



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

División de Estudios de Posgrado

Sistema fotovoltaico interconectado una alternativa de generación eléctrica en la Escuela Telesecundaria 16ETV0057X.

T E S I S

P R E S E N T A

Armando Diaz Correa

Para obtener el grado de

Maestro en Gestión Pública de la Sustentabilidad

Director de Tesis

Dr. Carlos Alberto Gómez Prado

Codirector de Tesis

M.C. Israel Hernández Torres

Morelia, Michoacán, Julio 2024



COMITÉ DE MAESTRÍA

Comité de maestría	Integrantes
Director de tesis	Dr. Carlos Alberto Gómez Prado
Codirector	M.C. Israel Hernández Torres
Revisor 1	Dr. Manuel R. Romo de Vivar Mercadillo
Revisor 2	Dr. Rene Colin Martínez
Revisor 3	M.C. Cesar Bravo Cervantes

INDICE

1. Introducción	5
2. Abstract	6
3. Palabras Clave.....	7
4. Problemática.....	7
5. Objetivo General	7
6. Objetivos Específicos.....	8
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	9
1.1. Climático y Sustentabilidad.....	10
1.2. Fuentes de energía	11
1.3. Energías renovables	11
1.3.2. Energías no renovables	12
1.4. Tecnología solar fotovoltaica.....	13
1.4.1. Sistemas fotovoltaicos.....	15
1.5. Tipos de carga	16
1.6. Régimen de carga	17
CAPÍTULO 2. PANORAMA DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA	18
2.1. Panorama Mundial	18
2.1.1. Desafío y oportunidades a nivel mundial	20
2.1.2. Proyectos de generación de energía solar	26
2.2. Panorama Latinoamérica	27
2.3. Panorama Nacional.....	29
2.3.1. Evolución de la producción de energía eléctrica (México).....	31
2.3.2. Instalaciones Fotovoltaicas 2017-2019	40
2.3.3. Ventas reportadas en México 2017-2018	40
CAPÍTULO 3. MARCO REGULATORIO	43
3.1 Características y condiciones generales	43

3.2. Constitución de los Estados Unidos Mexicanos.....	44
3.3. Ley de la industria eléctrica	45
3.3.1. Ley de Impuesto sobre la Renta.....	45
3.3.2. Facultades del estado	46
3.6. Ley del servicio público de energía eléctrica	48
3.7. La ley de transición energética y marco regulatorio de las energías renovables	49
CAPÍTULO 4. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA SELECCIONADA	50
4.1. Características del lugar.....	50
4.1.1. Localización	50
4.1.2. Características políticas e institucionales	52
4.2. Características Poblacionales	52
4.2.1. Educación.....	54
4.2.1.1. Grado promedio de escolaridad	55
4.2.2. Salud	56
4.2.3. Esperanza de vida	58
4.3. Población económicamente activa	58
4.3.1. Financiamiento para la vivienda	60
CAPÍTULO 5. SISTEMA FOTOVOLTAICO	62
5.1. Características consideradas para la determinación óptima del proyecto.....	63
5.2. Cálculo de arreglo fotovoltaico	65
CAPÍTULO 6. ESTUDIO FINANCIERO	69
6.1. Activos fijos.....	69
6.2. Gastos	72
6.2.1. Gastos fijos y gastos variables	72
6.2.2. Gastos de administración	73
6.3. Flujo financiero.....	74
6.3.1. Criterios de evaluación financiera	76

6.4. Relación beneficio-costo	76
6.4.1. Interpretación, beneficio-costo.....	77
6.5.2. Tasa interna de retorno (TIR).....	79
6.5.3. Valor actual neto (VAN)	80
6.6. Punto de equilibrio.....	81
6.7. Impacto social	82
6.8. Impacto ambiental	83
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES	84
8. Anexos.....	86
9. PALABRAS CLAVE.....	88
10. BIBLIOGRAFÍA	90

1. Resumen

México se destaca como uno de los países con mayor exposición a la radiación solar, lo que brinda una oportunidad excepcional para el desarrollo y la implementación de tecnología que facilite la producción y distribución de energía limpia. En este contexto, la tecnología fotovoltaica se erige como una elección sobresaliente para la generación de energía eléctrica, debido a su fuente inagotable y su impacto ambiental prácticamente nulo en comparación con la producción de energía a partir de combustibles fósiles no renovables, como el carbón.

Actualmente, la Administración Nacional de Aerodinámica y el Espacio (NASA) estudia y difunde datos de radiación solar y de acuerdo con esta dependencia, en los últimos 25 años, el país ha experimentado un promedio diario de 6.61 horas de radiación solar, un dato benéfico para la producción de energía solar por medio de sistemas fotovoltaicos. A este beneficio se suma el bajo costo de mantenimiento de los paneles solares instalados, en comparación con las costosas centrales generadoras de electricidad tradicionales. Además de considerar que las instalaciones fotovoltaicas carecen de piezas móviles, reduciendo significativamente el riesgo de averías y su adopción tanto en México como a nivel mundial ha provocado un avance tecnológico y bajos costos.

En este contexto, se presenta el proyecto actual, cuyo objetivo principal es evaluar la factibilidad técnica y financiera de la generación de energía eléctrica a través de paneles solares en la escuela telesecundaria 16ETV0057X perteneciente al municipio de Contepec. Este documento proporciona información detallada sobre la capacidad instalada requerida para lograr la autosuficiencia energética en la institución, incluyendo

datos cruciales como costos de instalación, número de paneles necesarios y costos globales por nivel y usuario.

2. Abstract

Mexico stands out as one of the countries with the greatest exposure to solar radiation, which provides an exceptional opportunity for the development and implementation of technology that facilitates the production and distribution of clean energy. In this context, photovoltaic technology stands as an outstanding choice for the generation of electrical energy, due to its inexhaustible source and its practically zero environmental impact compared to the production of energy from non-renewable fossil fuels, such as coal.

Currently, the National Aerodynamics and Space Administration (NASA) studies and disseminates solar radiation data and according to this agency, in the last 25 years, the country has experienced a daily average of 6.61 hours of solar radiation, a beneficial data for the production of solar energy through photovoltaic systems. Added to this benefit is the low maintenance cost of the installed solar panels, compared to expensive traditional electricity generating plants. In addition to considering that photovoltaic installations lack moving parts, significantly reducing the risk of breakdowns, their adoption both in Mexico and worldwide has led to technological advancement and low costs.

In this context, the current project is presented, whose main objective is to evaluate the technical and financial feasibility of the generation of electrical energy through solar panels in the 16ETV0057X telesecondary school belonging to the municipality of Contepec. This document provides detailed information on the installed capacity required to achieve energy self-sufficiency at the institution, including crucial data such as installation costs, number of panels required and overall costs per level and user.

3. Palabras Clave

- 1.- Sustentabilidad
- 2.- Electricidad
- 3.- Paneles
- 4.- Fotovoltaico
- 5.- Energía

4. Problemática

La generación de energía eléctrica mediante métodos tradicionales, como la quema de carbón, tiene un impacto significativo en nuestros recursos naturales. Por esta razón, en la actualidad se busca activamente alternativas más económicas y sostenibles para obtener una fuente de energía más amigable con el medio ambiente, como una medida esencial para preservar nuestros recursos no renovables. Dada la gran importancia que tiene la energía eléctrica en la actualidad, está desempeñando un papel fundamental en el desarrollo económico del mundo moderno y, por lo tanto, resulta imperativo reemplazar los métodos tradicionales por enfoques sostenibles. Estos enfoques, además de priorizar la protección del medio ambiente, fomentan el crecimiento económico y el desarrollo sostenible.

5. Objetivo General

Llevar a cabo un análisis exhaustivo de la viabilidad técnica y económica de un sistema de autoabastecimiento eléctrico basado en paneles fotovoltaicos. Este sistema tiene como objetivo reducir tanto los costos de energía eléctrica como el impacto ambiental en

la escuela telesecundaria ESTV16-057, ubicada en el municipio de Contepec, Michoacán de Ocampo.

6. Objetivos Específicos

Analizar integralmente la viabilidad para evaluar la implementación de un sistema de autoabastecimiento eléctrico basado en la tecnología fotovoltaica en la Escuela Telesecundaria ESTV16-057, ubicada en el municipio de Contepec, Michoacán de Ocampo.

Este estudio abarcará dos áreas clave: primero, se analizará la viabilidad económica de dicho sistema. En segundo lugar, se llevará a cabo un análisis técnico exhaustivo para determinar su factibilidad técnica en el contexto de la escuela telesecundaria 057 en Contepec, Michoacán de Ocampo; Considerando que el actual proyecto se centrará en la posibilidad de transformar métodos de generación eléctrica tradicionales, que dependen de recursos no renovables, hacia una producción sostenible e inagotable mediante la implementación de un sistema fotovoltaico.

El objetivo es demostrar que no solo es económicamente viable, sino también sostenible, generar electricidad utilizando esta tecnología.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

La energía eléctrica constituye un pilar esencial para el progreso económico y social de todas las naciones, dado que prácticamente todos los aspectos de la vida moderna dependen de ella. Actualmente, la obtención de esta energía involucra diversos métodos, algunos de los cuales pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente al depender de recursos como el carbón, el gas o el gasoil. La producción de la energía eléctrica es indispensable ya que la economía global es innegable, y su uso es indispensable para mantener el funcionamiento de la sociedad. Sin embargo, la manera en que la obtenemos debería ser una prioridad a nivel mundial, enfocándonos en opciones más respetuosas con el medio ambiente.

Por lo tanto, es esencial llevar a cabo un análisis detallado de los aspectos relacionados con los procesos y costos de generación eléctrica en cada caso particular. Este análisis se vuelve especialmente complejo cuando se consideran variables como la ubicación geográfica, las condiciones económicas, las políticas gubernamentales y los factores sociales de cada país.

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, la energía eléctrica es un recurso vital en la vida cotidiana a nivel mundial, abarcando desde aplicaciones domésticas hasta su uso en la educación, la tecnología, el comercio y la industria. En todos estos sectores, la electricidad desempeña un papel fundamental en los procesos económicos y sociales que impulsan el desarrollo y el bienestar de las sociedades modernas.

1.1. Climático y Sustentabilidad

De acuerdo con una investigación realizada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en el año 2019 titulada Efecto ambiental y socioeconómico (CONACYT, 2019), La producción de energía eléctrica en la atmósfera se encuentra una mezcla de compuestos que afectan la calidad del aire, los cuales son vertidos a la atmósfera por diversas fuentes de emisión, este proceso provoca cambios climáticos los cuales a su vez provocan daños en la vida humana, por esta razón la sustentabilidad es de gran importancia en la generación de energía eléctrica mediante procesos más amigables con el medio ambiente. Entre los principales contaminantes atmosféricos se incluyen óxido de nitrógeno (NOx) que son formados por la combustión de hidrocarburos. Además, se encuentra el material particulado (MP) constituido por materiales como polvos, ceniza, hollín, polen y cemento.

Las principales fuentes de emisión de NOx son procesos de combustión que incluye: generación de electricidad de forma tradicional.

La principal consecuencia ambiental de la contaminación del aire es la lluvia ácida, formada a partir de la reacción química de NOx y óxidos de azufre (SOx) con la humedad atmosférica, dando como resultado la producción de ácidos los cuales sin duda dañan la salud de los seres vivos, además de considerar que la calidad del aire afecta el equilibrio del medio ambiente, también genera consecuencias en la salud humana y a los seres vivos en general que desembocan en un deterioro de la calidad de vida; por ejemplo, se estima que esta situación, en 2012, fue la causa de 6.5 millones de muertes prematuras en el mundo; de las cuales, en tres millones de casos, las personas estuvieron expuestas a material particulado en exteriores (CONACYT, 2019).

1.2. Fuentes de energía

De acuerdo con su forma de obtención, las fuentes de energía se pueden dividir en dos grandes grupos: energías renovables y energías no renovables detallados a continuación.

1.3. Energías renovables

Energía que, administrada en forma adecuada, puede explotarse ilimitadamente, ya que su cantidad disponible no disminuye a medida en que esta se aprovecha (SEMARNAT, 2017).

1.3.1. Energía eólica

Se obtiene al convertir el movimiento de las palas de un aerogenerador en energía eléctrica.

1.3.1.2. Energía solar

Obtenida a partir de la radiación del sol y utilizada para usos térmicos mediante colectores o para generar electricidad con paneles fotovoltaicos.

