrá ganancias de este proyecto, para esto, debe elegirse al menos una herramienta de evaluación financiera, para el presente estudio se seleccionó el Valor Presente Neto y las Utilidades, puesto que se acoplan a nuestro proyecto que es de ahorro de energía. Otras herramientas se enfocan en volúmenes de producción (Murcia, y otros, 2009, pág. 300).

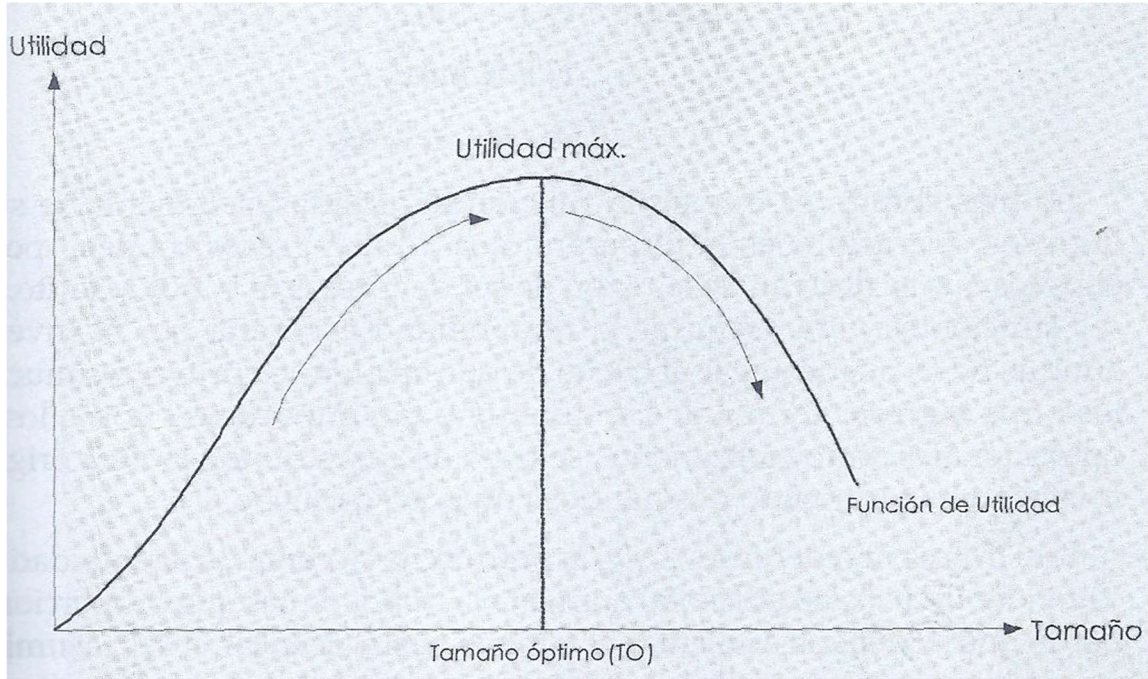
Para el uso de nuestras herramientas de evaluación financiera, es necesario calcular el Flujo Neto de Caja y establecer el horizonte del proyecto. El flujo neto de caja es la cantidad monetaria resultante de considerar los ingresos y egresos del proyecto en cada año según el horizonte (Murcia, y otros, 2009, pág. 287). Para calcular el de cada año, se requiere la inversión inicial, y esta es considerada egreso en el año cero, así como el ahorro, considerado un ingreso desde el año 0 hasta el horizonte. El Flujo neto de caja está dado por la fórmula:

Ecuación 8. Flujo Neto de Caja

$$FNC = \text{Ingresos del periodo} - \text{Egresos del periodo}$$

Cálculo de utilidades.

Como mencionan Murcia, y otros, el tamaño óptimo de la inversión, se da cuando la curva de la utilidad es máxima y comienza a decrecer (2009, pág. 221). Véase Gráfica 7.



Gráfica 7. Tamaño óptimo de un proyecto de inversión. (Murcia, y otros, 2009, pág. 221)

Murcia, y otros, nos proporcionan la fórmula de la utilidad (2009, pág. 270):

Ecuación 9. Utilidad

$$Utilidad = \$ \text{ de venta} - \$ \text{ de costo}$$

Cálculo del Valor Presente Neto.

El Valor Presente Neto VPN es definido Murcia, y otros, como el valor monetario del proyecto al día de hoy (2009, pág. 303), dado por la fórmula:

Ecuación 10. Valor Presente Neto

$$VPN = \sum_{j=0}^n \left(\frac{FNC_j}{(1 + T_{CO})^j} \right)$$

Dónde:

VPN = Valor Presente neto

Σ = Sumatoria desde $j=0$ hasta $j=n$, siendo n el horizonte del proyecto

FNC_j = Flujo neto de caja del periodo correspondiente

T_{CO} = Tasa costo de oportunidad

Para esto, requerimos la TCO (Murcia, y otros, 2009, pág. 301), dada por la fórmula:

Ecuación 11. Tasa costo de oportunidad

$$T_{CO} = \left(\frac{CO}{I} \right) \cdot 100\%$$

Dónde:

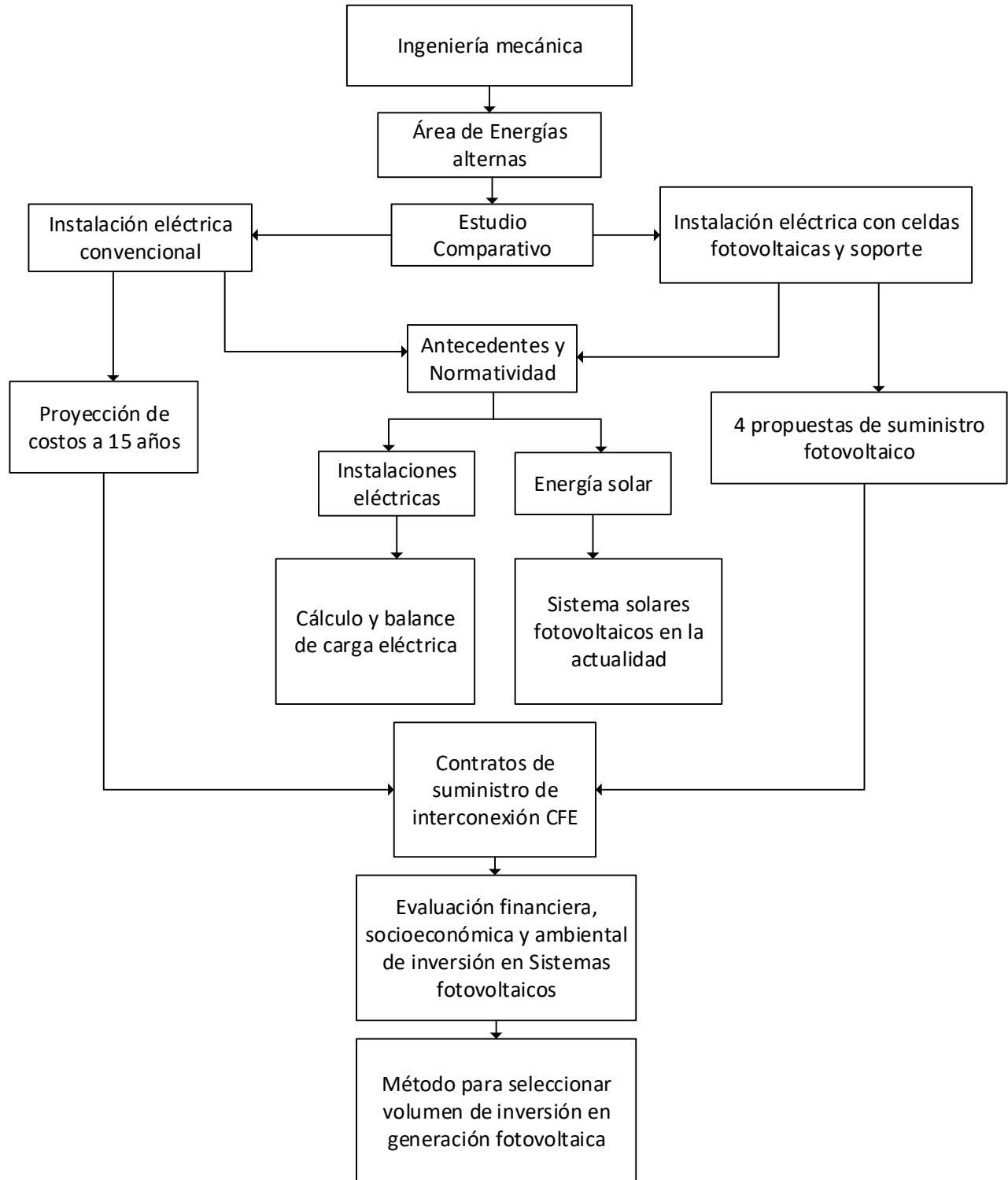
T_{CO} = Tasa costo de oportunidad.

CO = Costo de oportunidad.

I = Inversión.

Metodología.

Este estudio se realiza en un enfoque cuantitativo y cualitativo a nivel documental y de campo como se muestra a continuación:



CAPÍTULO III

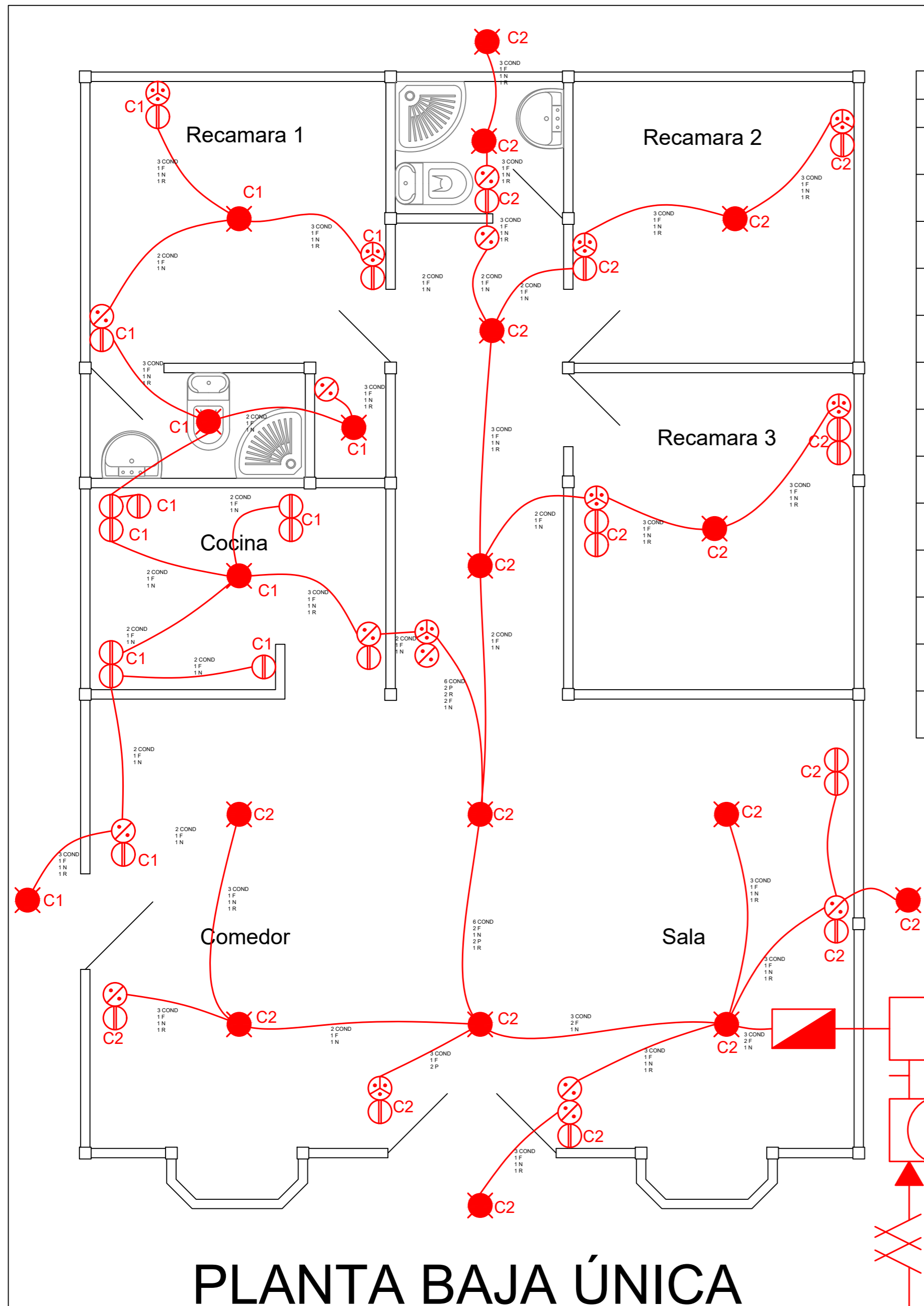
Desarrollo del proyecto

En este capítulo, se presentará un panorama general del suministro eléctrico convencional de la instalación eléctrica en la cuál va a estudiarse el proyecto fotovoltaico para luego proceder a la evaluación de dicho proyecto con las herramientas necesarias para conocer su factibilidad financiera, socioeconómica y ambiental.

Instalación eléctrica en cuestión, circuito derivado

Tomando el apartado Cálculo de carga en circuitos derivados como fundamentos, presentamos el perfil del circuito derivado en cuestión. En la Figura 19, puede apreciarse el plano de la instalación.

Cálculo de la superficie de la vivienda: $10\text{m} \times 14\text{m} = 140\text{m}^2$

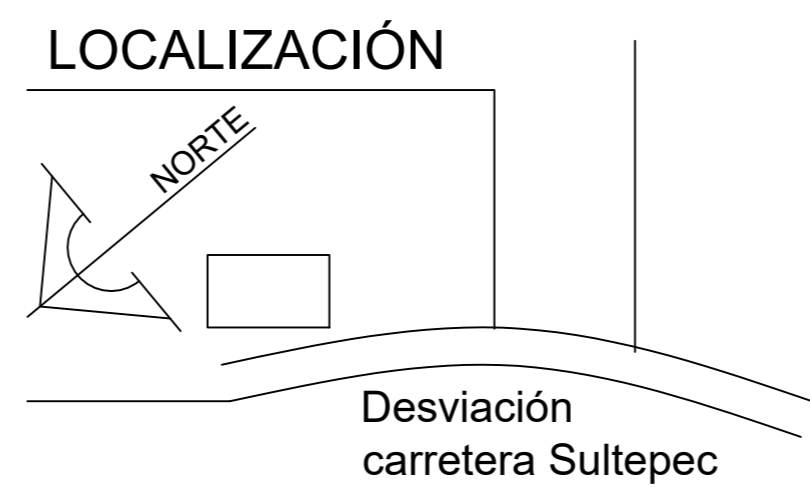


PLANTA BAJA ÚNICA

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	ACOMETIDA
	MEDIDOR
	INTERRUPTOR DE SEGURIDAD
	CENTRO DE CARGA
	LUMINARIA
	CONTACTO SENCILLO EN MURO
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DE 3 VÍAS
	LÍNEA POR MUROS Y LOZAS
F	HILO DE FASE
N	HILO NEUTRO
R	HILO DE RETORNO
P	HILO DE PUENTE

TABLA DE MATERIALES	
ITEM	CANTIDAD
TUBO CONDUIT FLEXIBLE 19 MM	100 M
CAJAS DE CONEXIÓN 19 MM CON TAPA	19
CAJAS DE CONEXIÓN TIPO CHALUPA	23
CABLE THW CAL12	300 M
CABLE THW CAL 14	200 M

CUADRO DE CARGAS			
CIRCUITO NO.			TOTAL
	15 W	180 W	WATTS
C1	5	13	2415
C2	14	13	2550
CARGA TOTAL INSTALADA		5965 WATTS	
FACTOR DEMANDA APROX		0.9600	
DEMANDA MAXIMA APROX		5703 WATTS	



INSTALACIÓN ELÉCTRICA CASA HABITACIÓN			
	PROPIETARIO: DIONISIA SANTANDER HERNANDEZ		UBICACIÓN: 18.8495, -99.9869
	No. Dibujo	Dibujo 1	Escala N/A
	Autor	Edit Embriz Mendoza	Fecha

Figura 19. Plano del circuito derivado. Elaborado para el presente estudio mediante el levantamiento eléctrico.

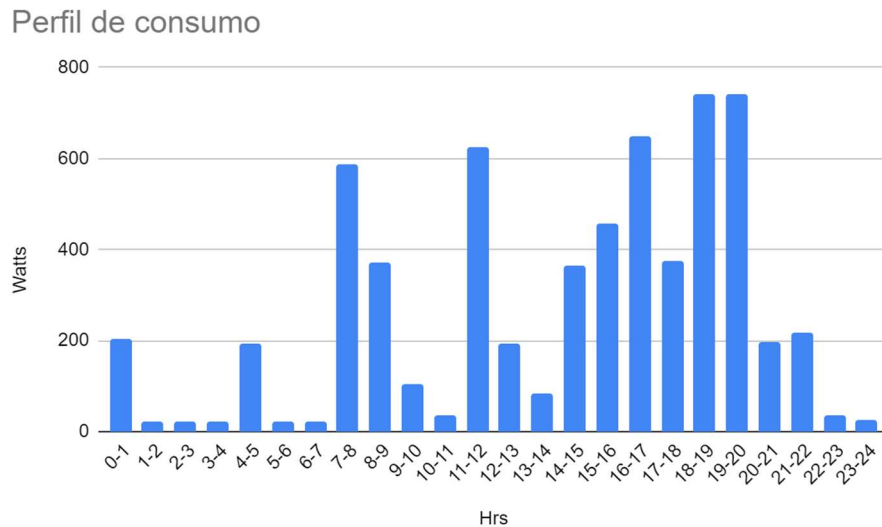
El cuadro de cargas considerando los equipos se presenta en la Tabla 8:

Tabla 8. Cuadro de cargas considerando los equipos

Equipo	Consumo Unitario Watts	Consumo Amperes	Cant	Total Watts	Horas /día	Total Watts*h diarios	Circuito	Total kW*h mensuales
Refrigerador	340	2.67	1	340	3	1020	C1	30.6
Lavadora	750	5.88	1	750	1	750	C2	22.5
PC	350	2.75	1	350	4	1400	C3	42
TV	160	1.25	1	160	4	640	C2	19.2
Cafetera	1025	8.04	1	1025	0.4	410	C1	12.3
Luminarias	15	0.12	20	300	5	1500	C1/C2	45
Microondas	1050	8.24	1	1050	0.03	31.5	C1	0.945
Bomba de agua	250	1.96	1	250	0.2	50	C2	1.5
Licuada	600	4.71	1	600	0.2	120	C1	3.6
Lámparas de emergencia	11	0.1	2	22	24	528	C1/C2	15.84
Multi contacto cargador	10	0.1	5	50	2	100	C1/C2	3
Aspiradora	450	3.53	1	450	0.2	90	C1/C2	2.7
Batidora	200	1.57	1	200	0.1	20	C1	0.6
Secadora	600	4.71	1	600	1	600	C2	18
Hidro lavadora	406	3.18	1	406	0.2	81.2	C2	2.436
Extractor	150	1.18	1	150	0.03	4.5	C1	0.135
Freidora de aire	1350	10.59	1	1350	0.2	270	C1	8.1
Hervidor de agua	1000	7.84	1	1000	0.5	500	C1	15
				6703		8115.2		243.456

Nota: Cuadro de cargas considerando los equipos. Donde se muestran todas las cargas de la instalación eléctrica y se calcula el consumo de energía diario, y mensual. Generado con análisis.

Así mismo, proporcionamos la Gráfica 8, donde se muestra el perfil de consumo.



Gráfica 8. Perfil de consumo. Generado a través de datos de consumo del usuario.

Suministro eléctrico convencional

El suministro eléctrico es un bien indispensable para el hombre moderno. En este apartado se mostrará el gasto que implica cubrir esta necesidad.

Cálculo de gasto anual en los próximos 15 años.

Redondeando el gasto energético mensual a 244 kWh, y con la información de nuestra región, localizamos nuestra tarifa como tarifa doméstica 01 según la Tabla 3 (pág. 26).

En la Tabla 9, podemos ver los cargos históricos y los establecidos para este año 2022.

Tabla 9. Cargos históricos por tarifa doméstica 01 CFE

Cargos por consumo eléctrico históricos y fijados para el 2022 Tarifa Doméstica 01 CFE			
Mes	Consumo básico \$/kWh	Consumo intermedio \$/kWh	Consumo excedente \$/kWh
enero 2022	0.882	1.073	3.134
febrero 2022	0.887	1.079	3.153
marzo 2022	0.892	1.085	3.172
abril 2022	0.897	1.091	3.191
mayo 2022	0.902	1.097	3.21
junio 2022	0.907	1.104	3.229
julio 2022	0.912	1.111	3.248
agosto 2022	0.917	1.118	3.267
septiembre 2022	0.922	1.125	3.286
octubre 2022	0.927	1.132	3.306
noviembre 2022	0.933	1.139	3.326
diciembre 2022	0.939	1.146	3.346

Nota: Cargos históricos por tarifa doméstica 01 CFE. Generado a través de información de la página oficial <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Tarifas/TarifaDAC.aspx>

Para realizar la proyección a 5, 10 y 15 años, encontraremos la función lineal de la tendencia para los cargos básicos, intermedios y excedentes. Se consideran estos periodos para un análisis comparativo.

Primeramente, encontraremos la pendiente para cada una, utilizando la información del presente año con los últimos valores fijados, los cuales se presentan en la Tabla 10.

Una vez teniendo las 3 pendientes para las funciones lineales de los cargos básico, intermedio y excedente, calcularemos los cargos para los siguientes 15 años, luego el total para cada año y el ahorro acumulado.

Tabla 10. Pendiente de la tendencia para cargos por consumo

Pendiente de la tendencia para cargos por consumo		
m básico	m intermedio	m excedente
0.005	0.006	0.019
0.005	0.006	0.019
0.005	0.006	0.019
0.005	0.006	0.019
0.005	0.007	0.019
0.005	0.007	0.019
0.005	0.007	0.019
0.005	0.007	0.019
0.005	0.007	0.02
0.006	0.007	0.02
0.006	0.007	0.02

Nota: Pendiente de la tendencia para cargos por consumo. Cálculo de pendiente para obtener la ecuación lineal con la cual se definirán los cargos mensuales de los próximos 15 años. Fuente propia. Generado con la Ecuación 2. Véase página 31.

Teniendo la pendiente y el dato de consumo inicial (diciembre 2022) comenzamos a proyectar los cargos básicos, intermedios y excedentes para el periodo comprendido entre 2022 y 2037 presentados en la Tabla 11.