1.3.1.3. Energía hidráulica o hidroeléctrica

Se obtiene del aprovechamiento de las energías cinéticas y potenciales de la corriente del agua, saltos de agua o mareas.

1.3.1.4. Biomasa y biogás

Es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica o industrial formada en algún proceso biológico o mecánico.

1.3.2. Energías no renovables

La energía no renovable es aquella que sus reservas son limitadas y, por lo tanto, se disminuyen a medida que son utilizadas para obtener energía eléctrica.

1.3.2.1. Energía fósil

El combustible fósil es un recurso energético no renovable, que se genera a partir de la descomposición de materia orgánica proveniente de restos animales y vegetales. Los recursos de esta índole son los siguientes:

Sólida (carbón)

Líquida (petróleo)

Gaseosa (gas natural)

El proceso para la obtención de energía eléctrica mediante recursos naturales no renovables consiste en la quema de este recurso para calentar agua produciendo vapor, el cual, a presión, permite el funcionamiento de grandes turbinas generadoras de energía eléctrica.

1.3.2.2. Energía nuclear

La energía nuclear es la energía contenida en el núcleo de un átomo, esta energía es obtenida mediante el proceso que conlleva romper los átomos provocando reacciones en cadena, controladas dentro de un reactor nuclear. Este proceso libera energía radiante y térmica, la cual, se aprovecha para calentar agua que mueve las turbinas que producen electricidad.

1.4. Tecnología solar fotovoltaica

Los avances tecnológicos y científicos han revolucionado la generación de energía, destacando especialmente la tecnología fotovoltaica. En la actualidad, los costos de fabricación de paneles fotovoltaicos han disminuido significativamente, permitiendo recuperar la inversión total en tan solo 2 años. Además, estos paneles ofrecen una fiabilidad excepcional, resistiendo condiciones climáticas adversas durante un período de 20 años (según datos de la Secretaría de Energía, P. M., 2017).

Este avance ha dado lugar a un próspero mercado de energía fotovoltaica, generando tanto oferta como demanda, lo que ha contribuido a aumentar la eficiencia y reducir los costos en la producción de paneles solares. Un ejemplo notable son las tecnologías basadas en silicio que, en su estado actual, tienen la capacidad de ser utilizadas en instalaciones a gran escala de gigavatios sin necesidad de avances tecnológicos significativos. Además, es importante destacar la existencia de celdas solares fabricadas con películas delgadas de materiales semiconductores dispuestas en capas sobre un soporte de bajo costo, como se ilustra en la tabla 1. Esta innovación representa una opción prometedora en la evolución de la tecnología fotovoltaica.

Tabla 1**Tecnologías de silicio actuales**

Películas delgadas	Eficiencia
Amorfas	4% a 11.1%
Silicio multiunión	Hasta 40%
Celdas de telurio de cadmio	16.50%
Cobre indio galiodi (selenio)	7% a 19.5%

Fuente: elaboración propia, secretaria de energía, 2017.

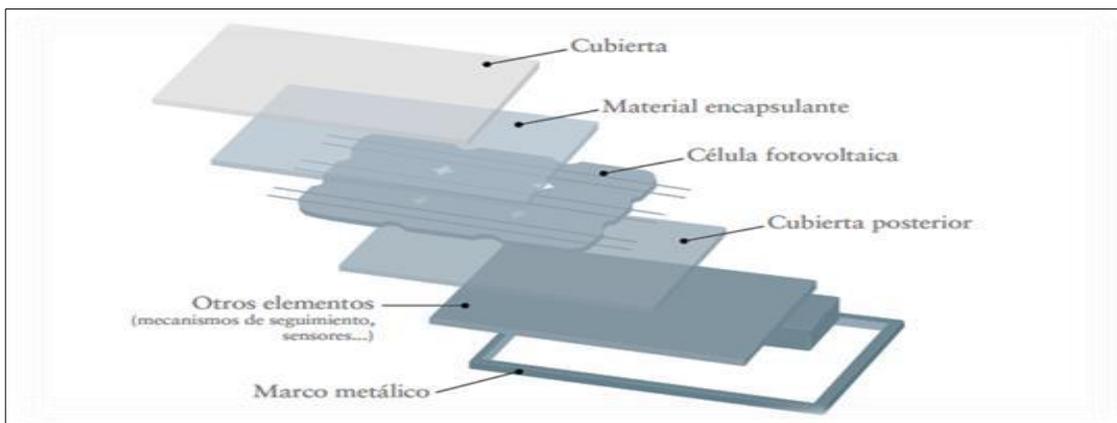
Además, una nueva investigación abre la posibilidad de fabricar celdas solares con una eficiencia notablemente mayor. Una de las propuestas en consideración implica la superposición de materiales de diferentes grosores en un diseño multifuncional, logrando una eficiencia que puede alcanzar hasta el 40% a costos relativamente asequibles.

El concepto detrás de los módulos fotovoltaicos propuestos opera de la siguiente manera: al ser un conjunto de celdas interconectadas, tienen la capacidad de generar un amplio rango de potencias que pueden llegar a varios cientos de vatios.

Un módulo fotovoltaico de silicio convencional suele constar de 60 a 96 celdas solares individuales, cada una con una superficie de 15 centímetros cuadrados (cm²), siendo capaz de producir entre 4 y 5 Watts en condiciones de máxima radiación solar. Las dimensiones típicas de los módulos fotovoltaicos comerciales son de 1 metro (m) por 1.5 metros (m) con un grosor de 4 centímetros (cm), con una capacidad para generar una potencia máxima de 260 a 320 Watts (según datos de la Secretaría de Energía, P. M., 2017).

Figura 1

Esquema de un módulo fotovoltaico



Fuente: La industria solar fotovoltaica y foto térmica en México, secretaria de energía, 2017.

Es importante tener en cuenta que en la concentración fotovoltaica se requiere dirigir la radiación solar hacia celdas pequeñas de alta eficiencia. Esto se logra mediante el uso de espejos, lentes o, en ocasiones, una combinación de ambos dispositivos, como se ilustra en la figura 1 adjunta. Las celdas de concentración fotovoltaica están compuestas por varias capas diseñadas para capturar longitudes de onda específicas del espectro de luz solar.

1.4.1. Sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos se componen de la conexión eléctrica de varios módulos en configuraciones serie-paralelo y pueden incluir elementos como acumuladores de energía, inversores, medidores bidireccionales, líneas de transmisión, cuadros eléctricos, equipos de medición, fusibles e interruptores. Estos sistemas tienen la flexibilidad de conectarse a la red eléctrica o de operar de manera independiente. En los

sistemas conectados a la red, los inversores y transformadores convierten la corriente continua de bajo voltaje en una corriente de salida de alto voltaje que se integra en la red eléctrica (según datos de la Secretaría de Energía, P. M., 2017).

Los sistemas aislados utilizan controles de carga y baterías para almacenar la energía generada durante el día y suministrarla cuando hay una mayor demanda, como por la noche. Los sistemas fotovoltaicos tienen una amplia gama de aplicaciones, que incluyen sistemas de pequeña escala en el sector residencial, sistemas de mediana escala en el sector comercial, sistemas de gran escala en el sector de las empresas de servicios públicos eléctricos y aplicaciones aisladas de diversas capacidades (según información de la Secretaría de Energía, P. M., 2017).

Es importante destacar que la carga eléctrica en estos sistemas se determina mediante dos variables que varían según el sistema en cuestión: el tipo de carga y el régimen de carga.

1.5. Tipos de carga

Existen tres tipos de carga (consumo):

CD (Corriente Directa): Es un flujo eléctrico que se mantiene constante y no hay cambios en el voltaje.

CA (Corriente Alterna): Es el flujo de carga eléctrica que varía en dirección, con cambios en el voltaje y la corriente.

Mixta (CD y CA): Es aquella en la que se superponen una corriente continua y una corriente alterna.

1.6. Régimen de carga

El régimen de carga se define a través de tres variables fundamentales:

1.- La cantidad de energía necesaria para alimentar la carga diariamente, medida en Wh/día o kWh/día. Esta cantidad está directamente relacionada con la cantidad de dispositivos eléctricos en funcionamiento en un hogar, negocio, oficina o empresa durante el día.

2.- El periodo del día en el que se emplea la energía eléctrica, que puede ser diurno, nocturno o continuo (día y noche). Este factor influye en la gestión de la demanda eléctrica y en la planificación de la generación de energía.

3.- El valor máximo o pico de consumo, que corresponde a las horas durante el día en las que la carga eléctrica alcanza su nivel más alto. Satisfacer este pico de demanda es esencial para evitar fallos en el suministro eléctrico y garantizar un servicio confiable.

Estas variables son cruciales para diseñar sistemas de generación eléctrica, como los sistemas fotovoltaicos, de manera eficiente y adaptada a las necesidades específicas de cada aplicación.

CAPÍTULO 2. PANORAMA DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

El panorama global de la energía fotovoltaica refleja una transición significativa de los métodos convencionales de producción de energía eléctrica hacia enfoques más respetuosos con el medio ambiente.

La rentabilidad de la energía fotovoltaica se ve influenciada por una serie de factores, entre los que se incluyen la ubicación geográfica, las políticas internas de cada país, las inversiones tanto del sector privado como público. Como resultado, la evolución de la energía fotovoltaica varía significativamente de un país a otro, al igual que los costos de producción, los cuales pueden variar según la ubicación de los parques fotovoltaicos.

2.1. Panorama Mundial

En el ámbito industrial, el aprovechamiento de energías renovables ha experimentado un crecimiento notable, impulsado principalmente por la creciente preocupación por el cambio climático y la búsqueda de nuevas oportunidades comerciales. Estos factores han contribuido al aumento en el uso de energías renovables a nivel global.

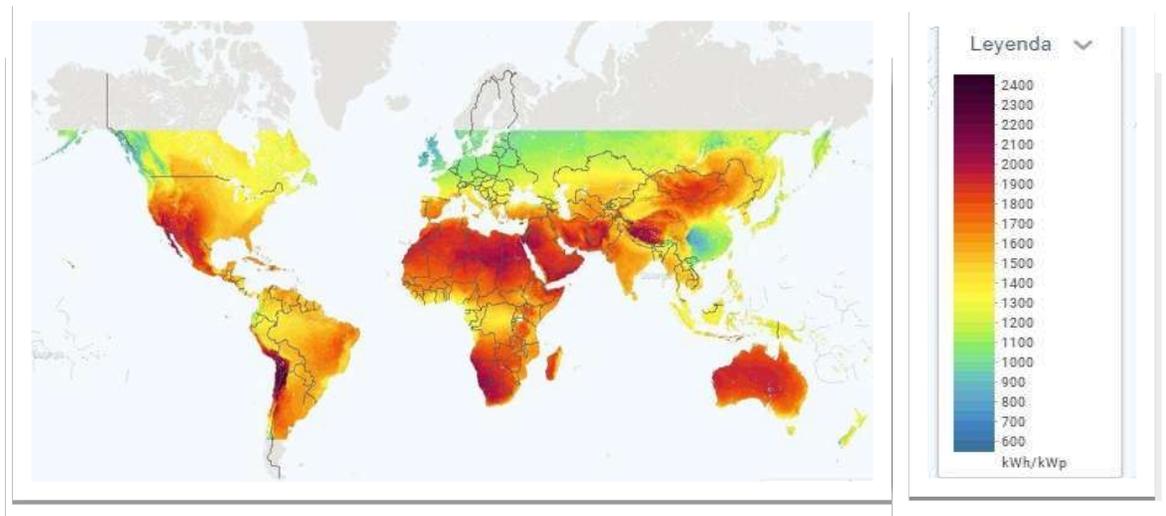
Según datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en 2014, a pesar de la disminución de los precios del petróleo en la segunda mitad del año, se observó un incremento en el consumo mundial de energía, especialmente en el sector eléctrico. Este aumento se debió en gran medida a la expansión de fuentes de energía renovable, como la eólica, la solar fotovoltaica y la hidroeléctrica. Esta tendencia resalta la importancia de priorizar la generación de energía de manera sostenible, incluso en un contexto de precios decrecientes en los recursos no renovables con un alto impacto ambiental. Cabe destacar que la disminución de los costos en la generación de energía fotovoltaica ha contribuido significativamente a este proceso.

China, Japón y Estados Unidos lideraron la incorporación de nueva capacidad, y también se observaron aumentos notables en América Latina, África y en menor medida en el Medio Oriente. Por otro lado, en la mayoría de los mercados de la Unión Europea se registraron reducciones por tercer año consecutivo. Sin embargo, esta región, especialmente Alemania, continuó liderando el mundo en términos de capacidad total de energía solar fotovoltaica y su contribución a la red eléctrica (según Altomonte, 2017).

Es fundamental tener en cuenta que la energía que recibimos del sol en un solo día es suficiente para cubrir la demanda energética mundial actual durante más de 20 años (según datos de la Secretaría de Energía, P. M., 2017). Esto resalta el potencial inmenso de la energía solar como una fuente inagotable y sostenible de energía.

Figura 2

Radiación solar



Fuente: Atlas solar global, 2022.

2.1.1. Desafío y oportunidades a nivel mundial

Según el Banco Mundial, se anticipa una rápida transición de los combustibles fósiles hacia la energía solar, especialmente en países en desarrollo. Un factor clave en esta transición es la disminución acelerada de los costos de generación de energía solar fotovoltaica, que en algunos países ya es inferior al costo del carbón y el gas, según el Banco Mundial (Mundial, 2017). Como resultado, las energías renovables están liderando la producción de electricidad a nivel mundial.

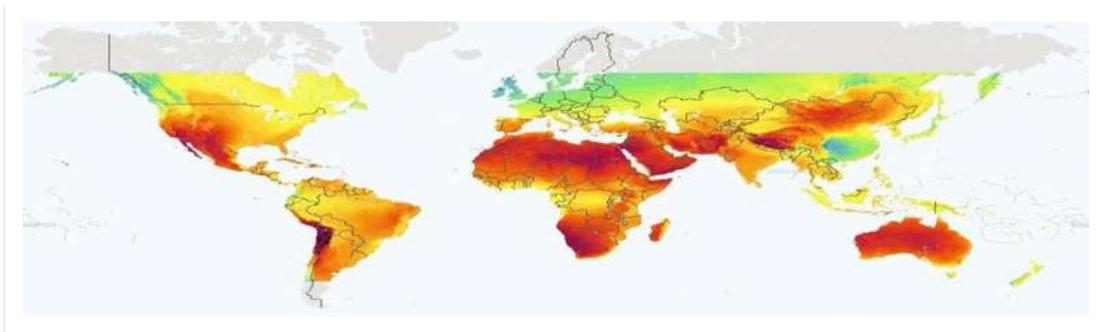
Países como Argentina, Chile, India, Jordania, Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos han llevado a cabo licitaciones sin precedentes para la implementación de energía solar fotovoltaica. Es importante destacar que los países en desarrollo ahora representan más del 50% de la generación de energía solar a nivel mundial.

El crecimiento de la energía fotovoltaica ha sido respaldado por el Banco Mundial a través de su colaboración con gobiernos en la mejora de las instituciones del sector energético. Esto implica la creación de marcos legales, políticas y regulaciones más sólidos para promover la generación de energía fotovoltaica y fomentar la competencia en lugar de monopolios. Esto ha sentado las bases para la expansión de la energía solar en países como la India, Marruecos y Turquía.

Además, el Banco Mundial proporciona datos detallados de recursos solares de forma gratuita a través de herramientas como el Atlas Mundial de la Energía Solar (Imagen, Atlas). También ofrece el Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía (ESMAP), que brinda servicios analíticos y de asesoría a países de ingresos bajos y medianos para fortalecer sus capacidades técnicas e institucionales en el campo energético, promoviendo soluciones energéticas sostenibles que combaten la pobreza y fomentan el crecimiento económico (Mundial, 2014).

Figura 3

Atlas mundial de la energía solar



Fuente: Atlas Solar Global, 2022.

En octubre de 2017, la Corporación Financiera Internacional (IFC) finalizó un acuerdo financiero significativo por un valor de USD 653 millones destinado a financiar la construcción de 13 plantas de energía solar en el Parque Solar Beban de Egipto. Estas plantas generarán una capacidad de hasta 752 megavatios (MW) de energía solar y serán capaces de abastecer de electricidad a alrededor de 350,000 clientes residenciales. Una vez completado, el parque solar de 1650 MW se convertirá en la instalación de energía solar más grande del mundo y se espera que contribuya a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en aproximadamente 2 millones de toneladas al año (Mundial, 2017).

En 2014, las energías renovables representaban el 27% de la capacidad global de generación de energía. Según la Secretaría de Economía, se proyecta que para 2020, la capacidad instalada para la generación de electricidad a partir de fuentes renovables alcanzará los 2,370 gigavatios (GW), lo que representa un aumento del 38% en comparación con los niveles de 2014. Cabe destacar que la energía hidroeléctrica y la energía eólica serán las fuentes más beneficiadas por este crecimiento

Tabla 2

Generación fotovoltaica esperada 2035.

Generación de energía fotovoltaica	
Año	GW
2020	379
2035	951

Fuente: elaboración propia, Secretaría de Economía, 2019.

Durante 2014, los países que tenían más demanda en la energía renovable fueron: China, Brasil, Estados Unidos de América seguidos por India y Japón; creando nuevas oportunidades, tal como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Empleos en el mundo (eléctrica limpia)

Países	Total de empleos	Producción de GW
China	3,390	2,241
Brasil	934	41
EE.UU.	724	174
India	437	200
Japón	218	210
Alemania	371	68
Mundo	7,664	3,281

Fuente: elaboración propia, secretaría de economía, pro-México, 2017.

A pesar del notorio aumento en la producción de energía a partir de fuentes renovables, como se refleja en la Tabla 3, existen notables diferencias en las decisiones de inversión tomadas por los países. Por ejemplo, China ha apostado considerablemente en el sector de energías renovables, mientras que Estados Unidos ha enfocado más sus esfuerzos en la bioenergía. Estas diferencias se deben en gran medida a factores económicos, geográficos y, sobre todo, políticos, así como a los costos de producción específicos de cada país.

En la Tabla 4, se observa que algunos países, como Ecuador, Argentina, Canadá y México, presentan costos más elevados para la generación de energía eléctrica fotovoltaica. Esto explica por qué estos países pueden optar por métodos alternativos que resulten más económicos y rentables a corto plazo. Por otro lado, en Uruguay, Panamá y Brasil, los costos son más bajos, lo que hace que la generación de electricidad a través de celdas fotovoltaicas sea una opción más atractiva.

Estas decisiones se basan en una serie de variables y contextos específicos que influyen en la elección de las fuentes de energía renovable más adecuadas para cada país.

Tabla 4

Costos nivelados de energía solar (fotovoltaico)

País	Bajo	Medio	Alto
Uruguay	78	78	85
Panamá	81	95	109
Brasil	83	100	145
chile	84	101	119
EE.UU.	92	130	252
México	108	161	204
Canadá	186	200	236
Argentina	180	209	220
Ecuador	230	254	270

Fuente: elaboración propia, secretaría de economía, pro-México, 2017.

Tabla 5**Producción de electricidad fotovoltaica de la OCDE por tipo de combustible¹**

AÑO	2017	2018	2018	2019	2019	2020	2020
Mes	Diciembre	Enero	Diciembre	Enero	Diciembre	Enero	Noviembre
TWh	12.8	13.9	16.3	17.1	17.9	21.0	26.1

Fuente: elaboración propia, agencia internacional de energía, 2011-2012.

Según la Agencia Internacional de Energía, la generación de energía solar fotovoltaica experimentó un impresionante aumento del 22% en 2019, alcanzando un total de 720 teravatios-hora (TWh). Este crecimiento representó el segundo mayor incremento absoluto en generación de todas las tecnologías renovables, superado ligeramente por la energía eólica y superando a la energía hidroeléctrica (Energía A. I., 2020).

A pesar de los desafíos relacionados con cambios de política y las incertidumbres en China (el mercado fotovoltaico más grande del mundo) en el año 2019 marcó un récord mundial en la capacidad fotovoltaica global. La competitividad continúa mejorando, y la energía solar fotovoltaica está encaminada a alcanzar los niveles proyectados en la "Sustainable Development Scenario" (SDS), que requiere un crecimiento anual promedio del 15% entre 2019 y 2030 (Energía A. I., 2020).

En 2019, la participación de la energía solar fotovoltaica en la generación mundial de energía fue del 3%. A pesar de los retrasos y desafíos causados por la pandemia de COVID-19, como problemas en la cadena de suministro, limitaciones en el trabajo y

¹ Actualizado mensualmente, proporciona datos sobre la producción y el comercio de electricidad para todos los países miembros de la OCDE

retrasos en la construcción de proyectos, es importante destacar que el sector fotovoltaico depende tanto de empresas como de individuos, especialmente las pequeñas y medianas empresas (pymes), que se vieron gravemente afectadas por las medidas de la pandemia. No obstante, la energía solar fotovoltaica sigue siendo cada vez más competitiva en términos de costos en comparación con otras alternativas. El ritmo de crecimiento futuro del sector dependerá de la recuperación económica y las políticas gubernamentales adoptadas por cada país.

Una estrategia sólida para impulsar el desarrollo de energías renovables implica fomentar la generación de electricidad a través de fuentes como el viento, el sol, la biomasa, el biogás y pequeñas instalaciones hidroeléctricas. Esto contribuye no solo a diversificar la matriz energética, sino también a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y a mitigar el impacto ambiental.

2.1.2. Proyectos de generación de energía solar

La creación de proyectos industriales ha experimentado un aumento significativo, especialmente en la India, donde se han establecido parques industriales² a gran escala respaldados por el gobierno. El objetivo es instalar 100 gigavatios (GW) de energía solar como parte de una meta total de 175 GW de energías renovables para el año 2022. Este esfuerzo se lleva a cabo en colaboración con el Banco Mundial y la Corporación Financiera Internacional (IFC).

Un ejemplo destacado es el gobierno de la provincia de Gujarat, India, que buscó asesoramiento de la IFC para diseñar un innovador modelo de asociación público-privada (APP) con el propósito de agregar capacidad de generación de electricidad

² El Banco Mundial y el Fondo para una Tecnología Limpia contribuyen a reducir el riesgo y bajar el costo de la infraestructura de estos parques solares como parte de un paquete de financiamiento de USD 100 millones para los parques en la India.

mediante la instalación de 500 MW de energía solar fotovoltaica para 2014. Este proyecto sentó las bases para la expansión de la energía solar a través de paneles solares en techos, que ha alcanzado una capacidad de 1640 MW en la actualidad (MUNDIAL, 2017).

La IFC ha continuado su colaboración en el estado de Odisha, India, y en otros estados del país para promover el modelo de paneles solares en techos, lo que ha atraído inversiones privadas por un total de USD 37 millones y ha mejorado el acceso a la electricidad para aproximadamente 27,000 personas.

El Grupo Banco Mundial también respalda el Proyecto de 750 MW de Ultra Mega Solar Ltd. en Rewa, India, que ha logrado reducir los precios de la energía solar a niveles sin precedentes en el país y se espera que atraiga inversiones privadas superiores a los USD 500 millones (MUNDIAL, 2017). Estos esfuerzos reflejan el compromiso de la India en la expansión de la energía solar y el fomento de la inversión privada en este sector.

2.2. Panorama Latinoamérica

Es importante tener en cuenta que la demanda de energía eléctrica continúa aumentando cada año, y esto es evidente en varios países, incluido Chile, donde se ha observado un incremento de 200 megavatios por año, según datos de la CEPAL. El desarrollo económico y el crecimiento de los países dependen en gran medida de la disponibilidad de energía eléctrica, lo que resalta la necesidad de buscar fuentes de energía renovable, inagotable, limpia y de bajo impacto ambiental. Este enfoque representa una oportunidad significativa para los países de América Latina.

Un ejemplo notorio de este crecimiento es Chile, donde la industria de las energías renovables ha experimentado un auge tras la aprobación de la Ley de Energías Renovables No Convencionales en 2018. Sin embargo, este rápido crecimiento también ha generado desafíos, como limitaciones en la capacidad de transmisión y saturación en los bancos comerciales debido a la sobreoferta en las horas de sol. Esto ha llevado a que los pequeños inversores se centren en medios de generación distribuidos con una capacidad igual o inferior a 9 megavatios.