Tabla 11. Cargos por consumo eléctrico proyectados hasta el 2037 Tarifa Doméstica 1 CFE

Cargos por consumo eléctrico proyectados hasta el 2037 Tarifa Doméstica 1 CFE			
Año	Consumo básico \$/kWh	Consumo intermedio \$/kWh	Consumo excedente \$/kWh
2023	1.05	1.2755	3.716
2024	1.122	1.3595	3.956
2025	1.194	1.4435	4.196
2026	1.266	1.5275	4.436
2027	1.338	1.6115	4.676
2028	1.41	1.6955	4.916
2029	1.482	1.7795	5.156

2030	1.554	1.8635	5.396
2031	1.626	1.9475	5.636
2032	1.698	2.0315	5.876
2033	1.77	2.1155	6.116
2034	1.842	2.1995	6.356
2035	1.914	2.2835	6.596
2036	1.986	2.3675	6.836
2037	2.058	2.4515	7.076

Nota: Cargos por consumo eléctrico proyectados hasta el 2037 Tarifa Doméstica 1 CFE. Proyección de cargos por consumo eléctrico para tarifa doméstica 1 CFE, obtenida con la información tarifaria del presente año y la fórmula de ecuación lineal básica. Véase Ecuación 1 en página 31.

Posteriormente, conociendo el gasto energético mensual de 243.46 kWh mensuales, la proyección de cargos por consumo eléctrico (Véase Tabla 11 en pág. 53) y la Tabla 12, de cargos diferidos de consumo, podemos proyectar el total de gasto por consumo eléctrico.

Tabla 12. Cargos diferidos de consumo

Consumo básico	por cada uno de los primeros 75 (setenta y cinco) kilowatts-hora.
Consumo intermedio	por cada uno de los siguientes 65 (sesenta y cinco) kilowatt-hora.
Consumo excedente	por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.

Nota: Cargos diferidos de consumo. Obtenido de <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Tarifas/Tarifa1.aspx>

En la

Tabla 13, vemos el gasto proyectado por consumo eléctrico anual y acumulado para los próximos 15 años según la Tarifa Doméstica 01 con cargos diferidos por consumo.

Tabla 13. Cargos por consumo eléctrico proyectados hasta el 2037 Tarifa Doméstica 1 CFE

Cargos por consumo eléctrico proyectados hasta el 2037 Tarifa Doméstica 1 CFE					
Año	Consumo básico \$	Consumo intermedio \$	Consumo excedente \$	Total Suministro convencional MXN	Total acumulado MXN
2023	\$945.00	\$994.89	\$4,613.31	\$7,929.00	\$7,929.00
2024	\$1,009.80	\$1,060.41	\$4,911.26	\$8,448.00	\$16,377.00
2025	\$1,074.60	\$1,125.93	\$5,209.22	\$8,966.00	\$25,343.00
2026	\$1,139.40	\$1,191.45	\$5,507.17	\$9,484.00	\$34,827.00

2027	\$1,204.20	\$1,256.97	\$5,805.12	\$10,002.00	\$44,829.00
2028	\$1,269.00	\$1,322.49	\$6,103.08	\$10,520.00	\$55,349.00
2029	\$1,333.80	\$1,388.01	\$6,401.03	\$11,039.00	\$66,388.00
2030	\$1,398.60	\$1,453.53	\$6,698.98	\$11,557.00	\$77,945.00
2031	\$1,463.40	\$1,519.05	\$6,996.94	\$12,075.00	\$90,020.00
2032	\$1,528.20	\$1,584.57	\$7,294.89	\$12,593.00	\$102,613.00
2033	\$1,593.00	\$1,650.09	\$7,592.84	\$13,111.00	\$115,724.00
2034	\$1,657.80	\$1,715.61	\$7,890.80	\$13,630.00	\$129,354.00
2035	\$1,722.60	\$1,781.13	\$8,188.75	\$14,148.00	\$143,502.00
2036	\$1,787.40	\$1,846.65	\$8,486.70	\$14,666.00	\$158,168.00
2037	\$1,852.20	\$1,912.17	\$8,784.66	\$15,184.00	\$173,352.00

Nota: Cargos por consumo eléctrico proyectados hasta el 2037 Tarifa Doméstica 1 CFE Proyección del gasto a 15 años. Obtenido de multiplicar los cargos de la Tabla 11 por el consumo diferido y sumando para el total.

Suministro eléctrico con sistema fotovoltaico

Basados en la proyección de gastos por suministro eléctrico convencional, se harán 4 propuestas de inversión:

1. Todo el suministro eléctrico se hará a través de un sistema fotovoltaico autónomo. (ISLA)
2. El suministro se hará a través de un sistema de interconexión con CFE, generando a través del sistema fotovoltaico toda la energía eléctrica estimada, pero evitando el uso de baterías.
3. El suministro se hará a través de un sistema de interconexión con CFE, generando a través del sistema fotovoltaico la energía correspondiente al consumo intermedio y excedente, reduciendo la toma del suministro convencional a la energía en tarifa básica.
4. El suministro se hará a través de un sistema de interconexión con CFE, generando a través del sistema fotovoltaico la energía correspondiente al consumo excedente.

Para estas 4 propuestas, se hará el cálculo de los sistemas necesarios para cubrir las demandas mencionadas.

Cálculo del generador fotovoltaico.

Primeramente, del cuadro de cargas, presentado en la Tabla 8 (pág. 50), se calculó la Potencia requerida de demanda eléctrica diaria para 3 casos considerando una eficiencia mínima aceptable del inversor de 0.9 (puede considerarse que el caso 1 y 2 son idénticos en generación requerida salvo por el banco de baterías y otros equipos involucrados), utilizamos la fórmula para Potencia nominal del generador fotovoltaico (Ecuación 4 pág. 36) tomando un factor de seguridad de 1.3 (Diaz & Carmona, 2018, pág. 43) para cada uno de los casos: como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Cálculo del generador fotovoltaico para los 3 casos propuestos

Cálculo del generador fotovoltaico para los 3 casos propuestos								
Generando toda la energía eléctrica 100%			Generando el consumo excedente e intermedio 69%			Generando el consumo excedente 42%		
Potencia calculada	8,115.20	Wh	Potencia calculada	5,615.20	Wh	Potencia calculada	3,448.53	Wh
Eficiencia inversor	0.90		Eficiencia inversor	0.90		Eficiencia inversor	0.90	
Potencia requerida	9,016.89	Wh	Potencia requerida	6,239.11	Wh	Potencia requerida	3,831.70	Wh
FSeg	1.40		FSeg	1.40		FSeg	1.40	
IStc	1,000.00	W/m2	IStc	1,000.00	W/m2	IStc	1,000.00	W/m2
Ldm	9,016.89	Wh	Ldm	6,239.11	Wh	Ldm	3,831.70	Wh
Gdm(b)	5,930.00	Wh/m2* *dia	Gdm(b)	5,930.00	Wh/m2* dia	Gdm(b)	5,930.00	Wh/m2* *dia
PGnom	2,128.78	Wp	PGnom	1,472.98	Wp	PGnom	904.62	Wp

Nota: Cálculo del generador fotovoltaico. Fuente propia generado con las Ecuaciones 4 y 5, en las páginas 36 y 37, respectivamente.

El cálculo del número de paneles se hace tomando en cuenta las dimensiones ofrecidas por los fabricantes y con una sencilla división de la PGnom entre la potencia del

panel del fabricante, lo cual arrojará directamente el número de paneles. La selección ideal de potencia de paneles, será aquella en la cual el número de paneles de un cociente ligeramente menor al entero para seleccionar la cantidad inmediata superior (Diaz & Carmona, 2018, pág. 61). En la Tabla 15, podemos ver un ejemplo de sugerencia de arreglos fotovoltaicos de cada caso según la potencia calculada.

Tabla 15. Sugerencia de arreglos fotovoltaicos

Sugerencia de arreglos fotovoltaicos								
Generando toda la energía eléctrica 100%			Generando el consumo excedente e intermedio 69%			Generando el consumo excedente 42%		
Potencia de panel sugerida por catálogo para arreglo	540.00	W*día	Potencia de panel sugerida por catálogo para arreglo	540.00	W*día	Potencia de panel sugerida por catálogo para arreglo	330.00	W*día
Número de paneles	3.94	paneles	Número de paneles	2.73	paneles	Número de paneles	2.74	paneles

Nota: Sugerencia de arreglos fotovoltaicos. Fuente propia.

En función a las tablas anteriores, y a fin de facilitar el manejo de información. En adelante, definiremos cada caso como se describe en la Tabla 16.

Tabla 16. Designación de los casos de generación fotovoltaica.

Caso	Descripción
2130 ISLA	Todo el suministro eléctrico se hará a través de un sistema fotovoltaico autónomo. (ISLA)
2130 INTER	El suministro se hará a través de un sistema de interconexión con CFE, generando a través del sistema fotovoltaico toda la energía eléctrica estimada, pero evitando el uso de baterías.
1473 INTER	El suministro se hará a través de un sistema de interconexión con CFE, generando a través del sistema fotovoltaico la energía correspondiente al consumo intermedio y excedente, reduciendo la toma del suministro convencional a la energía en tarifa básica.
905 INTER	El suministro se hará a través de un sistema de interconexión con CFE, generando a través del sistema fotovoltaico la energía correspondiente al consumo excedente.

Nota: Designación de los casos de generación fotovoltaica. Fuente propia.

Cálculo del acumulador.

En un principio, el cálculo del acumulador se realizó tomando en cuenta el uso de todos los equipos considerados en el perfil de consumo eléctrico. Sin embargo, el banco de batería asciende a 2 536 Ah, optamos por asumir que, en caso de fallo, se permanecerá dichos 3 días en sólo con el consumo del refrigerador, la iluminación, bomba de agua, microondas y cafetera. Esto disminuye en más del 50% el acumulador requerido.

Tabla 17. Cálculo de acumulador de cargas mínimas

Cálculo de acumulador cargas mínimas		
Ldm	3,111.50	Wh
F SBD	3.00	días de autonomía
PD max	0.80	porcentaje de descarga
Carga	11,668.13	Wh
Voltaje	12.00	V
Corriente	972.34	Ah

Nota: Cálculo de acumulador de cargas mínimas. Fuente propia. Datos utilizados para calcular el acumulador según la Ecuación 7 en la página 43.

Para continuar con el análisis, pasaremos a solicitar cotizaciones para los 4 diferentes planes de inversión propuestos. Adelante se presenta una propuesta para solicitar dicha cotización. Es importante especificar el uso residencial y el voltaje de 120 Vca que fue seleccionado para este caso, además de la potencia del generador.

Propuesta de solicitud de cotización paneles solares, controlador e inversor.

CDMX julio 2022

PRESENTE

Por medio de la presente, esperando se encuentre bien, le hago la amable solicitud de cotización por los siguientes equipos de tecnología fotovoltaica para uso residencial a 120 Vca:

- Paneles fotovoltaicos para consumo de 2 130 Wp diarios con inversor y estructura
- Paneles fotovoltaicos para consumo de 1 473 Wp diarios con inversor y estructura
- Paneles fotovoltaicos para consumo de 905 Wp diarios con inversor y estructura
- Batería de 973 Ah y controlador para 2 130 Wp

Le agradeceré darme a conocer el costo por partida unitaria de cada panel, así como el controlador e inversor. Tomaré a bien sugerencias de arreglos con las capacidades de módulos que usted considere y pueda proporcionar.