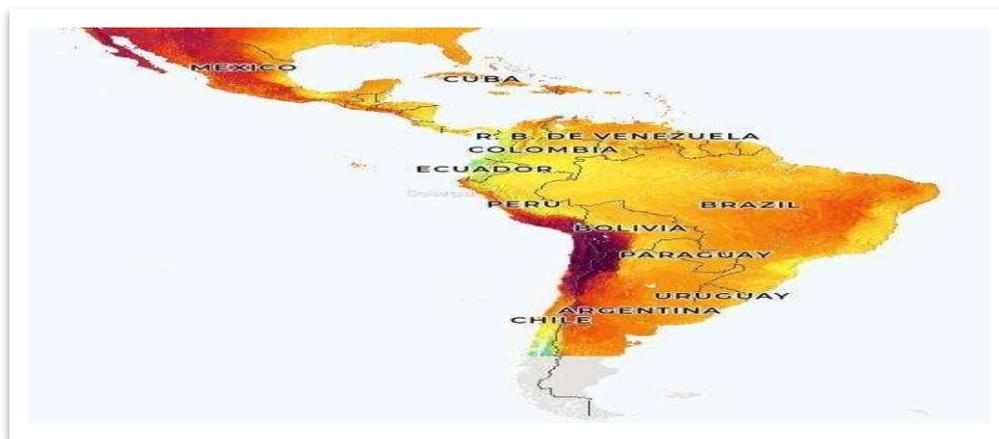
En el caso de México, existe una necesidad de un marco regulatorio que fomente las energías renovables, ya que los inversores enfrentan desafíos de financiamiento. A diferencia de Chile, México, enfrenta un mercado competitivo con márgenes de ganancia más bajos que dependen del acceso a financiamiento a largo plazo. La Corporación Interamericana de Inversiones ofrece opciones de financiamiento a largo plazo o sin recursos en dólares y pesos, así como deuda subordinada para mejorar los rendimientos de los proyectos (Otero, 2018).

En Argentina, el programa "Renovar" y las licitaciones asociadas han promovido significativamente las energías renovables, resultando en la adición de 916 megavatios de energía solar. Sin embargo, el financiamiento disponible en Argentina para proyectos de energía solar se caracteriza por plazos cortos con garantías de patrocinadores, lo que puede no ser suficiente para garantizar la viabilidad de los proyectos. La Corporación Interamericana de Inversiones también ofrece préstamos a largo plazo para proyectos de energía solar en Argentina, lo que brinda oportunidades adicionales para la inversión en esta fuente de energía.

La III Reunión Ministerial de la Alianza de Energía y Clima de las Américas, que tuvo lugar en Viña del Mar, Chile, en septiembre de 2019, fue un importante foro en el que 19 países abordaron temas relacionados con la atracción hacia las energías limpias y eficientes, la optimización de los combustibles fósiles, la integración energética y la inversión en investigación. Se destacó que el 60% de la energía eléctrica en América Latina y el Caribe proviene de fuentes renovables, lo que posiciona a la región como una de las más verdes del mundo. Esto indica una tendencia hacia el abandono gradual de las energías no renovables a medida que la tecnología se vuelva más competitiva y accesible, especialmente en los países de América Latina.

Imagen 4

Atlas solar global



Fuente: atlas solar global, 2022.

2.3. Panorama Nacional

México goza de una ubicación geográfica privilegiada para la producción de energía solar, situándose como el tercer país más atractivo para la generación de energía eléctrica a través de este proceso, como se muestra en la Imagen 6. A pesar de esto, la

generación de electricidad mediante energía solar no lo coloca como líder en este aspecto, siendo superado por países como Estados Unidos en términos de producción. En la actualidad, México ya cuenta con plantas generadoras de energía solar estratégicamente ubicadas en el país, y en la Imagen 5 se puede apreciar la capacidad instalada y las áreas geográficas más prometedoras para la generación de energía solar en territorio mexicano.

Figura 5

Capacidad instalada vs las mejores áreas geográficas potenciales



Fuente: elaboración propia, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2022.

Como se mencionó anteriormente, la ubicación de México es ideal para la implementación de nuevos proyectos de generación eléctrica fotovoltaica. El Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE) revela valores sumamente atractivos para el desarrollo de esta tecnología, con una irradiación solar media diaria de aproximadamente

5.5 kWh/m² durante todo el año, pudiendo alcanzar incluso valores superiores a 8.5 kWh/m².

Según datos de la Secretaría de Energía, en 2015 se registraron proyectos que sumaban una capacidad de 3,833 MW, los cuales se encuentran actualmente en proceso de construcción o en las fases iniciales de desarrollo. Esto indica un gran potencial para la generación de energía a partir de paneles solares fotovoltaicos en todo el territorio mexicano.

En la tabla siguiente, se presentan diversos escenarios planteados por INERE, junto con la capacidad instalable en MW, la generación de energía en GWh/a, y las emisiones de CO₂ evitables en Mt/a correspondientes a cada capacidad en MW. Además, se considera la tecnología utilizada en relación con los paneles, si son fijos o si realizan un seguimiento de los rayos solares a lo largo del día. Esto resalta la relevancia de aprovechar adecuadamente los niveles de irradiación solar para convertir la energía solar fotovoltaica en una de las principales fuentes de suministro de energía en todo México.

2.3.1. Evolución de la producción de energía eléctrica (México)

La llegada de la energía eléctrica a México se remonta a finales del siglo XIX, cuando se instaló la primera planta en 1879 en León, Guanajuato. Inicialmente, esta energía se utilizaba principalmente en la industria textil, pero con el tiempo se extendió a la minería y, en menor medida, a la iluminación de hogares y espacios públicos.

En 1889 se construyó la primera planta hidroeléctrica en Batopilas, Chihuahua, la cual expandió sus redes hacia áreas urbanas y comerciales, principalmente dirigidas a la población de mayor poder adquisitivo.

Hasta 1937, según datos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en México, solo el 38.25% de la población tenía acceso a la energía eléctrica, y este servicio estaba controlado por tres empresas privadas: Mexican Light, American and Foreign, y la propia Comisión Federal de Electricidad.

Durante este período, las interrupciones en el suministro eléctrico eran frecuentes y las tarifas eran elevadas. Para abordar estos problemas y promover el crecimiento y desarrollo del país, se creó la Comisión Federal de Electricidad (CFE) el 14 de agosto de 1937, de acuerdo con la ley promulgada en Mérida, Yucatán, con el objetivo de organizar y supervisar un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica basado en principios técnicos y económicos, sin fines de lucro y con el propósito de lograr el máximo rendimiento en beneficio de los intereses generales.

En 1938, se inició el importante proyecto hidroeléctrico con la construcción de canales, caminos y carreteras que formaron el Sistema Hidroeléctrico Ixtapantongo, ubicado en el Estado de México, posteriormente conocido como el Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán. Durante ese año, se observó un crecimiento significativo en la capacidad instalada de la CFE, como se muestra en la tabla 7, donde la capacidad instalada aumentó de 64 kW en 1938 a 45,594 kW. Sin embargo, este crecimiento no fue sostenido, ya que para 1960 la capacidad instalada se redujo a tan solo 1,246.32 kW.

Tabla 6**Evolución de la capacidad instalada Kw (CFE)**

Año	Capacidad Instalada
1938	64.00 kW
1946	45,594.00 kW
1960	1,246.32 kW

Fuente: elaboración propia, comisión federal de electricidad, 2022.

Para 1960 en México se tenía una capacidad instalada de 1,246.32 kW, de los cuales CFE aportaba el 54% el resto era apartado por diferentes empresas, tabla 8.

Tabla 7**Suministro de energía (capacidad instalada 1960)**

AÑO	Empresas	Aportación de Energía Eléctrica (%)
1960	Comisión federal de Electricidad (CFE)	54%
	Mexican Light	25%
	American and Foreign	12%
	Resto de las compañías ³	9%

Fuente: elaboración propia, comisión federal de electricidad, 2022.

El 27 de septiembre de 1960, durante la presidencia de Adolfo López Mateos, se llevó a cabo la nacionalización de la industria eléctrica en México. Este proceso marcó un hito

³ Las compañías eléctricas CFE, Mexican Light, American and Foreign tenían las concesiones e instalaciones de la mayor parte de las pequeñas plantas que sólo funcionaban en sus regiones

importante, ya que más del 50% de la inversión pública se destinó a obras de infraestructura eléctrica, incluyendo la construcción de centros generadores de energía eléctrica como Infiernillo y Temascal. Esto permitió que la capacidad instalada alcanzara los 7,874 MW, marcando el inicio de un período de crecimiento significativo.

Durante la década siguiente, el crecimiento continuó, aunque a un ritmo menor, sumando 9,437 MW adicionales. Para el año 2000, México contaba con una capacidad instalada de generación de 35,385 MW y una cobertura del servicio eléctrico del 94.70% a nivel nacional. La red de transmisión y distribución se extendía por 614,653 km, equivalente a más de 15 vueltas completas alrededor de la Tierra, y se atendían a más de 18.6 millones de usuarios, incorporando casi un millón cada año.

En 2013, se promulgó la reforma energética, y en 2016, se dividió la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en 9 empresas subsidiarias y 4 filiales. También comenzaron las subastas en el Mercado Eléctrico Mayorista.

Hoy en día, la CFE ha logrado un nivel de electrificación del 98.95% de la población en México. Para septiembre de 2020, la CFE cuenta con una impresionante infraestructura que incluye 335,195 torres de transmisión, 110,187 kilómetros de líneas eléctricas, 2,236 subestaciones de potencia y 50,808 kilómetros de fibra óptica en su Red Nacional de Comunicaciones. La empresa también cuenta con 16 Gerencias Divisionales de Distribución y 1,269 Centros de Atención a Clientes.

En cuanto a la generación de energía, la CFE opera un parque de generación compuesto por 192 centrales que utilizan diversas tecnologías, incluyendo ciclo combinado,

termoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, nucleoeléctrica, turbo gas, geo termoeléctrica, hidroeléctrica, diésel y fotovoltaicas, distribuidas en todo el territorio mexicano. La CFE se ha convertido en una de las empresas eléctricas más grandes del mundo debido a su alcance y diversidad en la generación de energía.

Figura 6

Línea de tiempo, empresa generadora de energía eléctrica, capacidad instalada

CFE, Mexican Light, American and Foreign	CFE	CFE	CFE	CFE	CFE	CFE	CFE
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
1938	1946	1960	1971	1970-1980	1991	2000	2020
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
64 Kw	45,594 kW	1246.32 kW	7,874 MW	17,360 MW	26,797 MW	35,385 MW	58,977 MW

Fuente: elaboración propia, comisión federal de electricidad, 2022.

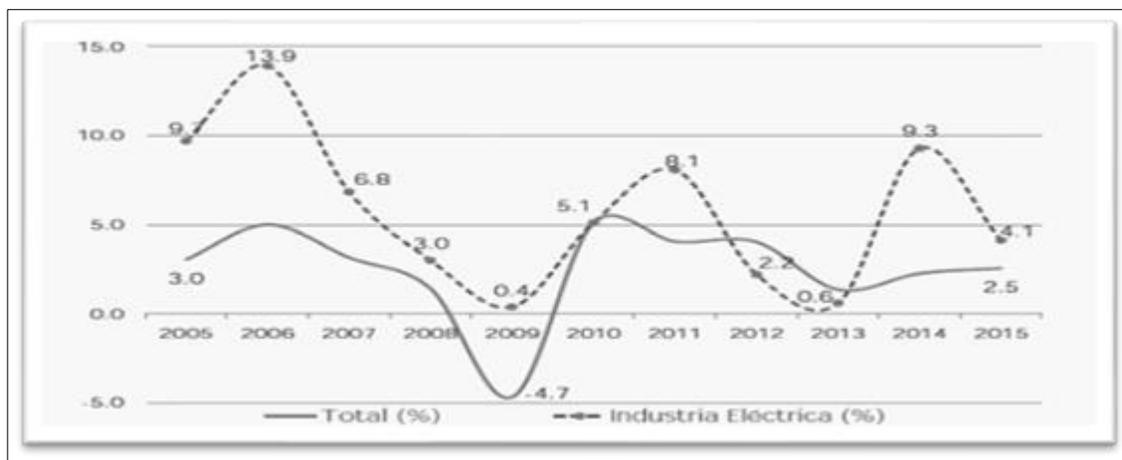
Garantizar el abasto de energía eléctrica de forma continua y segura, permite el acceso a bienes y servicios sociales básicos como la salud, educación, alimentación, lo que permite ser un servicio promotor directo de desarrollo económico y social.

En México, la industria eléctrica (la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica), es considerado el único sector industrial que aumentó su participación en el PIB Nacional de forma continua, hasta alcanzar un promedio de 1.8% en la última década (ENERGÍA, s.f.).