Para recepción de su información, le proporciono el correo editembriz@gmail.com.

Agradece su amable ayuda Edit Embriz.

55 6080 2395

Luego de enviar a varios proveedores la solicitud de cotización, se hacen las siguientes observaciones:

1. De 5 empresas contactadas, sólo 2 proveen el banco de baterías según factor de seguridad, necesario para un suministro aislado y dicho banco excede los 20 000 MXN
2. La mayoría de los inversores ofertados en el mercado, ya incluyen la función de controlador, esto quiere decir, que el inversor es amigable en su voltaje de entrada y puede conectarse directo al arreglo de paneles.
3. El inversor tiene un costo equivalente al costo de arreglo de paneles solares.

Según el modelo de consumo proyectado para los siguientes 15 años, la inversión debe ser menor a 143 266.00 MXN para ser rentable.

Propuestas fotovoltaicas para 4 casos.

A continuación, se presentan los 4 comparativos realizados para seleccionar el costo inicial de inversión en cada uno de ellos. Esta información se obtuvo de las cotizaciones solicitadas a distintos proveedores. A fin de disponer de mayor información para comparar costos, se consideró armar algunos paquetes de diferentes proveedores localizados en la web.

Para realizar el análisis económico del Sistema Fotovoltaico ISLA 2130 Wp, se considerará el Total de \$88, 475.75 MXN, correspondiente a la tercera propuesta (VARIOS EN LINEA) y considerando el costo de mano de obra de COMAG SOLAR, como único referente. Se excluye la propuesta de VANDAN por no incluir mano de obra ni estructuras de los paneles, además de un banco de baterías con un factor de seguridad menor al requerido. Véase Comparativo en Tabla 18.

Tabla 18. Comparativo de Costos para el Sistema Fotovoltaico ISLA de 2130 Wp

COMPARATIVO DE COSTOS SISTEMA FOTOVOLTAICO ISLA DE 2130 W						
Proveedor	Item	Descripción	Cant	Costo U	Total	Gran Total
COMAG SOLAR	1	Paneles solares 545 W marca Longi Solar	4	\$6,944.54	\$27,778.16	\$138,073.13
	2	Estructura para paneles solares de 545 W	4	\$1,746.45	\$6,985.81	
	3	Inversor híbrido 3KW	1	\$49,119.92	\$49,119.92	
	4	Banco de baterías para sistema ISLA	1	\$31,165.74	\$31,165.74	
	5	Lote de conectores y comunicadores	1	\$10,162.75	\$10,162.75	
	6	Lote de material eléctrico y mano de obra	1	\$12,860.75	\$12,860.75	
VANDAN	1	Sistema PV paneles, inversor, controlador y baterías de 3000 W. El banco de baterías no sustenta el sistema por más de 20 horas, no incluye estructuras	1	\$41,228.00	\$41,228.00	\$41,228.00
	2	No incluye mano de obra ni material eléctrico	0	\$0.00	\$0.00	
VARIOS EN LINEA	1	Panel 545 W CanadianSolar CS Monoperc 545W con estructura	4	\$6,375.00	\$25,500.00	\$75,615.00
	2	Inversor y controlador ISLA 2500 W EPCOM EPI-2500-48	1	\$15,015.00	\$15,015.00	
	3	Banco de 9 baterías solares de ciclo profundo 12 V1035 Ah LTH L-31T/S-190M	1	\$35,100.00	\$35,100.00	
	4	No incluye mano de obra ni material eléctrico	0	\$0.00	\$0.00	

Nota: Comparativo de Costos para el Sistema Fotovoltaico ISLA de 2130 Wp. Fuente propia. Generado a través de diversos catálogos online y solicitudes de cotización a proveedores.

Para realizar el análisis económico del Sistema Fotovoltaico IINTER 2130 Wp, se considerará el Total de 43, 800.00 MXN, correspondiente a la primera propuesta (ANGELESINC) por ser la más completa a menor costo, la propuesta de GERAVOLT no considera la mano de obra, sería un costo adicional a considerar. Véase Comparativo en Tabla 19.

Tabla 19. Comparativo de Costos para el Sistema Fotovoltaico INTER de 2130 Wp

COMPARATIVO DE COSTOS SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO DE 2130 W						
Proveedor	Item	Descripción	Cant	Costo U	Total	Gran Total
ANGELESINC	1	Paneles solares de 545 W marca JA Solar con estructura incluida	4	\$6,122.00	\$24,488.00	\$43,800.00
	2	Micro inversor de 2KW marca hoymiles	1	\$8,999.00	\$8,999.00	
	3	Lote de mano de obra y material eléctrico	1	\$10,313.00	\$10,313.00	
COMAG SOLAR	1	Paneles solares 545 W marca Longi Solar	4	\$6,944.54	\$27,778.16	\$60,836.28
	2	Estructura para paneles solares de 545 W	4	\$1,746.45	\$6,985.81	
	3	Micro inversor de 2KW marca hoymiles	1	\$9,146.47	\$9,146.47	
	4	Sistema de monitoreo DTU LITE	1	\$4,065.09	\$4,065.09	
	5	Lote de material eléctrico y mano de obra	1	\$12,860.75	\$12,860.75	
CONNERA - BEYOND	1	Sistema PV 7 paneles 330W e inversor (no incluye mano de obra, estructuras ni material eléctrico)	1	\$42,140.00	\$42,140.00	\$42,140.00
	2	No incluye mano de obra ni material eléctrico	0	\$0.00	\$0.00	
GERAVOLT	1	Panel 545 W CanadianSolar CS Monoperc 545W con estructura	4	\$6,429.00	\$25,716.00	\$35,980.00
	2	Inversor para interconexión 2300 W Solis-Mini-2000-4G	1	\$10,264.00	\$10,264.00	
	3	No incluye mano de obra ni material eléctrico	0	\$0.00	\$0.00	

POWEN	1	Paneles solares 540 W marca JINKO	4	\$7,143.00	\$28,572.00	\$61,674.00
	2	Estructura para paneles solares de 540 W	4	\$1,890.00	\$7,560.00	
	3	Micro inversor de 2KW marca hoymiles	1	\$11,874.00	\$11,874.00	
	4	Lote de material eléctrico y mano de obra	1	\$13,668.00	\$13,668.00	
	5	Garantía de 25 años y monitoreo 24/7	1	\$0.00	\$0.00	

Nota: Comparativo de Costos para el Sistema Fotovoltaico INTER de 2130 Wp. Fuente propia. Generado a través de diversos catálogos online y solicitudes de cotización a proveedores.

Para realizar el análisis económico del Sistema Fotovoltaico INTER 1473 Wp, se considerará el Total de 35, 578.00 MXN, correspondiente a la tercera propuesta (ANGELESINC) por ser la más completa a menor costo. Se consideró también varios arreglos de 1800W debido a que otra medida estándar de paneles solares son 450W, con 4 de ellos se cubre la demanda requerida para esta propuesta. Véase Comparativo en Tabla 20.

Tabla 20. Comparativo de Costos para el Sistema Fotovoltaico INTER de 1473 Wp

COMPARATIVO DE COSTOS SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO DE 1473 W						
Proveedor	Item	Descripción	Cant	Costo U	Total	Gran Total
VANDAN	1	Sistema PV paneles, inversor y controlador de 1800 W. No incluye estructuras.	1	\$19,216.00	\$19,216.00	\$19,216.00
	2	No incluye mano de obra ni material eléctrico.	0	\$0.00	\$0.00	
LA BODEGA SOLAR	1	Sistema PV paneles, inversor-controlador de 1800 W. Incluye estructuras.	1	\$32,760.00	\$32,760.00	\$32,760.00
	2	No incluye mano de obra.	0	\$0.00	\$0.00	

ANGELESINC	1	Paneles solares de 545 W marca JA Solar con estructura incluida	3	\$6,122.00	\$18,366.00	\$35,578.00
	2	Micro inversor de 2KW marca hoymiles	1	\$8,999.00	\$8,999.00	
	3	Lote de mano de obra y material eléctrico	1	\$8,213.00	\$8,213.00	
COMAG SOLAR	1	Paneles solares 545 W marca Longi Solar	3	\$6,944.54	\$20,833.62	\$52,145.29
	2	Estructura para paneles solares de 545 W	3	\$1,746.45	\$5,239.36	
	3	Micro inversor de 2KW marca hoymiles	1	\$9,146.47	\$9,146.47	
	4	Sistema de monitoreo DTU LITE	1	\$4,065.09	\$4,065.09	
	5	Lote de material eléctrico y mano de obra	1	\$12,860.75	\$12,860.75	
GERAVOLT	1	Panel 545 W CanadianSolar CS Monoperc 545W	3	\$6,429.00	\$19,287.00	\$29,551.00
	2	Inversor para interconexión 2300 W Solis-Mini-2000-4G	1	\$10,264.00	\$10,264.00	
	3	No incluye mano de obra ni material eléctrico	0	\$0.00	\$0.00	
POWEN	1	Paneles solares 540 W marca JINKO	3	\$7,143.00	\$21,429.00	\$49,641.00
	2	Estructura para paneles solares de 540 W	3	\$1,890.00	\$5,670.00	
	3	Micro inversor de 2KW marca hoymiles	1	\$11,874.00	\$11,874.00	
	4	Lote de material eléctrico y mano de obra	1	\$10,668.00	\$10,668.00	
	5	Garantía de 25 años y monitoreo 24/7	1	\$0.00	\$0.00	

VARIOS EN LINEA	1	Panel 450 W ETSOLAR ETM672BH450WW/WB	4	\$5,268.00	\$21,072.00	\$28,391.00
	2	Inversor controlador para interconexión 2000 W Longzhuo WVC-2000R3	1	\$7,319.00	\$7,319.00	
	3	No incluye mano de obra ni material eléctrico.	0	\$0.00	\$0.00	
VARIOS EN LINEA	1	Panel 450 W EPCOM	4	\$5,449.00	\$21,796.00	\$33,176.00
	2	Inversor inter 2000 W CONNERA-BEYOND BEYOND2KM2/1	1	\$11,380.00	\$11,380.00	
	3	No incluye mano de obra ni material eléctrico.	0	\$0.00	\$0.00	
VARIOS EN LINEA	1	Panel 150W 12V EPCOM	10	\$2,637.00	\$26,370.00	\$33,689.00
	2	Inversor controlador para interconexión 2000 W Longzhuo WVC-2000R3	1	\$7,319.00	\$7,319.00	
	3	No incluye mano de obra ni material eléctrico.	0	\$0.00	\$0.00	

Nota: Comparativo de Costos para el Sistema Fotovoltaico INTER de 1473 Wp. Fuente propia. Generado a través de diversos catálogos online y solicitudes de cotización a proveedores.

Para realizar el análisis económico del Sistema Fotovoltaico INTER 905 Wp, se considerará el total de 27, 763.00 MXN, correspondiente a la tercera propuesta (ANGELESINC) por ser la más completa a menor costo. Véase Comparativo en Tabla 21.