Se debe de considerar que la trayectoria de crecimiento de la industria eléctrica, en periodos de expansión, es más pronunciada que la trayectoria del crecimiento nacional, por contrario en los periodos de recesión su fluctuación es de menor amplitud comparada con la del PIB nacional, esto se le atribuye a que la energía eléctrica es un bien de primera necesidad.

Gráfica 1

Evolución del crecimiento del PIB total y de la industria eléctrica 2005-2015



Fuente: Secretaría de Energía (SENER), 2005.

De acuerdo con el inventario nacional de energías limpias, México tiene características idóneas para poder aprovechar la energía solar manejando celdas fotovoltaicas (tabla 9). Se debe de considerar que la zona geográfica del territorio mexicano es una de las más atractivas del mundo para invertir en proyectos para la generación de energía.

Tabla 8

Países más atractivos del mundo para la generación de energía fotovoltaica

País	Lugar	
China	1	
Singapur	2	
México	3	

Fuente: elaboración propia, secretaría de economía, pro-México, 2017.

La Tabla 9 muestra una lista de los países más atractivos en la actualidad para la generación de energía fotovoltaica, basada en la radiación solar disponible en cada uno de estos países. México destaca como uno de los países con un gran potencial para aprovechar el sistema fotovoltaico debido a su abundante radiación solar.

En cuanto a la capacidad instalada en México por las diferentes modalidades de generación vigentes, se observa que el 61.6% de la capacidad pertenece a centrales eléctricas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el 19.0% es propiedad de centrales productoras independientes de energía, y el 19.4% restante corresponde a la capacidad instalada proporcionada por particulares bajo diversos esquemas, como autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción, exportación, usos propios continuos y generación independiente.

Es importante señalar que, aunque México tiene un gran potencial para la producción de energía fotovoltaica debido a su ubicación geográfica, actualmente esta tecnología no es la más utilizada para la generación de energía eléctrica en el país debido a los costos relativamente altos, como se muestra en la Tabla 11.

En el año 2018, la capacidad instalada y la generación de energía eléctrica estaban lideradas por el sector público, representado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), con una capacidad instalada de 3,710.41 GWh/a. El sector privado ocupaba el segundo lugar con una capacidad de generación de 146.94 GWh/a.

A pesar de que la energía fotovoltaica tiene un gran potencial en México, su adopción y uso aún no han alcanzado su máximo potencial, en parte debido a consideraciones de costos. Sin embargo, con la creciente conciencia sobre la importancia de las energías renovables y el avance tecnológico, es posible que esta situación evolucione en el futuro.

Tabla 9

Producción de electricidad en México 2016

Entidad Federativa	Sector	Tipo de energía limpia	Establecimientos	Capacidad Instalada (MW)	Generación (GWH/A)
Aguascalientes	Privado	Solar	1	0.79	3.16
Baja California	CFE	Solar	1	574.85	3,709.25
	Privado	Solar	1	1.04	1.64
Baja California Sur	CFE	Solar	1	0.97	1.16
	Privado	Solar	1	30.00	18.37
Chihuahua	Privado	Solar	1	20.00	0
Durango	Privado	Solar	6	77.26	83.43
Guanajuato	Privado	Solar	1	0.98	0
México	Privado	Solar	2	19.22	39.68
Sonora	Privado	Solar	3	2.63	0.66
Nacional	CFE	Solar	2	575.82	3,710.41
	Privado	Solar	16	151.92	146.94

Fuente: elaboración propia, secretaria de medio ambiente y recursos naturales,

(SEMARNAT), 2016.

2.3.2. Instalaciones Fotovoltaicas 2017-2019

De acuerdo con una publicación realizada por Deutsche Gesellschaft für International Zusammenarbeit (GIZ), en los últimos años los contratos de Generación distribuida GD se han incrementado otorgando en 2017 una cantidad de 29,676 GB y para 2018 un total de 35,661 por lo que se puede apreciar un aumento considerable, derivado de esto también se ha aumentado la capacidad instalada de GB registrándose una tasa de crecimiento anual del 10% (GmbH, 2020).

Las mayores capacidades instaladas acumuladas de GD se registraron en los estados de Jalisco, Nuevo León, Ciudad de México, Chihuahua, Yucatán y Sonora.

2.3.3. Ventas reportadas en México 2017-2018

Durante 2017-2018 se reportaron ventas aproximadas entre las empresas participantes de 16 millones USD, 26 millones USD y 29 millones USD durante el 2017, 2018 y el tercer trimestre del 2019, respectivamente. (GmbH, 2020); Por lo que el mercado fotovoltaico mantiene un crecimiento de manera rápida, aún y considerando que es un mercado que actualmente no ha llegado a su auge, esto derivado de los altos costos en los paneles y en la serie de gastos derivados del mantenimiento de los mismos. En la tabla 12 se muestra el precio en la instalación por cada Wp instalado.

Tabla 10

Precios al público por instalación

Rango (KWP)	(USD /WP)
0 - 2.5	1.4
2.5 – 5	1.3
5 – 15	1.3
15 – 30	1.2
30 – 50	1.2
50 – 100	1.2
100 – 250	1.1
250 – 500	1.0

Fuente: Monitor de Información Comercial e Índice de Precios de Generación Solar

Distribuida en México, 2020.

Tabla 11

Precio al Público por Costo de Operación y Mantenimiento (USD/Wp)

Rango (KWP)	(USD /WP)
0 - 2.5	0.035
2.5 - 5	0.035
5 - 15	0.036
15 - 30	0.033
30 - 50	0.027
50 - 100	0.037
100 - 250	0.035
250 - 500	0.028

Fuente: monitor de información comercial e índice de precios de generación solar distribuida en México, 2020.

CAPÍTULO 3. MARCO REGULATORIO

Es fundamental que las leyes y regulaciones sean la base para una adecuada producción, distribución y regulación de la energía eléctrica, dado su papel crucial en la sociedad. En el caso de la producción de energía eléctrica a través del método fotovoltaico, existen leyes y regulaciones específicas que establecen quién puede llevar a cabo la producción de energía eléctrica bajo qué términos y condiciones.

Cada método de producción de energía eléctrica tiene sus propias regulaciones, ya que los procesos involucrados varían y pueden tener diferentes impactos en el medio ambiente y la seguridad. En el caso de la producción fotovoltaica a baja tensión, se deben cumplir ciertas especificaciones y características para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema.

Sería de gran utilidad proporcionar más detalles específicos sobre las leyes y regulaciones aplicables a la producción de energía eléctrica mediante el método fotovoltaico a baja tensión, como los requisitos técnicos, las normativas de seguridad y los organismos reguladores involucrados, para poder ofrecer una información más detallada y precisa sobre este tema.

3.1 Características y condiciones generales

Es importante destacar que las unidades de medida utilizadas en la presente especificación deben cumplir con lo establecido en la norma NOM-008-SCFI. El diseño, instalación y operación de un Sistema Fotovoltaico Interconectado (SFVI) debe cumplir con la reglamentación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en lo que respecta a generadores FV dispersos. La interconexión de los sistemas de generación FV

dispersos con la red eléctrica debe garantizar la seguridad de los equipos y las personas en ambos lados del punto de conexión, siguiendo las pautas indicadas en el capítulo 9 de esta especificación. Además, es esencial que el SFVI no provoque perturbaciones indeseables en la red de distribución (Electricidad, 2008).

Por otro lado, se deben tener en cuenta las características técnicas que deben cumplir los SFVI con una capacidad de hasta 30 kWp para su conexión a la red de distribución de la CFE. Estas especificaciones están disponibles en el documento "Interconexión a la red eléctrica de baja tensión de sistemas fotovoltaicos con capacidad hasta 30 kW" (especificación CFE G0100-04) (Electricidad, 2008).

Cumplir con estas regulaciones y especificaciones es fundamental para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente de los sistemas fotovoltaicos interconectados y para evitar cualquier impacto negativo en la red eléctrica y la seguridad de las personas involucradas.

3.2. Constitución de los Estados Unidos Mexicanos

La importancia del suministro eléctrico es fundamental para el desarrollo de una economía y es un recurso vital en la sociedad. Por esta razón, el artículo 27 de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos establece que la propiedad de las tierras y aguas en el territorio nacional pertenece a la Nación, y esta tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a particulares, constituyendo la propiedad privada. Sin embargo, se reconoce que corresponde exclusivamente a la Nación la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica (UNIÓN, 2021).

Para cumplir con lo establecido en la Constitución, el Estado mexicano, a través de la Secretaría de Energía (SENER), lleva a cabo las actividades de planeación del sistema eléctrico nacional. Además, se apoya en diversas instituciones y secretarías descentralizadas, como el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), que es un organismo público descentralizado cuyo objetivo principal es ejercer el control operativo del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) (Energía C. N., S.F.).

Este enfoque en la planificación y control por parte del Estado garantiza la seguridad y confiabilidad del suministro eléctrico en México, así como la adecuada coordinación de los recursos energéticos para satisfacer las necesidades de la sociedad y la economía del país.

3.3. Ley de la industria eléctrica

El suministro eléctrico, aparte de ser considerado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se creó la Ley de la Industria Eléctrica para una mejor regulación y control, en esta ley se describen las facultades del estado y de los particulares, enunciando lo siguiente:

3.3.1. Ley de Impuesto sobre la Renta

En el caso de México, se estableció en el Artículo 34, Fracción XIII que el 100% del gasto en equipo para generación de energía proveniente de fuentes renovables, es deducible de impuestos.

3.3.2. Facultades del estado

Artículo 2.- La industria eléctrica comprende las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como la operación del Mercado Eléctrico Mayorista. El sector eléctrico comprende a la industria eléctrica y la proveeduría de insumos primarios para dicha industria. Las actividades de la industria eléctrica son de interés público. La planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, son áreas estratégicas. (Unión, Ley De La Industria Eléctrica, 2021).

Artículo 6.- El Estado establecerá y ejecutará la política, regulación y vigilancia de la industria eléctrica a través de la Secretaría y la CRE, en el ámbito de sus respectivas competencias, (Unión, Ley De La Industria Eléctrica, 2021).

Artículo 7.- Las actividades de la industria eléctrica son de jurisdicción federal. Las autoridades administrativas y jurisdiccionales proveerán lo necesario para que no se interrumpan dichas actividades, (Unión, Ley De La Industria Eléctrica, 2021).

Artículo 15.- El Estado ejercerá el Control Operativo del Sistema Eléctrico Nacional a través del CENACE, quien determinará los elementos de la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución y las operaciones de los mismos que correspondan al Mercado Eléctrico Mayorista. (Unión, Ley De La Industria Eléctrica, 2021).

En resumen, al estado le corresponde generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, siendo la comisión federal de electricidad la única que puede distribuir y la

generación de energía eléctrica y la única responsable de emitir permisos a particulares para su generación.

3.5.1.- Particulares

Artículo 30.- El Estado, a través de la Secretaría, los Transportistas o los Distribuidores podrá formar asociaciones o celebrar contratos con particulares para que lleven a cabo por cuenta de la Nación, entre otros, el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación y ampliación de la infraestructura necesaria para prestar el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica. (Unión, Ley De La Industria Eléctrica, 2021).

Artículo 35.- Párrafo V. Cuando un particular realice a su costa obras, ampliaciones o modificaciones de transmisión o distribución, o cuando haga aportaciones para su realización, se le otorgará la opción de adquirir los Derechos Financieros de Transmisión que correspondan o en su defecto, (Unión, Ley De La Industria Eléctrica, 2021).

Artículo 43.- El transporte de energía eléctrica a través de Redes Particulares se sujetará a las disposiciones administrativas de carácter general que al efecto emita la CRE. El artículo 8⁴ de la presente Ley no será aplicable a las Redes Particulares.

Los permisos de generación comprenderán el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación, ampliación, modernización, vigilancia y conservación

⁴ Artículo 8.- La generación, transmisión, distribución, comercialización y la proveeduría de insumos primarios para la industria eléctrica se realizarán de manera independiente entre ellas y bajo condiciones de estricta separación legal; de la misma manera, se separarán el Suministro de Servicios Básicos y las otras modalidades de comercialización

de las Redes Particulares que resulten necesarias para entregar la producción de las Centrales Eléctricas a la Red Nacional de Transmisión o las Redes Generales de Distribución, o para fines de abasto aislado. (Unión, Ley De La Industria Eléctrica, 2021).

3.6. Ley del servicio público de energía eléctrica

Esta ley permite un adecuado funcionamiento del suministro de energía eléctrica al público en general, describiendo los limitantes de los particulares para la generación o distribución del recurso de la siguiente forma:

Artículo 1° únicamente y exclusivamente corresponde a la nación, generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público, en los términos del Artículo 27 Constitucional.

Artículo 2° Consideraciones dentro de la ley existen consideraciones entre lo que se considera servicio público:

La generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción.

La generación de energía eléctrica que realicen los productores independientes para su venta a la Comisión Federal de Electricidad.

La generación de energía eléctrica para su exportación, derivada de cogeneración, producción independiente y pequeña producción.

La importación de energía eléctrica por parte de personas físicas o morales, destinada exclusivamente al abastecimiento para usos propios.

(Unión, Ley Del Servicio Público De Energía Eléctrica, 2012).

3.7. La ley de transición energética y marco regulatorio de las energías renovables

Además de considerar las regulaciones mencionadas, se agrega la Ley de Transición Energética y el Marco Regulatorio, enfocados a las energías renovables, ya que la importancia de estas radica en ser más amigables con el medio ambiente, considerándose una de las más importantes al no depender de un recurso no finito; dada su importancia se han establecido dentro de esta ley diferentes artículos que tiene como objeto regular el aprovechamiento sustentable de la energía así como su adecuada regulación para un funcionamiento óptimo, tal como se describen a continuación :

Artículo 1.- La Ley de Transición Energética tiene por objeto regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos

Por otro lado, en el marco regulatorio de las energías renovables, las secretarías de Energía (SENER) y de Hacienda y Crédito Público (SHCP), junto con la Comisión Reguladora de Energía (CRE) la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (LFC) juegan un papel central.

La CRE regula a las industrias del gas natural y electricidad, otorga los permisos para los productores externos de energía y aprueba los contratos para la provisión de energía.

La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) regula la provisión de electricidad en México. Esta ley no permite la libre compraventa de energía entre particulares. Adicionalmente, los particulares pueden generar energía para abastecer a la red operada por la CFE a través de los esquemas de productor externo de energía y de pequeño productor, así como para exportar electricidad.

CAPÍTULO 4. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA SELECCIONADA

El mercado de instalaciones fotovoltaicas es muy prometedor, ya que la demanda en dicho producto se ha incrementado, lo que proporciona a los consumidores mayor accesibilidad a la tecnología y una reducción en el costo de cada instalación, además de considerar que la población se va incrementando conforme el paso del tiempo y con ello el aumento en la demanda en dichos sistemas.

Los sistemas fotovoltaicos reducen los costos de generación eléctrica, además de ser más amigables con el medio ambiente. Para nuestro estudio de mercado es importante definir el servicio que se brindará, para lo cual es trascendental hacer las siguientes cuestiones: características del lugar de instalación, características sociales, y población económica activa.

4.1. Características del lugar

El siguiente apartado muestra las características geográficas, económicas y sociales del lugar, dentro de las mismas es considerado como más relevante las características geográficas del municipio ya que para dicho proyecto es un factor indispensable a considerar ya que de este depende en gran parte la producción de energía eléctrica.

4.1.1. Localización

Se localiza al noroeste del estado de Michoacán, en las coordenadas 19°57' de latitud norte y 100°10' de longitud oeste, a una altura de 2,490 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el municipio Epitacio Huerta y el Estado de Querétaro, al este con el Estado de México, al sur con los municipios de Tlalpujahua y Maravatío y al oeste con el

municipio de Maravatío. Su distancia a la capital del Estado es de 126 km (INAFED, 2022).

Tabla 12

Características generales

EXTENSIÓN	Su superficie es de 380.74 OMS y representa el 0.68 por ciento de la superficie del Estado.
OROGRAFÍA	Su relieve lo constituyen las estribaciones septentrionales del sistema volcánico transversal y la depresión del Lerma; y los cerros Altamirano, Prieto, Zorrillo, Cerco, Gamboa, Alto y Borrego.
HIDROGRAFÍA	Su hidrografía se constituye por los ríos Lerma, Tlalpujahuá y presa Tepuxtepec.
CLIMA	Su clima es templado con lluvias en verano, tiene una precipitación pluvial de 1,168.0 milímetros y temperaturas que oscilan de 8.6 a 22. 4º centígrados.
PRINCIPALES ECOSISTEMAS	En el municipio domina el bosque mixto, con pino y encino; y la pradera, con huisache, nopal y matorrales diversos. Su fauna la conforman ardilla, zorrillo, comadreja, tlacuache, coyote, cacomixtle y aves como pato, paloma torcaz, gallina montés y especies de pez, como la carpa.
RECURSOS NATURALES	La superficie de maderables es ocupada por el pino y encino, y en el caso de la no maderable, por arbustos de distintas especies.
CARACTERÍSTICAS Y USO DE SUELO	Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico y cuaternario, corresponden principalmente a los del tipo podzolica

	y gleysol. Su uso es primordialmente agrícola y en menor proporción ganadera y forestal.
--	--

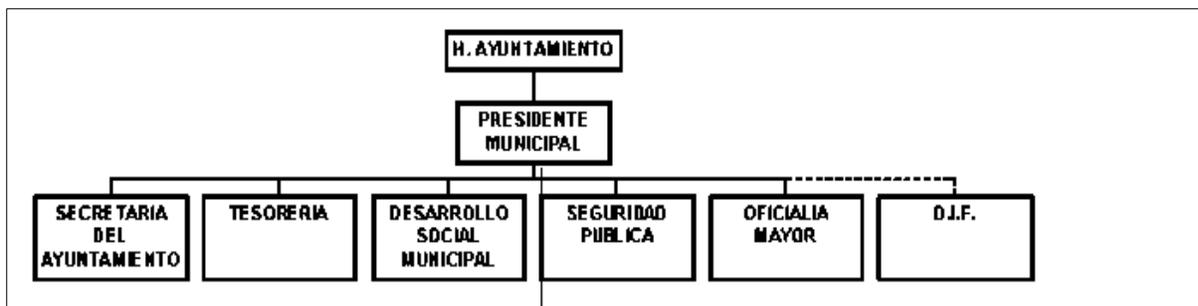
Fuente: instituto nacional para el federalismo y el desarrollo municipal, (INAFED), 2022.

4.1.2. Características políticas e institucionales

Es de gran importancia conocer las características e instituciones con las que cuenta el municipio de Contepec, ya que la instalación del sistema fotovoltaico es planeada para una institución educativa pública, por lo que, es probable requerir autorizaciones o financiamiento de alguna dependencia gubernamental. En la siguiente imagen se muestra el organigrama de municipio de Contepec Michoacán:

Imagen 7

Organigrama del municipio de Contepec, Mich.



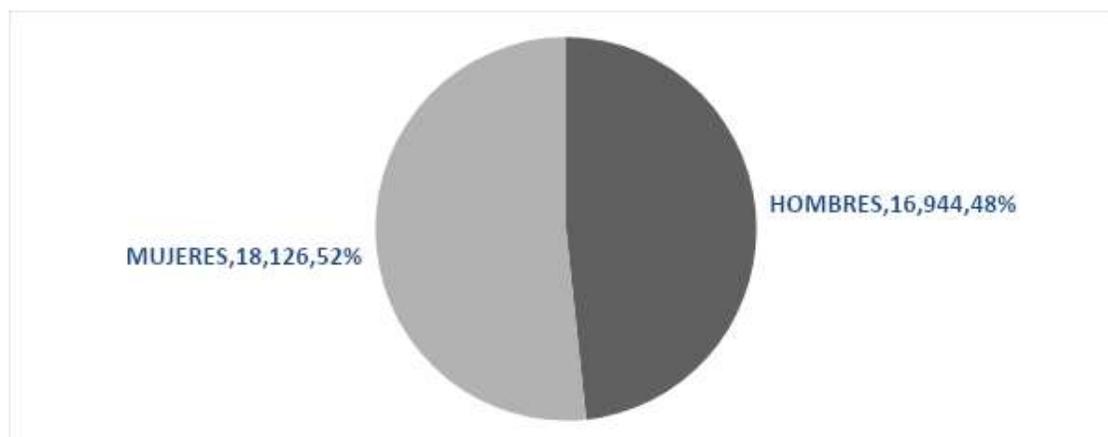
Fuente: instituto nacional para el federalismo y el desarrollo municipal, INAFED, 2022.

4.2. Características Poblacionales

De acuerdo con INEGI en su Anuario Estadístico y Geográfico de Michoacán de Ocampo 2020, la población en el municipio de Contepec ascendía a 35,070 habitantes, de los cuales 16,944 eran hombres y 18,126 mujeres, tal y como se puede apreciar en las siguientes imágenes y tablas.

Figura 7

Población de Contepec por sexo

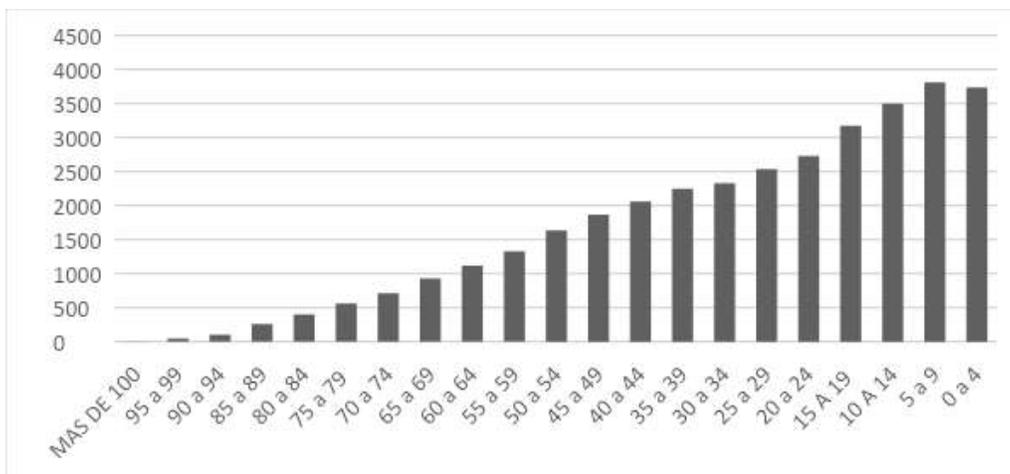


Fuente: anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, INEGI, 2017.

En la siguiente gráfica, se puede apreciar que la mayor parte de la población habitante del municipio de Contepec corresponde a población joven, en un rango de edad de entre 0 a 40 años.

Gráfica 2

Clasificación de población por edad



Fuente: anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, (INEGI), 2017.

4.2.1. Educación

En cuanto al tema de la educación, la mayor parte de la población es alfabeto, sólo el 9.2% no sabe leer y escribir, hecho que disminuye, ya que el porcentaje lo conforman personas de avanzada edad.

Tabla 14

Porcentaje de personas de 15 años y más alfabetos (porcentaje), 2020

Periodo	Porcentaje
2020	90.8
2015	88.0
2010	85.7
2000	80.5

Fuente: anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, (INEGI), 2017.

El municipio cuenta con los 94 planteles en los cuales están inscritos 9,056 alumnos y un total de 490 académicos (Geografía, 2017); En la siguiente tabla se muestra el desglose por nivel académico:

Tabla 15

Personal de educación básica y media superior

Lugar	Alumnos inscritos	Personal docente
Contepec	9,056	490
Preescolar	1,689	101
Primaria	4,485	229
Secundaria	1,861	99
Bachillerato general R/	828	56
Bachillerato tecnológico y niveles equivalentes h/	193	5

Fuente: anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, INEGI, 2017.

4.2.1.1. Grado promedio de escolaridad

En el municipio, la educación es un aspecto importante, pero se observa que, en 2010, el promedio de escolaridad de los habitantes era relativamente bajo, con solo 5.9 años en promedio, lo que indica que la mayoría tenía educación primaria o incluso menos. Sin embargo, para el año 2022, se ha producido un aumento en el promedio de escolaridad, que ahora es de 7.1 años, lo que sugiere que una parte significativa de la población ha alcanzado el nivel de bachillerato o educación media superior.

Es importante destacar que a partir del nivel de bachillerato se observa una mayor deserción escolar, lo que indica que muchos individuos no continúan su educación más

allá de este punto. Para obtener información más detallada sobre la distribución de la escolaridad en el municipio, se puede consultar la Tabla 16.