Tabla 21. Comparativo de Costos para el Sistema Fotovoltaico INTER de 905 Wp

COMPARATIVO DE COSTOS SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO DE 905 W						
Proveedor	Item	Descripción	Cant	Costo U	Total	Gran Total
VARIOS EN LINEA	1	Panel 330W EPCOM EPL330-24	3	\$3,699.00	\$11,097.00	\$20,326.00
	2	Inversor controlador INTER 1000W Solis-mini-1000-4G-DC-EU-CT	1	\$9,229.00	\$9,229.00	
	3	No incluye mano de obra ni material eléctrico.	0	\$0.00	\$0.00	

VANDAN	1	Sistema PV 12 paneles (125W C7u), inversor y controlador de 1300 W Van1350W-A. No incluye estructuras.	1	\$14,790.00	\$14,790.00	\$14,790.00
	2	No incluye mano de obra ni material eléctrico.	0	\$0.00	\$0.00	
ANGELESINC	1	Paneles solares de 545 W marca JA Solar con estructura incluida	2	\$6,122.00	\$12,244.00	\$27,763.00
	2	Micro inversor de 2KW marca hoymiles	1	\$8,999.00	\$8,999.00	
	3	Lote de mano de obra y material eléctrico	1	\$6,520.00	\$6,520.00	
POWEN	1	Paneles solares 540 W marca JINKO	2	\$7,143.00	\$14,286.00	\$37,422.00
	2	Estructura para paneles solares de 540 W	2	\$1,890.00	\$3,780.00	
	3	Micro inversor de 2KW marca hoymiles	1	\$11,874.00	\$11,874.00	
	4	Lote de material eléctrico y mano de obra	1	\$7,482.00	\$7,482.00	
	5	GArantía de 25 años y monitoreo 24/7	1	\$0.00	\$0.00	
GERAVOLT	1	Panel 545 W CanadianSolar CS Monoperc 545W	2	\$6,429.00	\$12,858.00	\$22,087.00
	2	Inversor controlador INTER 1000W Solis-mini-1000-4G-DC-EU-CT	1	\$9,229.00	\$9,229.00	
	3	No incluye mano de obra ni material eléctrico	0	\$0.00	\$0.00	

Nota: Comparativo de Costos para el Sistema Fotovoltaico INTER de 905 Wp. Fuente propia. Generado a través de diversos catálogos online y solicitudes de cotización a proveedores.

Como resumen de estos 4 comparativos, se presenta la Tabla 22.

Tabla 22. Resumen de comparativos para propuestas de Sistemas Fotovoltaicos

Caso	Mejor propuesta económica MXN
2130 ISLA	\$ 88,475.75
2130 INTER	\$ 43,800.00
1473 INTER	\$ 35,578.00
905 INTER	\$ 27,763.00

Nota: Resumen de comparativos para propuestas de Sistemas Fotovoltaicos. Fuente propia. Generado a través de Tablas 18 a 21.

Evaluación del proyecto fotovoltaico

Para llevar a cabo el proyecto, en este apartado, evaluaremos su factibilidad como se mencionó en el capítulo anterior mediante:

- Evaluación financiera
- Evaluación socioeconómica
- Evaluación ambiental

Evaluación financiera.

Para iniciar, se hará un cálculo del Flujo neto de caja y se establece un horizonte del proyecto a 15 años. Posteriormente debe calcularse la Tasa de oportunidad para concluir con el Valor Presente Neto y las Utilidades.

Flujo Neto de Caja en medición de energía neta.

El flujo neto de caja es la cantidad monetaria resultante de considerar los ingresos y egresos del proyecto en cada año según el horizonte de 15 años (Murcia, y otros, 2009, pág. 287). Para calcular el de cada año, necesitaremos la inversión inicial, presentada en la Tabla

22 (pág. 67) y considerado egreso en el año cero, así como el ahorro, considerado un ingreso desde el año 0 hasta el 15.

Para calcular el ahorro, se tomará el dato de demanda energética previamente calculado al inicio del presente capítulo: 243.46 kWh/mensuales.

Para los 4 casos, se calculará la generación fotovoltaica según la selección del comparativo para las mejores propuestas.

Para el caso 2130 ISLA, se considera un suministro convencional de cero, debido a que no habrá conexión con CFE, por ende, el cargo total al asumir la propuesta es de 0.00 MXN y el ahorro es del 100%, como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23. 2130 ISLA Cálculo de ahorro

2130 ISLA Cálculo de ahorro				
Año	Cargo total del recibo anual proyectado MXN	Cargo total del recibo anual asumiendo propuesta MXN	Ahorro anual MXN	Ahorro Acumulado MXN
2023	\$7,929.00	\$0.00	\$7,929.00	\$7,929.00
2024	\$8,448.00	\$0.00	\$8,448.00	\$16,377.00
2025	\$8,966.00	\$0.00	\$8,966.00	\$25,343.00
2026	\$9,484.00	\$0.00	\$9,484.00	\$34,827.00
2027	\$10,002.00	\$0.00	\$10,002.00	\$44,829.00
2028	\$10,520.00	\$0.00	\$10,520.00	\$55,349.00
2029	\$11,039.00	\$0.00	\$11,039.00	\$66,388.00
2030	\$11,557.00	\$0.00	\$11,557.00	\$77,945.00
2031	\$12,075.00	\$0.00	\$12,075.00	\$90,020.00
2032	\$12,593.00	\$0.00	\$12,593.00	\$102,613.00
2033	\$13,111.00	\$0.00	\$13,111.00	\$115,724.00
2034	\$13,630.00	\$0.00	\$13,630.00	\$129,354.00
2035	\$14,148.00	\$0.00	\$14,148.00	\$143,502.00
2036	\$14,666.00	\$0.00	\$14,666.00	\$158,168.00
2037	\$15,184.00	\$0.00	\$15,184.00	\$173,352.00

Nota: 2130 ISLA Cálculo de ahorro. Fuente propia. Generado a través de información proyectada en la Tabla 11 (pág. 53).

Para el cálculo del ahorro del caso 2130 INTER, a fin de hacer eficientes los cálculos del presente estudio, y considerando el cálculo para satisfacer nuestra demanda energética al 100%, consideraremos el cálculo de ahorro idéntico al del caso 2130 ISLA.⁵

Para el cálculo de ahorro del caso 1473 INTER, calcularemos la generación fotovoltaica tomando en cuenta el número de paneles, su capacidad y las 12 horas anuales promedio de radiación solar, obteniendo un suministro de 190.24 kWh mensuales, al restar este consumo de nuestra demanda energética mensual (243.46 kWh mensuales), se obtiene que el consumo mensual se reduce a 53.22 kWh mensuales. Al ser este consumo menor a 75 kWh mensuales, todo este cargo se generará en cargo básico, como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. 1473 INTER Cálculo de ahorro

1473 INTER Cálculo de ahorro						
Año	Consumo básico \$/kWh	Cargo total del recibo proyectado MXN	Consumo básico anual \$ asumiendo propuesta	Cargo total del recibo anual asumiendo propuesta MXN	Ahorro anual MXN	Ahorro Acumulado MXN
2023	1.05	\$7,929.00	\$671.00	\$811.91	\$7,117.09	\$7,117.09
2024	1.122	\$8,448.00	\$717.00	\$867.57	\$7,580.43	\$14,697.52
2025	1.194	\$8,966.00	\$762.00	\$922.02	\$8,043.98	\$22,741.50
2026	1.266	\$9,484.00	\$808.00	\$977.68	\$8,506.32	\$31,247.82
2027	1.338	\$10,002.00	\$854.00	\$1,033.34	\$8,968.66	\$40,216.48
2028	1.41	\$10,520.00	\$900.00	\$1,089.00	\$9,431.00	\$49,647.48
2029	1.482	\$11,039.00	\$946.00	\$1,144.66	\$9,894.34	\$59,541.82
2030	1.554	\$11,557.00	\$992.00	\$1,200.32	\$10,356.68	\$69,898.50
2031	1.626	\$12,075.00	\$1,038.00	\$1,255.98	\$10,819.02	\$80,717.52
2032	1.698	\$12,593.00	\$1,084.00	\$1,311.64	\$11,281.36	\$91,998.88
2033	1.77	\$13,111.00	\$1,130.00	\$1,367.30	\$11,743.70	\$103,742.58

⁵ Tómesese en cuenta el presente estudio comparativo, no de inversión, por ende, sólo concierne conocer las ventajas de uno u otro sistema. La inversión en tecnología fotovoltaica para vender a CFE, está fuera de los alcances del presente estudio.

2034	1.842	\$13,630.00	\$1,176.00	\$1,422.96	\$12,207.04	\$115,949.62
2035	1.914	\$14,148.00	\$1,222.00	\$1,478.62	\$12,669.38	\$128,619.00
2036	1.986	\$14,666.00	\$1,268.00	\$1,534.28	\$13,131.72	\$141,750.72
2037	2.058	\$15,184.00	\$1,314.00	\$1,589.94	\$13,594.06	\$155,344.78

Nota: 1473 INTER Cálculo de ahorro. Fuente propia. Generado a través de información proyectada en la Tabla 11 (pág. 53).

Para el cálculo de ahorro del caso 905 INTER, calcularemos la generación fotovoltaica tomando en cuenta el número de paneles, su capacidad y las 12 horas anuales promedio de radiación solar, obteniendo un suministro de 126.83 kWh mensuales, al restar este consumo de nuestra demanda energética mensual (243.46 kWh mensuales), se obtiene que el consumo mensual se reduce a 116.63 kWh mensuales. Al ser este consumo menor a 140 kWh mensuales, los cargos se generarán en cargo básico e intermedio, como se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25. 905 INTER Cálculo de ahorro

905 INTER Cálculo de ahorro								
Año	Consumo básico \$/kWh	Consumo intermedio \$/kWh	Cargo total del recibo anual proyectado MXN	Consumo básico anual \$ asumiendo propuesta	Consumo intermedio anual \$ asumiendo propuesta	Cargo total del recibo anual asumiendo propuesta MXN	Ahorro anual MXN	Ahorro Acumulado MXN
2023	1.05	1.2755	\$7,929.00	\$945.00	\$637.00	\$1,914.22	\$6,014.78	\$6,014.78
2024	1.122	1.3595	\$8,448.00	\$1,010.00	\$679.00	\$2,043.69	\$6,404.31	\$12,419.09
2025	1.194	1.4435	\$8,966.00	\$1,075.00	\$721.00	\$2,173.16	\$6,792.84	\$19,211.93
2026	1.266	1.5275	\$9,484.00	\$1,139.00	\$763.00	\$2,301.42	\$7,182.58	\$26,394.51
2027	1.338	1.6115	\$10,002.00	\$1,204.00	\$805.00	\$2,430.89	\$7,571.11	\$33,965.62
2028	1.41	1.6955	\$10,520.00	\$1,269.00	\$847.00	\$2,560.36	\$7,959.64	\$41,925.26
2029	1.482	1.7795	\$11,039.00	\$1,334.00	\$889.00	\$2,689.83	\$8,349.17	\$50,274.43
2030	1.554	1.8635	\$11,557.00	\$1,399.00	\$931.00	\$2,819.30	\$8,737.70	\$59,012.13
2031	1.626	1.9475	\$12,075.00	\$1,463.00	\$973.00	\$2,947.56	\$9,127.44	\$68,139.57
2032	1.698	2.0315	\$12,593.00	\$1,528.00	\$1,015.00	\$3,077.03	\$9,515.97	\$77,655.54
2033	1.77	2.1155	\$13,111.00	\$1,593.00	\$1,057.00	\$3,206.50	\$9,904.50	\$87,560.04
2034	1.842	2.1995	\$13,630.00	\$1,658.00	\$1,099.00	\$3,335.97	\$10,294.03	\$97,854.07

2035	1.914	2.2835	\$14,148.00	\$1,723.00	\$1,141.00	\$3,465.44	\$10,682.56	\$108,536.63
2036	1.986	2.3675	\$14,666.00	\$1,787.00	\$1,183.00	\$3,593.70	\$11,072.30	\$119,608.93
2037	2.058	2.4515	\$15,184.00	\$1,852.00	\$1,225.00	\$3,723.17	\$11,460.83	\$131,069.76

Nota: 905 INTER Cálculo de ahorro. Fuente propia. Generado a través de información proyectada en la Tabla 11 (pág. 53).

Como resumen de este apartado, podemos presentar la Tabla 26, donde se presenta el periodo de recuperación de inversión descrito por Murcia, y otros, (2009, pág. 226) y el ahorro acumulado en los consiguientes 5, 10 y 15 años del inicio del proyecto.

Tabla 26. Resumen de ahorro y Periodo de Recuperación de Inversión

Resumen de ahorro					
Caso	Mejor propuesta económica MXN	Periodo de recuperación de inversión	Ahorro luego de 5 años MXN	Ahorro luego de 10 años MXN	Ahorro luego de 15 años MXN
2130 ISLA	\$ 88,475.75	9 años y 6 meses	\$ 44,829.00	\$ 102,613.00	\$ 173,352.00
2130 INTER	\$ 43,800.00	4 años y 9 meses	\$ 44,829.00	\$ 102,613.00	\$ 173,352.00
1473 INTER	\$ 35,578.00	4 años y 6 meses	\$ 40,216.48	\$ 91,998.88	\$ 155,344.78
905 INTER	\$ 27,763.00	4 años y 2 meses	\$ 33,965.62	\$ 77,655.54	\$ 131,069.76

Nota: Resumen de ahorro y Periodo de Recuperación de Inversión. Fuente propia. Generado a través de las Tablas 22 (pág. 67), 23 (pág.68), 24 (pág.69) y 25 (pág. 70).

Cálculo de utilidades.

Retomando el precio de costo de cada una de las 4 propuestas y considerando el precio de venta equivalente al ahorro que se suscitará en el total de costo por gasto energético al finalizar los 15 años del proyecto e inversión y se tomará la fórmula de utilidad de la Ecuación 9 (pág. 45).

En la Tabla 27, se presenta el Análisis de utilidades para cada caso en los siguientes 5, 10 y 15 años.

Tabla 27. Análisis de utilidades para cada Sistema Fotovoltaico

Análisis de utilidades para cada caso			
Caso	Utilidad luego de 5 años MXN	Utilidad luego de 10 años MXN	Utilidad luego de 15 años MXN
2130 ISLA	\$ -43,646.75	\$ 14,137.25	\$ 84,876.25
2130 INTER	\$ 1,029.00	\$ 58,813.00	\$ 129,552.00
1473 INTER	\$ 4,638.48	\$ 56,420.88	\$ 119,766.78
905 INTER	\$ 6,202.62	\$ 49,892.54	\$ 103,306.76

Nota: Análisis de utilidades para cada Sistema Fotovoltaico. Fuente propia. Generado a través de la Ecuación 9 (pág. 45) con los datos de la Tabla 26 (pág. 71).

Como podemos ver, el caso de un suministro ISLA, es el de menor utilidad en cualquier evaluación. A un plazo de 10 y 15 años, las propuestas 2130 y 1473 INTER, cobran relevancia. Sin embargo, la propuesta 905 INTER, ofrece recuperación de inversión en los primeros 4 años y mantiene buenas utilidades a 10 y 15 años, sólo menores en 21%, mientras la inversión inicial, sería menor en 37%.

Cálculo del Valor Presente Neto.

El Valor Presente Neto VPN se calculará tomando la Ecuación 10 (pág. 45), donde TCO será diferente para cada caso según la Tabla 28, presentada a continuación y siendo la otra de oportunidad de inversión inicial correspondiente al depósito de garantía por contratación del servicio de suministro eléctrico (CFE, Depósitos de garantía, s.f.).

Tabla 28. Cálculo de Tasa de Costo de oportunidad

Caso	Costo de oportunidad MXN	Inversión MXN	TCO %
2130 ISLA	\$ 282.00	\$ 88,475.75	0.32%
2130 INTER	\$ 282.00	\$ 43,800.00	0.64%
1473 INTER	\$ 282.00	\$ 35,578.00	0.79%
905 INTER	\$ 282.00	\$ 27,763.00	1.02%

Nota: Cálculo de Tasa de Costo de oportunidad. Fuente propia. Generado a través de la Ecuación 11 (pág. 46) con los datos de la Tabla 22 (pág. 67)

Conociendo la TCO para todos los casos, se calculó el FNC y el VPN para el horizonte proyectado de 15 años y se presenta en la Tabla 29.

Tabla 29. Cálculo del Flujo Neto de Caja y el Valor Presente Neto

1	2130 ISLA		2130 INTER		1473 INTER		905 INTER	
	Años	FNC	VPN	FNC	VPN	FNC	VPN	FNC
0	-\$88,475.75	-\$88,475.75	-\$43,800.00	-\$43,800.00	-\$35,578.00	-\$35,578.00	-\$27,763.00	-\$27,763.00
1	-\$81,922.75	-\$170,138.22	-\$37,247.00	-\$80,808.72	-\$29,620.00	-\$64,965.07	-\$22,731.00	-\$50,265.43
2	-\$74,941.75	-\$244,604.51	-\$30,266.00	-\$110,688.73	-\$23,275.00	-\$87,875.44	-\$17,374.00	-\$67,291.79
3	-\$67,531.75	-\$311,494.62	-\$22,856.00	-\$133,108.89	-\$16,542.00	-\$104,030.25	-\$11,691.00	-\$78,633.66
4	-\$59,693.75	-\$370,433.35	-\$15,018.00	-\$147,746.27	-\$9,422.00	-\$113,159.35	-\$5,682.00	-\$84,090.54
5	-\$51,427.75	-\$421,049.30	-\$6,752.00	-\$154,285.05	-\$1,915.00	-\$115,000.23	\$652.00	-\$83,470.67
6	-\$42,732.75	-\$462,973.87	\$1,943.00	-\$152,415.44	\$5,980.00	-\$109,296.90	\$7,312.00	-\$76,588.87
7	-\$33,609.75	-\$495,843.22	\$11,066.00	-\$141,835.57	\$14,263.00	-\$95,800.76	\$14,297.00	-\$63,268.34
8	-\$24,058.75	-\$519,297.21	\$20,617.00	-\$122,250.37	\$22,933.00	-\$74,271.41	\$21,607.00	-\$43,339.50
9	-\$14,079.75	-\$532,979.43	\$30,596.00	-\$93,371.51	\$31,990.00	-\$44,475.59	\$29,243.00	-\$16,638.93
10	-\$3,671.75	-\$536,536.18	\$41,004.00	-\$54,916.37	\$41,435.00	-\$6,186.08	\$37,205.00	\$16,989.82
11	\$7,164.25	-\$529,618.37	\$51,840.00	-\$6,609.82	\$51,267.00	\$40,816.49	\$45,492.00	\$57,695.54
12	\$18,428.25	-\$511,880.57	\$63,104.00	\$51,816.80	\$61,486.00	\$96,744.74	\$54,104.00	\$105,620.39
13	\$30,120.25	-\$482,980.95	\$74,796.00	\$120,625.76	\$72,093.00	\$161,805.52	\$63,041.00	\$160,900.06
14	\$42,241.25	-\$442,580.30	\$86,917.00	\$200,073.99	\$83,088.00	\$236,199.15	\$72,305.00	\$223,665.65
15	\$54,790.25	-\$390,343.96	\$99,466.00	\$290,411.26	\$94,470.00	\$320,118.59	\$81,894.00	\$294,040.31

Nota: Cálculo del del Flujo Neto de Caja y el Valor Presente Neto. Fuente propia. Generado a través de Ecuación 8 (pág. 44) y Ecuación 10 (pág. 45).

Según el criterio de alternativa única, los 3 casos INTER, son financieramente factibles al arrojar VPN mayor a cero (Murcia, y otros, 2009, pág. 304).

Flujo Neto de Caja en facturación de energía neta.

A fin de complementar la evaluación, tomaremos la Tabla 30, en la cual se muestra la facturación a favor del usuario en caso de optar por este contrato de interconexión, como puede verse, en cualquiera de las propuestas Sistemas Fotovoltaicos, la facturación a favor de un semestre, no llega a la 4 parte anual de ahorro en comparación al contrato de Medición Neta de Energía, por lo cual podemos elegir esta última como la mejor opción de inversión.

Tabla 30. Cálculo de Facturación Neta semestral aproximada 1er sem 2022

Cálculo de Facturación Neta semestral aproximada 1er sem 2022					
Periodo 2022	Precio Marginal Local promedio en horas de iluminación (7 a 19) \$/MWh	Precio Marginal Local promedio en horas de iluminación (7 a 19) \$/kWh	Cargo por Precio Marginal Promedio con generación 2130 INTER	Cargo por Precio Marginal Promedio con generación 1473 INTER	Cargo por Precio Marginal Promedio con generación 905 INTER
enero 01	855	0.855	\$108.44	\$81.33	\$54.22
enero 02	944	0.944	\$119.73	\$89.79	\$59.86
feb 01	1036	1.036	\$131.40	\$98.54	\$65.69
feb 02	980	0.98	\$124.29	\$93.22	\$62.14
mar 01	1012	1.012	\$128.35	\$96.26	\$64.17
mar 02	1092	1.092	\$138.50	\$103.87	\$69.24
abril 01	1326	1.326	\$168.18	\$126.13	\$84.08
abril 02	1446	1.446	\$183.40	\$137.54	\$91.69
mayo 01	1540	1.54	\$195.32	\$146.48	\$97.65
mayo 02	1582	1.582	\$200.65	\$150.48	\$100.31
jun 01	1482	1.482	\$187.96	\$140.97	\$93.97
jun 02	1181	1.181	\$149.79	\$112.34	\$74.89
			\$1,835.99	\$1,376.96	\$917.92

Nota: Cálculo de Facturación Neta semestral aproximada 1er sem 2022. Fuente propia. Generado a través de la Ecuación 3 (pág. 34) con datos de la Tabla 7 (pág. 35).

Evaluación Socioeconómica.

La evaluación Socioeconómica es un comparativo entre la situación con o sin proyecto (Murcia, y otros, 2009, pág. 329). En la Tabla 31, podemos ver esta evaluación en un análisis cualitativo.

Tabla 31. Evaluación Socioeconómica cualitativa.

Situación Impactos	Situación sin Proyecto, ¿Cómo sería el mundo si el proyecto no se realizara?	Situación con Proyecto, ¿Cómo sería el mundo si el proyecto se realizara?
DIRECTOS	El consumo total de demanda eléctrica se tomaría del suministro convencional.	Los consumidores del proyecto son los usuarios de la instalación eléctrica, su demanda eléctrica será satisfecha a través de una Fuente de Energía Renovable: el sol.
INDIRECTOS	Los paneles solares serían adquiridos por otro comprador y continuaría su producción.	Al disminuir el consumo eléctrico del suministro convencional, se reduce la demanda de generación eléctrica a través de combustibles fósiles.

Nota: Evaluación socioeconómica cualitativa. Fuente propia.

A fin de ofrecer un panorama cuantitativo, se realiza una escala de evaluación, la cual se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32. Escala de jerarquización de impacto socioeconómico

Escala de jerarquización de impacto socioeconómico		
Negativo	Alto	0
	Medio	1
	Bajo	2
Ninguno		3
Positivo	Bajo	4
	Medio	5
	Alto	6

Nota: Escala de jerarquización de impacto socioeconómico. Fuente propia.