Este aumento en la escolaridad promedio es un indicador positivo de desarrollo educativo en la zona, pero también es importante abordar los factores que pueden estar contribuyendo a la deserción escolar después del bachillerato y buscar maneras de fomentar la educación continua y el acceso a oportunidades educativas para toda la población.

Tabla 16

Grado promedio de escolaridad de la población de 15 y más años

Periodo	Años de Escolaridad
2020	7.1
2015	6.6
2010	5.9
2005	5.3
2000	4.6
1995	ND

Fuente: anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, (INEGI), 2017.

4.2.2. Salud

En el municipio de Contepec, los habitantes tienen acceso a diversas dependencias y programas que brindan servicios de salud. Uno de los programas más demandados en el pasado fue el conocido como "Seguro Popular", que se implementó como un proyecto gubernamental para proporcionar cobertura de salud a la población. Sin embargo, es

importante destacar en el año 2020, este programa llegó a su fin, lo que resultó en una disminución significativa en el porcentaje de la población que tiene acceso a servicios de salud relacionados.

Esta transición en el sistema de salud puede haber tenido un impacto en el acceso y la disponibilidad de servicios médicos para los habitantes de Contepec. Es crucial que las autoridades y las instituciones de salud trabajen en la implementación de alternativas efectivas para garantizar que la población siga teniendo acceso a atención médica de calidad y asequible.

Tabla 17

Población con acceso a servicios de salud, 2020

Institución	Porcentaje
ISSSTE	3.6%
IMSS	14.2%
Seguro popular	79.6%
PEMEX, SDN o SM	0.2%
Instituto de Salud para el Bienestar (IMSS-PROSPERA o IMSS- BIENESTAR)	2.3%

Fuente: anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, (INEGI), 2017.

4.2.3. Esperanza de vida

El índice de esperanza de vida es el cálculo demográfico sobre la edad media que puede alcanzar una determinada población en una época determinada; para el municipio de Contepec, Michoacán es de 0.779, véase en la siguiente tabla el desglose del índice de esperanza de vida por sexo.

Tabla 18

Índice de vida

Índice de esperanza de vida General	Índice de esperanza de vida hombres	Índice de esperanza de vida mujeres
0.7794	0.7406	0.8166

Fuente: anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, INEGI, 2017.

Como se puede observar en la tabla 18 el índice promedio de vida de la población de Contepec es de 0.7794, teniendo una esperanza de vida más evada las mujeres llegando a vivir el promedio 81 años a diferencia de los hombres que su esperanza de vida es en promedio 77 años menos.

4.3. Población económicamente activa

En Contepec, Michoacán en su mayoría, sus habitantes son económicamente activos y como se puede apreciar en las siguientes tablas, la cuales representan el 99.04% dejando a un 0.96% desocupada; teniendo como actividad económica principal la agricultura y el comercio y sólo el 10.82% prestan algún servicio profesional.

Tabla 19**Población económicamente activa, ocupada y desocupada por género**

Contepec						
población económicamente activa		%	ocupada	%	desocupada	%
total	16,913	100%	16,750	99.04%	163	0.96%
hombres	10,256	60.64%	10,126	98.73%	130	1.27%
mujeres	6,657	39.36.%	6,624	99.50%	33	0.50%

Fuente: consejo estatal de población de Michoacán, (COESPO), 2017.

Como se puede observar en la tabla 19 en su mayoría la población del municipio de Contepec se encuentra ocupada principalmente en actividades agrícolas siendo en su mayoría hombres.

Tabla 20**Población económicamente activa por actividad económica**

Total	Profesionistas	Trabajadores Agropecuarios	Trabajadores en la Industria	Comerciantes y Trabajadores en Servicios Diversos	No Especificado
9.66%	10.82%	33.32%	23.59%	31.25%	1.01%

Fuente: anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, INEGI, 2017.

Como se puede observar en la tabla 20 la mayor parte de la población del municipio de Contepec se dedica a actividades agropecuarias o al comercio dándoles prioridad a estos sectores y dejando a un lado el sector profesionista ya que en su mayoría las oportunidades para poder seguir con estudios son escasas y las fuentes de empleos igual

4.3.1. Financiamiento para la vivienda

El tema de la vivienda está prácticamente abandonado, ya que sólo 49 personas tienen acceso al servicio, hecho que puede ser derivado de temas como la falta de estudios a nivel superior o por no contar con acceso a la comprobación de ingresos, ya que no laboran de forma formal.

Tabla 21

Financiamiento para vivienda y organismo según modalidad 2015 y 2016

Contepec	Financiamiento
Banca	1
FONHAPO	46
FOVISSSTE	1
INFONAVIT	1

Fuente: anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, (INEGI), 2017.

En términos de desarrollo humano, el municipio de Contepec muestra un índice alto en acceso a servicios básicos. El acceso a agua entubada y electricidad está prácticamente universalizado, con índices de 0.96 y 0.98, respectivamente, lo que significa que casi toda la población tiene acceso a estos servicios.

Sin embargo, en cuanto al drenaje, el índice es de 0.86, lo que indica que no todos los habitantes cuentan con este servicio. En general, el drenaje se encuentra disponible en la cabecera municipal, así como en las calles principales de los poblados y rancherías, pero aquellos que viven fuera de estas áreas utilizan fosas sépticas en lugar de tener acceso al sistema de alcantarillado.

A pesar de esta limitación en el acceso al drenaje para algunos residentes, Contepec muestra un buen índice de desarrollo humano en términos de servicios básicos, con una población que disfruta de acceso a agua potable y electricidad en la mayoría de las áreas del municipio.

Tabla 22

Principales indicadores de desarrollo humano

Estado Y Municipios	Índice de Agua Entubada	Índice de Drenaje	Índice de Electricidad	Índice de Desarrollo Humano con Servicios
Contepec	0.9646	0.8668	0.9886	0.8673

Fuente: anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, (INEGI), 2017.

Como se puede observar en la tabla 22 los principales indicadores de desarrollo humano del municipio de Contepec son buenos ya que en promedio la mayor parte de la población cuenta con agua entubada, electricidad y drenaje este último es el más bajo ya que solo el 0.86 de la población cuenta con drenaje principalmente población perteneciente a la cabecera municipal el 0.14 restante en su mayoría cuenta con fosa séptica.

CAPÍTULO 5. SISTEMA FOTOVOLTAICO

El sistema fotovoltaico de generación eléctrica funciona mediante la conversión de la energía solar en corriente directa (DC) por medio de los paneles solares fotovoltaicos. Luego, esta corriente directa es convertida en corriente alterna (AC) para que sea compatible con la red eléctrica convencional. Cuando el sistema fotovoltaico está conectado en paralelo con la red eléctrica, puede contribuir al suministro de energía de la red y, en caso de que la carga local en el inmueble necesite energía, puede ser alimentada tanto por el sistema fotovoltaico como por la red eléctrica convencional, dependiendo de la demanda instantánea y de la potencia de salida del sistema fotovoltaico. Cualquier exceso de energía generada por el sistema solar puede ser inyectado de nuevo en la red eléctrica, mientras que cualquier déficit de energía se toma de la red.

En el caso del desarrollo del sistema fotovoltaico en la escuela telesecundaria, se consideran varios factores clave para garantizar su eficacia y eficiencia. Estos factores incluyen la demanda actual de electricidad en la escuela, el promedio de horas de radiación solar en la zona y un factor de pérdidas del 20%, que tiene en cuenta factores como la inclinación de los paneles, días nublados y sombras.

Estos cálculos aseguran que el sistema fotovoltaico pueda proporcionar un suministro continuo de energía las 24 horas del día y satisfacer las necesidades de electricidad de la escuela.

5.1. Características consideradas para la determinación óptima del proyecto

La determinación del proyecto se realiza a partir de 5 puntos necesarios para realizar el cálculo necesario para obtener el arreglo fotovoltaico óptimo para cubrir la demanda necesaria de energía eléctrica demanda por la escuela telesecundaria:

a) Histórico gasto en energía eléctrica escuela telesecundaria 057

La determinación óptima del proyecto se basa en el consumo eléctrico de la escuela telesecundaria 057, tomando como base el histórico gasto de electricidad, el cual asciende a 379.50 kWh promedio al año, lo que representa un gasto para la escuela de telesecundaria que asciende a \$ 10, 538.54.

El arreglo fotovoltaico debe de generar 379.50 kWh mínimo anual para que sea técnicamente viable, véase la siguiente tabla 23 el desglose de la anterior información.

Tabla 23

Costo bimestral, sistema actual CFE

Periodo-Año	Consumo Bimestral kWh	Precio Medio \$/Kwh	Importe Bimestral
Bimestre 1	422	\$ 4.628	\$ 1,953.12
Bimestre 2	439	\$ 4.628	\$ 2,031.80
Bimestre 3	366	\$ 4.628	\$ 1,693.94
Bimestre 4	261	\$ 4.628	\$ 1,207.97
Bimestre 5	409	\$ 4.628	\$ 1,892.96
Bimestre 6	380	\$ 4.628	\$ 1,758.74
Promedio	379.50	\$ 4.630	\$ 1,756.43
Total	2,277		\$ 10,538.54

Fuente: elaboración propia, 2022.

En la tabla 26, se puede observar el importe gastado por parte de la escuela telesecundaria 057 cada bimestre, así como el gasto por cada Kwh, dando un total de \$10,538.54 al año, este monto es subsidiado por el gobierno municipal y estatal.

b) El factor por pérdidas normales y factor por pérdidas específicas

El factor de pérdidas normales y específicas considera factores como sombreado, orientación e inclinación, este factor de pérdidas es de gran importancia ya que

permite alcanzar la meta de Kwh demandas por la escuela telesecundaria, en nuestro arreglo fotovoltaico se considerará un factor de pérdida del 20%⁵.

c) Horas de radiación solar

Las horas consideradas para el proyecto depende directamente de la radiación solar en el área donde se ubica el municipio de Contepec Michoacán en este caso en particular es de un promedio 5.612 horas de radiación de acuerdo con la NASA, (NASA, 2020), véase en la tabla 20.

d) Selección de paneles

El panel considerado para el arreglo fotovoltaico es elegido dentro de una lista de posibilidades, ya que se considera la mejor opción dada la capacidad de generación eléctrica y durabilidad, el cual tiene las siguientes características: 550 Watts marca The Vertex⁶, con una atenuación de 0.55% anual, (Vertex, 2021).

e) Costo de instalación

5.1. El costo de la instalación considera el tipo de cambio Peso/dólar: \$20.21, Banco de México, Fecha: 03/05/2021. (México, 2021).

5.2. Los costos de instalación son de 1 dólar por Wp. (GmbH, 2020).

5.2. Cálculo de arreglo fotovoltaico

Considerando los anteriores puntos, el proyecto necesita 2.23 paneles (tabla 27), debido a que los paneles solares solo se pueden vender por unidad y no fraccionados el número

⁵ Dato obtenido de información proporcionada por diferentes microempresas dedicadas a instalación eléctrica en Morelia.

⁶ Modulo fotovoltaico Vertex 550, atenuación del 0.55%, garantía de 12 año, ficha técnica del producto disponible en https://tienda-solar.bayware.mx/pub/media/productattachment/p/0/p00096_datasheet._trina_solar.pdf

de paneles requeridos es de 3 paneles de 3 paneles con un inversor con una potencia mínima de 1,700 W para cubrir la demanda en energía eléctrica necesaria, tal y como se muestra en la siguiente tabla 28:

Tabla 24

Cálculo del tamaño del arreglo fotovoltaico Kw

Consumo simple	Pérdidas	Consumo del proyecto	Tamaño nominal del módulo (kW)	Número de módulos
6.24	1.25	7.49	0.55	2.23

Fuente: elaboración propia, 2022.

Tabla 25

Resumen del SFV

Global	
Número de módulos redondeado	3
Superficie de un módulo (m ²)	1.65 ⁷
Superficie total requerida (m ²)	6.19
Micro inversor	1,700 W ⁸

Fuente: elaboración propia, 2022.

⁷ Modulo fotovoltaico Vertex 550, atenuación del 0.55%, garantía de 12 año, ficha técnica del producto disponible en https://tienda-solar.bayware.mx/pub/media/productattachment/p/0/p00096_datasheet._trina_solar.pdf

⁸ De acuerdo a la suma total de las potencias de cada panel 550W se selecciona un micro inversor de 1700 W, ya que debe de soportar mínimo la capacidad de los 3 paneles de 550W.