Adelante, se presentan las matrices correspondientes a la jerarquización de impacto social y económico del proyecto.

Tabla 33. Matriz de Jerarquización de Impacto Social

Matriz de Jerarquización de Impacto Social			
Elemento	Estilo de vida	Accidentalidad	Migración
Manufactura	5	2	2
Transporte	3	2	3
Instalación	3	2	3
Operación	3	3	3
Mantenimiento	3	2	3
Desmantelamiento	3	2	3
Promedio de Impacto			2.78

Nota: Matriz de Jerarquización de Impacto Social. Fuente propia.

Tabla 34. Matriz de Jerarquización de Impacto Económico

Matriz de Jerarquización de Impacto Económico					
Elemento	Crecimiento industrial	Valorización	Uso del suelo	Servicios	Alquiler de equipo
Manufactura	6	6	0	5	6
Transporte	4	4	3	3	4
Instalación	4	3	3	4	4
Operación	3	3	3	3	3
Mantenimiento	4	3	3	3	3
Desmantelamiento	4	3	3	4	4
Promedio de Impacto					3.6

Nota: Matriz de Jerarquización de Impacto Económico. Fuente propia.

Según la escala establecida, el proyecto tiene un impacto social y económico muy bajo con tendencias positivas, por lo cual se considera social y económicamente factible.

Evaluación ambiental.

Al tratarse de un proyecto a corto plazo (sólo se adquirirán una vez los equipos fotovoltaicos), puede considerarse de un bajo impacto ambiental. No requerirá permisos ambientales o licencias, será suficiente la selección adecuada de proveedores (Murcia, y otros, 2009, pág. 339).

Visión ambiental.

Las actividades a realizar, se darán exclusivamente en la loza de la vivienda seleccionada. Este espacio, actualmente, no tiene relación directa con ninguna especie de flora o fauna. Por lo que no causa ningún cambio físico en el medio ambiente. Reduce la generación de energía eléctrica a través de combustibles fósiles.

El principal componente de los paneles es el silicio, el cual es un material reciclable y abundante en la corteza terrestre. Su manejo, no presenta riesgo para la salud humana o el ambiente.

Este proyecto no genera ningún residuo sólido durante su construcción ni operación; sólo luego de su desmantelamiento. Tampoco libera ningún tipo de contaminante, ruido, vibración o descargas de energía.

Durante su instalación, los riesgos implicados son los consecuentes de cualquier trabajo en alturas y obras de instalación eléctrica. No modificará la demografía o el empleo de la zona.

Impacto en el medio físico.

Para evaluar numéricamente el Impacto ambiental del proyecto en el medio físico, emplearemos el método de matriz de jerarquización analizando los sistemas abiótico, biótico y antrópico (Murcia, y otros, 2009, pág. 348)p. A Continuación, presentamos la escala de impacto en la Tabla 35.

Tabla 35. Escala de jerarquización de impacto del proyecto en el medio físico

Escala de jerarquización de impacto del proyecto en el medio físico	
Ninguno	0
Leve	1
Moderado	2
Crítico	3
Severo	4

Nota: Escala de jerarquización de Impacto del proyecto en el medio físico. Fuente propia tomando como referencia el ejemplo de Proyectos, formulación y criterios de evaluación, 356.

Adelante, presentaremos las 3 matrices de jerarquización de impacto.

Tabla 36. Matriz de Jerarquización de Impacto en el Sistema Abiótico

Matriz de Jerarquización de Impacto en el Sistema Abiótico										
Componente	Atmosférico			Terrestre				Hídrico		
Elemento	Clima	Aire	Ruido	Geología	Geomorfología	Suelos	Pedología	Hidrología	Usos del agua	Calidad del agua
Manufactura	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1

Transporte	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Instalación	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mantenimiento	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Desmantelamiento	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Promedio de impacto del proyecto en el medio físico										0.27

Nota: Matriz de Jerarquización de Impacto en el Sistema Abiótico. Fuente propia tomando como referencia el ejemplo de Proyectos, formulación y criterios de evaluación, 356.

Tabla 37. Matriz de Jerarquización de Impacto en el Sistema Biótico

Matriz de Jerarquización de Impacto en el Sistema Biótico					
Componente	Terrestre			Acuático	
Elemento	Paisaje	Flora	Fauna	Flora	Fauna
Manufactura	2	2	1	0	0
Transporte	1	1	1	0	0
Instalación	1	0	0	0	0
Operación	1	0	1	0	0
Mantenimiento	0	0	0	0	0
Desmantelamiento	1	0	0	0	0
Promedio de impacto del proyecto en el medio físico					0.4

Nota: Matriz de Jerarquización de Impacto en el Sistema Biótico. Fuente propia tomando como referencia el ejemplo de Proyectos, formulación y criterios de evaluación, 356.

Tabla 38. Matriz de Jerarquización de Impacto en el Sistema Antrópico

Matriz de Jerarquización de Impacto en el Sistema Antrópico								
Componente	Recursos			Infra estructura	Estructura			Super estructuras
Elemento	Agua	Pesca	Turismo	Vías	Ingresos	Ocupación de terreno	Movilidad	Social
Manufactura	1	0	0	1	2	2	1	2
Transporte	0	0	0	0	0	0	0	0
Instalación	0	0	0	0	0	0	0	0
Operación	0	0	0	0	0	0	0	0
Mantenimiento	1	0	0	0	0	0	0	0
Desmantelamiento	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio de impacto del proyecto en el medio físico								0.21

Nota: Matriz de Jerarquización de Impacto en el Sistema Antrópico. Fuente propia tomando como referencia el ejemplo de Proyectos, formulación y criterios de evaluación, 356.

El promedio total de impacto en el medio físico, sería de 0.29 según la escala establecida en la Tabla 35, el impacto sería menor que leve. Los criterios utilizados contemplan la opción 905 INTER, no se requiere más espacio que el ya utilizado para el montaje de los paneles, por ello el impacto ambiental es tan bajo y puede considerarse positivo, por su naturaleza. De modo que, el proyecto es ambientalmente factible.

CAPÍTULO IV

Conclusiones

En este capítulo, se hará mención de lo visto en anteriores capítulos para ofrecer un panorama del mejor momento para invertir en tecnología fotovoltaica de uso doméstico.

La opción de invertir en tecnologías fotovoltaicas para reducir la demanda eléctrica del suministro convencional, es viable, como pudo verse en los antecedentes del presente estudio y se pudo corroborar que también es factible a través del desarrollo del proyecto.

Hoy día, gracias a la oferta del contrato de interconexión, es fácil tener un suministro mixto de energía y reducir el costo monetario del usuario, así como el costo ambiental. El usuario doméstico adquiere la mejor rentabilidad en la modalidad de Medición de energía neta para su contrato de interconexión.

¿En qué condiciones es rentable la inversión en un proyecto fotovoltaico?

El mejor panorama para tomar la decisión de invertir en un proyecto fotovoltaico para un usuario doméstico, es cuando su consumo mensual exceda el límite de alto consumo según la Tabla 3⁶. En tal situación, es aconsejable identificar la región de suministro.

Para conocer el consumo energético mensual, no es necesario realizar el perfil de consumo, esta información está en nuestro recibo CFE como se muestra en la Figura 14⁷

Rápidamente puede visualizarse la tarifa según la cual se hacen los cargos por periodo y en caso de ser DAC, en la Figura 20, se ilustra el Diagrama de flujo para identificar la generación fotovoltaica requerida para la mejor inversión.

⁶ Véase Tabla 3. Esquema tarifario vigente CFE 2022 en la página 30.

⁷ Véase Figura 14. Identificación de las partes del recibo. Fuente: Recibo doméstico CFE en la página

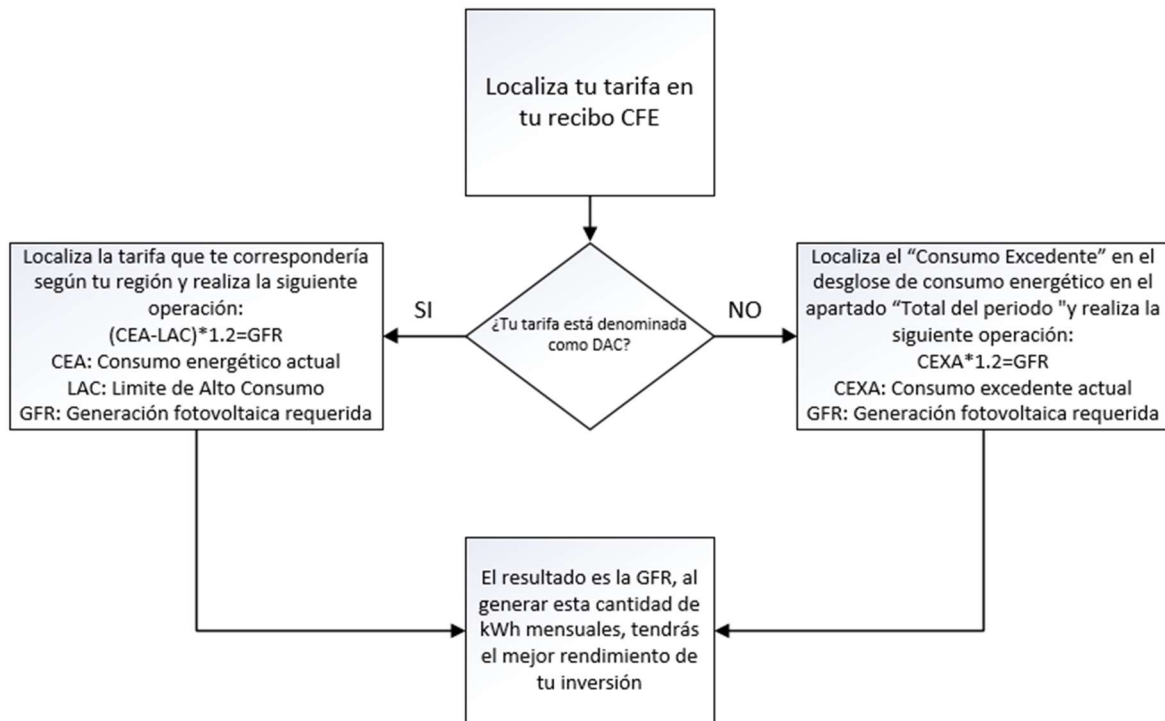


Figura 20. Diagrama de Flujo para calcular la Generación fotovoltaica ideal. Fuente propia.

En función del desarrollo de proyecto, se presenta la Tabla 39, en la cual se ofrece un panorama aproximado de los montos mínimos de inversión y se invita al usuario a consultar algún proveedor de servicios local.

Tabla 39. Montos mínimos de inversión según necesidades de generación eléctrica fotovoltaica

Sugerencias de inversión		
Generación fotovoltaica requerida en kWh mensuales	Potencia nominal del Generador fotovoltaico (Wp)	Costo mínimo de inversión MXN
70	545	\$16,617.00
130	1090	\$27,763.00
190	1635	\$35,578.00
250	2180	\$43,800.00
310	2725	\$56,875.00
370	3270	\$68,376.00

Nota: Montos mínimos de inversión según necesidades de generación eléctrica fotovoltaica. Fuente propia. Generado a través del desarrollo del presente estudio.

La Potencia nominal del generador puede variar debido a la radiación solar global de cada región, por esto es importante consultar un especialista quien haga uso de bases de datos climatológicas y haga el cálculo preciso de la Potencia nominal.

El costo mínimo de inversión se obtuvo de diferentes catálogos, algunos proveedores incluso duplican este monto, en estos casos, el proveedor debe gestionar el contrato de interconexión y en cualquier caso debe entregar la ficha técnica del inversor.

¿Cómo saber si estoy tratando con un proveedor serio?

Un proveedor serio te solicitará la siguiente información:

1. Tu recibo CFE (para consultar tu consumo mensual en kWh mensuales).
2. La ubicación del sitio donde se colocará el Sistema Fotovoltaico (para calcular la potencia nominal del generador usando los datos de radiación de tu región).
3. Uso y voltaje de la instalación eléctrica (doméstica, para contemplar todos los equipos en 120Vca a la salida).

Con esta información, el proveedor debe entregar una cotización en la cual indique:

- a. Marca, modelo y capacidad de los equipos en Wp o Watts y voltaje de operación.
- b. El inversor debe ser un inversor especial para Interconexión con función de controlador incluida, su voltaje de entrada debe ser compatible con el voltaje de salida de los paneles solares.
- c. Los paneles deben incluir estructuras de montaje.
- d. La mano de obra y material eléctrico del montaje deben estar incluidos en el monto mínimo considerado.
- e. En caso de costos mayores de inversión, se deben considerar garantías de los equipos, diagrama unifilar de la interconexión y el sistema de generación

fotovoltaico (requerido indispensablemente para el contrato), gestión del contrato de interconexión.

Este estudio concluye con la viabilidad y factibilidad de la inversión en Sistemas Fotovoltaicos, sin embargo, no existen las condiciones para mudar de lleno a las Fuentes Renovables de Energía, de momento, es preferible tener un consumo complementario entre el suministro convencional y el fotovoltaico para reducir los cargos por consumo y hacer un pequeño aporte ecológico, el cual puede crecer al sumarse más usuarios domésticos del Sistema Energético Nacional.

Bibliografía

Becerril L, D. O. (2005). *Instalaciones eléctricas prácticas*. México.

Canadian Solar. (2020). *Installation manual of standard solar modules*. USA.

Carla Cofré Guerrero [Usuario YouTube]. (13 de 10 de 2020). Importancia de la energía eléctrica en la vida cotidiana [Vídeo]. Recuperado el 15 de Julio de 2022, de https://www.youtube.com/watch?v=CIXI0bCk_IE

CENACE. (28 de 11 de 2018). ¿Sabes qué es el Sistema Eléctrico Nacional? México. Recuperado el 25 de Julio de 2022, de <https://www.gob.mx/cenace/articulos/sabes-que-es-el-sistema-electrico-nacional?idiom=es>

CENACE. (2020). *Informe de la tecnología de generación de referencia*. México. Recuperado el 21 de Julio de 2022, de [https://www.cenace.gob.mx/Docs/02_MBP/InformeTGR/2020/Informe%20TGR%20en%202020%20Preliminar%20\(v2020-11-23\).pdf](https://www.cenace.gob.mx/Docs/02_MBP/InformeTGR/2020/Informe%20TGR%20en%202020%20Preliminar%20(v2020-11-23).pdf)

Cenace México [Usuario YouTube]. (22 de 01 de 2019). ¿Qué es el Sistema Eléctrico Nacional? [Vídeo]. México. Recuperado el 23 de Julio de 2022, de <https://youtu.be/WQd53YP4DS8>

CENACE. (s.f.). *Precios de Energía y Servicios Conexos MTR*. Recuperado el 30 de Julio de 2022, de <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/Reportes/PreEnerServConMTR.aspx>

CFE. (2011). *Tensiones de corriente alterna empleadas en centrales generadoras. Especificación*. México. Recuperado el 18 de Julio de 2022, de <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/d/L0000-12.pdf>

CFE. (s.f.). *CFE, Contratación de Suministro para Solicitudes de Interconexión*. México.

Recuperado el 26 de Julio de 2022, de

<https://www.cfe.mx/hogar/nuevocontrato/Documents/contratacionconinterconexion.pdf>

CFE. (s.f.). *CFE, Contratación para Clientes de Tarifa Doméstica*. México. Recuperado el 23 de Julio de 2022, de

<https://www.cfe.mx/hogar/nuevocontrato/Documents/contrataciondeclientesresidenciales.pdf>

CFE. (s.f.). *CFE, Depósitos de garantía*. Recuperado el 01 de Agosto de 2022, de

<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Tarifas/DEPDomesticas.aspx>

CFE. (s.f.). *CFE, Tarifa 1*. México. Recuperado el 29 de Julio de 2022, de

<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Tarifas/Tarifa1.aspx>

CFE. (s.f.). *CFE, Tarifa DAC*. México. Recuperado el 29 de Julio de 2022, de

<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Tarifas/TarifaDAC.aspx>

CFE. (s.f.). *CFE, Tarifas de la electricidad CFE*. Recibo CFE, México. Recuperado el 29 de Julio de 2022, de <https://recibo-cfe.mx/tarifas-cfe/>

CFE. (s.f.). *CFE, Tarifas domésticas, 2022. Cargos por energía (\$/kWh)*. México. Recuperado el 29 de Julio de 2022, de

https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=domesticas2

Diaz, T., & Carmona, G. (2018). *Instalaciones solares fotovoltaicas* (Segunda ed.). España: McGrawHill.

DOF. (07 de 05 de 1990). Programa Nacional de Modernización Energética 1990-1994.

México. Recuperado el 20 de Julio de 2022, de

https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4654416&fecha=07/05/1990#gsc.tab=0

DOF. (15 de 12 de 2016). *Manual de Interconexión de Centrales de Generación*. Obtenido de

<https://www.cfe.mx/hogar/nuevocontrato/Fotovoltaico%20para%20hogar/Manual%20de%20Interconexi%C3%B3n%20de%20Centrales%20de%20Generaci%C3%B3n%20con%20capacidad%20menor%20a%200.pdf>

DOF. (2017). *Centrales de generación distribuida*. Resolución, CRE, México. Recuperado el

19 de Julio de 2022, de

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017&print=true

Fundación ICAI. (2022). Manual de formación para instalación y mantenimiento de pequeñas

instalaciones fotovoltaicas. España: Sunedison. Recuperado el 28 de Julio de 2022,

de <https://fundacioningenierosicai.org/2022/05/04/nuevo-voluntariado-para-capacitar-a-personas-en-riesgo-de-exclusion-social/#more-11905>

Gobierno de México. (2020). *Programa para el Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional*

2021-2035. Secretaria de Energía, México. Recuperado el 20 de Julio de 2022, de

<https://www.gob.mx/sener/articulos/programa-para-el-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional#:~:text=El%20Programa%20para%20el%20Desarrollo,Nacional%20de%20Desarrollo%202019%20%E2%80%93%202024.>

Gobierno del Estado de Oaxaca. (s.f.). Energías Renovables. Oaxaca, México. Recuperado

el 27 de Julio de 2022, de <https://www.oaxaca.gob.mx/semaedeso/energias-renovables/>

INEGI. (2018). *Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares*.

Presentación de Resultados, México. Recuperado el 22 de Julio de 2022, de

https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/encevi/2018/doc/encevi2018_presentacion_resultados.pdf

JA Solar. (2021). *Harvest the sunshine. Deep Blue 3.0. JA Solar Specifications.*

Jiménez, R., & Cerero, J. (2012). Perspectiva de la calidad de la energía eléctrica y su importancia en México. México. Obtenido de <https://www.cenam.mx/DME/pdf/PRE-Perspectiva%20de%20calidad%20de%20la%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20y%20su%20importancia%20en%20M%C3%A9xico.pdf>

LaRC NASA. (s.f.). *POWER | Data Access Viewer Prediction Of Worldwide Energy Resource.*

Recuperado el 10 de Julio de 2022, de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Limón, A. (2017). *Energía solar en México: su potencial y aprovechamiento.* México.

Recuperado el 27 de Julio de 2022, de <https://ciep.mx/energia-solar-en-mexico-su-potencial-y-aprovechamiento/>

Martínez, E. I. (2018). *Tipos de acometidas para instalación eléctrica en arquitectura.*

Unidades de Apoyo para el Aprendizaje. CUAED/Facultad de Arquitectura-UNAM, México. Recuperado el 26 de Julio de 2022, de

<https://uapa.cuaieed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/5d4223c4-28e5-4885-a27f-04bf4470c29d/Tipos-de-Acometidas-para-la-Instalacion-Elctrica/index.html>

MIT. (2015). *The future of solar energy.* Massachusetts, USA.

Murcia, J., Díaz, F., Medellín, V., Ortega, J., Santana, L., González, M., . . . Baca, C. (2009).

Proyectos, formulación y criterios de evaluación. México: Alfaomega.

Pérez, I. (01 de 06 de 2020). *Actividad solar a la baja ¿nos afectará?* (C. UNAM-DGDC,

Productor) Recuperado el 15 de Julio de 2022, de

<http://ciencia.unam.mx/leer/1004/actividad-solar-a-la-baja-nos-afectara->

Pérfiñan, Ó. (2020). Energía solar fotovoltaica. España. Recuperado el 27 de Julio de 2022, de <https://github.com/oscarperpinan/esf>

Presidencia Municipal de Sultepec. (s.f.). *El municipio de Sultepec*. Recuperado el 26 de Julio de 2022, de <https://www.los-municipios.mx/municipio-sultepec.html>

PROMEXICO. (2017). La industria solar fotovoltaica y fototérmica en México. México. Recuperado el 28 de Julio de 2022, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/428621/La_industria_solar_fv_y_ft_en_M_xico-compressed.pdf

Proyectos Eléctricos del Futuro S.A. de C.V. (s.f.). Instalaciones eléctricas PEF. Guanajuato, México. Recuperado el 25 de Julio de 2022, de <https://pef.mx/instalaciones-electricas/>

RENE. (2021). *Aviso. Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2021*. México. Recuperado el 19 de Julio de 2022, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/706809/aviso_fesen_2021.pdf

Rincón Mejía, E. A. (1999). *Estado del arte de la Investigación en Energía solar en México*. México: Cuadernos Fica. Obtenido de https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/Edo_Arte_Investigacion_Energia_Renovable_Solar_Mexico.pdf

Rincón Mejía, E. A., & Aranda Pereyra, M. (2006). *30 años de Energía solar en México*. D.F., México: ANES. Obtenido de <https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/Libro30ANES.pdf>

SEMARNAT. (2016). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2015*. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde., SEMARNAT, México. Recuperado el 22 de Julio de 2022, de

https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf

SEMARNAT. (2018). *Calidad del aire, el desafío de las grandes urbes*. México. Recuperado el 15 de Julio de 2022, de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/calidad-del-aire-el-desafio-de-las-grandes-urbes>

SEMARNAT. (21 de 09 de 2020). Reducir la contaminación atmosférica, tarea de todos. México. Recuperado el 19 de Julio de 2022, de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/reducir-la-contaminacion-atmosferica-tarea-de-todos>

SENER. (14 de 02 de 2016). Energía solar. #14DeFebreroDíaMundialDeLaEnergía. México. Recuperado el 27 de Julio de 2022, de <https://www.gob.mx/sener/articulos/energia-solar-14defebrerodiamundialdelaenergia>

SENER. (2020). *Balance Nacional de Energía*. México. Recuperado el 18 de Julio de 2022, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/707654/BALANCE_NACIONAL_ENERGIA_0403.pdf

ANEXOS