El cálculo del ahorro fotovoltaico con la instalación anterior genera 3,050 kWh anual, más de los kWh necesarios para cubrir la demanda de energía eléctrica en primer año lo que representa un ahorro de \$14,120.81 en el primer año de funcionamiento, véase el desglose bimestral en la siguiente tabla 29.

Tabla 26

Cálculo de ahorro sistema fotovoltaico (año 2023)

Periodo	HRS Irradiación	Potencia SFV	Días Mes	Generaci ón SFV (kWh)	Precio medio kWh	Ahorro (\$)
Bimestre	6.10	1.65	31	259	\$ 4.628	\$ 1,198.72
	6.10	1.65	28	234	\$ 4.628	\$ 1,083.01
Bimestre	6.10	1.65	31	259	\$ 4.628	\$ 1,198.72
	6.10	1.65	30	251	\$ 4.628	\$ 1,161.69
Bimestre	6.10	1.65	31	259	\$ 4.628	\$ 1,198.72
	6.10	1.65	30	251	\$ 4.628	\$ 1,161.69
Bimestre	6.10	1.65	31	259	\$ 4.628	\$ 1,198.72
	6.10	1.65	31	259	\$ 4.628	\$ 1,198.72
Bimestre	6.10	1.65	30	251	\$ 4.628	\$ 1,161.69
	6.10	1.65	31	259	\$ 4.628	\$ 1,198.72
Bimestre	6.10	1.65	30	251	\$ 4.628	\$ 1,161.69
	6.10	1.65	31	259	\$ 4.628	\$ 1,198.72
			TOTA L	3050	SUBTOT AL	\$14,120.8 1

Fuente: elaboración propia, 2022.

Como se puede observar en la tabla 29, cada bimestre se obtiene un ahorro de mínimo \$1,083.01 con un máximo \$1,198.72 dependiendo del bimestre, este derivado del número de días que lo comprenden, dando un total de ahorro en el primer año para la escuela telesecundaria de \$ 14,120.81, se considera un ahorro, ya que derivado de la instalación fotovoltaica este monto no es pagado a comisión federal de electricidad, puesto que la electricidad requerida por dicha institución educativa es suministrada por el sistema fotovoltaico instalado.

CAPÍTULO 6. ESTUDIO FINANCIERO

El estudio financiero tiene como objetivo evaluar la capacidad de un proyecto, su rentabilidad y su viabilidad económica en un período específico de tiempo. En nuestro caso, el propósito es analizar la rentabilidad y viabilidad económica del sistema fotovoltaico que se instalará en la escuela telesecundaria 057.

6.1. Activos fijos

Los activos fijos son aquellos bienes y servicios propiedad de la empresa que no varían durante el ciclo de explotación y son utilizados en la operación continua del negocio. Estos activos, como maquinaria, edificios, terrenos y equipo, tienen un valor que disminuye con el tiempo debido al desgaste y a la obsolescencia tecnológica. La siguiente tabla presenta los activos fijos necesarios para la implementación del sistema fotovoltaico en la escuela telesecundaria, junto con sus costos individuales y el total de activos fijos requeridos.

Tabla 27

Activos fijos

Concepto (s)	Cantidad	USD/kWp³ sin IVA⁹	Costo Unitario (pesos)	Total
Paneles 550 w	3	0.45	\$ 5,001.98	\$ 15,005.93
Inversor	1	0.28	\$ 3,112.34	\$ 9,337.02
Estructuras	1	0.13	\$ 1,445.02	\$ 4,335.05
Material eléctrico	1	0.11	\$ 1,222.71	\$ 3,668.12
Mano de obra	1	0.13	\$ 1,445.02	\$ 4,335.05
Accesorios	1	0.07	\$ 778.09	\$ 2,334.26
Adicionales (margen, costos indirectos, contingencia)	1	0.23	\$ 2,556.57	\$ 7,669.70
Total, de inversión fija	1	1.4	\$ 15,561.70	\$ 46,685.10

Fuente: monitor de información comercial e índice de precios de generación solar distribuida en México, 2020.

Con una inversión de 46,685.10 en activos fijos se puede realizar la instalación del sistema fotovoltaico. Es importante considerar que la atenuación de los paneles solares es de forma progresiva, año con año hasta volverse obsoleta.

⁹ Monitor de información comercial e índice de precios de Generación Solar Distribuida en México

El porcentaje de atenuación fue obtenido de la ficha técnica del panel seleccionado para dicho proyecto.

Tabla 28

Depreciación

Años	KWH Anual	Depreciación en pesos
1	3,050	\$ 46,685.10
2	2,882	\$ 44,113.59
3	2,714	\$ 41,542.09
4	2,547	\$ 38,985.89
5	2,379	\$ 36,414.38
6	2,211	\$ 33,842.87
7	2,043	\$ 31,271.36
8	1,876	\$ 28,715.16
9	1,708	\$ 26,143.66
10	1,540	\$ 23,572.15
11	1,373	\$ 21,015.95
12	1,205	\$ 18,444.44
13	1,037	\$ 15,872.93
14	870	\$ 13,316.73
15	702	\$ 10,745.23
16	534	\$ 8,173.72
17	366	\$ 5,602.21
18	199	\$ 3,046.01

19	31	\$ 474.50
20 (2.21 MESES)	0	\$ -

Fuente: elaboración propia, 2022.

6.2. Gastos

Existen diferentes tipos de gastos que se encuentran relacionados con el sistema fotovoltaico, estos son parte fundamental del proyecto.

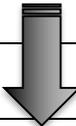
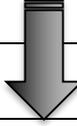
Cada gasto cumple con un papel indispensable ya que cubre características distintas.

6.2.1. Gastos fijos y gastos variables

Los gastos fijos son aquellos que no dependen del nivel de producción y se mantienen constantes a lo largo del tiempo. Por otro lado, los gastos variables están relacionados directamente con la producción y varían en función del nivel de ventas y producción de la empresa. Los gastos de administración y ventas incluyen todos los costos relacionados con la operación de la empresa y la promoción de las ventas, como sueldos, servicios y otros.

En la siguiente tabla se presenta una lista de los costos variables por año, agrupados bajo el concepto de "operación y mantenimiento", debido a las necesidades específicas del proyecto.

Tabla Costos

Operación y Mantenimiento	
Año	Monto en mantenimiento
1	\$ 2,334.255
2	\$ 2,334.255
3	\$ 2,334.255
	
20	\$ 2,334.255
Total	\$ 46,685.10

Fuente: elaboración propia, 2022.

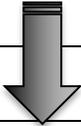
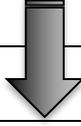
6.2.2. Gastos de administración

Para el presente proyecto fotovoltaico, no se incluyen gastos de administración, ya que su funcionamiento solo requiere mantenimiento anual. La gestión de estos aspectos será responsabilidad del personal de la institución educativa del plantel, y estos costos estarán cubiertos por el salario ya establecido del administrador de la escuela telesecundaria.

En la tabla se detallan los costos fijos relacionados directamente con la instalación y el mantenimiento del arreglo fotovoltaico durante los 16 años de vida útil del sistema.

Tabla 30

Costos fijos del personal

Año	Personal de Mantenimiento
1	\$ 2,334.26
2	\$ 2,334.26
3	\$ 2,334.26
	
15	\$ 2,334.26
16	\$ 2,334.26
Total	\$ 37,348.08

Fuente: elaboración propia, 2022.

En resumen, los costos fijos serán de \$37,348.08 durante el periodo de vida de los paneles fotovoltaicos, el cual es de 16 años.

6.3. Flujo financiero

El flujo financiero de una empresa se define como las entradas y salidas de dinero en un período determinado. Esta información es crucial para evaluar la salud financiera de una empresa, realizar proyecciones, gestionar las finanzas de manera efectiva y tomar decisiones que mejoren la rentabilidad.

En el contexto de un proyecto de instalación fotovoltaica, el flujo financiero incluye los ingresos, que representan el ahorro generado para la escuela telesecundaria al dejar de

pagar a CFE por el suministro de energía eléctrica. También se consideran los egresos relacionados con los gastos de mantenimiento durante los años de operación del sistema fotovoltaico. Este análisis permite reconciliar los saldos iniciales y finales en un período de tiempo específico y evaluar la viabilidad económica del proyecto.

Tabla 31

Flujo financiero

AÑO	Ahorro Sistema Fotovoltaico	Egreso Sistema Fotovoltaico	Saldo al Final del Año
1	\$ 14,116.18	2,334.255	\$ 11,781.92
2	\$ 13,337.90	2,334.255	\$ 11,003.64
3	\$ 12,560.39	2,334.255	\$ 10,226.14
4	\$ 11,787.52	2,334.255	\$ 9,453.26
5	\$ 11,010.01	2,334.255	\$ 8,675.76
6	\$ 10,232.51	2,334.255	\$ 7,898.25
7	\$ 9,455.00	2,334.255	\$ 7,120.75
8	\$ 8,682.13	2,334.255	\$ 6,347.87
9	\$ 7,904.62	2,334.255	\$ 5,570.37
10	\$ 7,127.12	2,334.255	\$ 4,792.87
11	\$ 6,354.24	2,334.255	\$ 4,019.99
12	\$ 5,576.74	2,334.255	\$ 3,242.49
13	\$ 4,799.24	2,334.255	\$ 2,464.98
14	\$ 4,026.36	2,334.255	\$ 1,692.11
15	\$ 3,248.86	2,334.255	\$ 914.60

16	\$ 2,471.35	2,334.255	\$ 137.10
Total	\$ 132,690.17	37348.08	\$ 95,342.09

Fuente: elaboración propia, 2022.

6.3.1. Criterios de evaluación financiera

La evaluación financiera se refiere a un proceso que busca identificar, valorar y comparar los costos y beneficios asociados a diversas alternativas de proyectos con el propósito de seleccionar la opción más favorable. Para evaluar la capacidad de financiamiento del proyecto, así como su relación beneficio-costos, se utilizan herramientas como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Punto de Equilibrio.

La evaluación financiera cumple tres funciones esenciales:

- a) Determinar hasta qué punto todos los costos pueden ser cubiertos de manera oportuna, lo que contribuye a diseñar un plan de financiamiento sólido.
- b) Medir la rentabilidad de la inversión, permitiendo conocer si el proyecto generará ganancias y cuán significativas serán.
- c) Generar la información necesaria para realizar comparaciones del proyecto con otras alternativas o oportunidades de inversión, lo que ayuda a tomar decisiones informadas sobre en qué proyecto invertir los recursos disponibles.

6.4. Relación beneficio-costos

“La relación costo beneficio toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultados, para determinar cuáles son los beneficios por cada peso que se sacrifica en el proyecto” (pymes futuro., 2007).

6.4.1. Interpretación, beneficio-costo

Si el resultado es mayor que 1, significa que los ingresos netos son superiores a los egresos netos. En otras palabras, el proyecto es viable, ya que al obtener un ingreso mayor que un gasto se genera una riqueza y por consiguiente un beneficio social.

Si el resultado es igual a 1, los beneficios igualan a los sacrificios sin generar riqueza alguna. Por esta razón sería indiferente ejecutar dicho proyecto, porque no existe un beneficio ni una pérdida.

Si el resultado es menor que 1 significa que los egresos son superiores a los ingresos, es decir, los sacrificios superan a los beneficios. Por tal razón se decide declinar ante la posibilidad de llevar a cabo el proyecto fotovoltaico.

Como se puede observar podemos en la Tabla, la relación costo-beneficio que se tendrá en la instalación fotovoltaica será de 6.05 para el primer año, generando una ganancia de \$5.05 por cada peso invertido. En los siguientes años consecutivos la ganancia se reduce hasta llegar a no ser redituables, como se muestra en la siguiente tabla.

En conclusión, el sistema fotovoltaico sólo es rentable por un periodo de tiempo de 16 años, obteniendo una ganancia promedio de \$2.55 por cada peso invertido.

Tabla 32.

Proyecciones financieras

Año	Ingresos	Costos	Relación Costo-Beneficio
1	\$ 14,116.18	\$ 2,334.26	6.05
2	\$ 13,337.90	\$ 2,334.26	5.71
3	\$ 12,560.39	\$ 2,334.26	5.38
4	\$ 11,787.52	\$ 2,334.26	5.05
5	\$ 11,010.01	\$ 2,334.26	4.72
6	\$ 10,232.51	\$ 2,334.26	4.38
7	\$ 9,455.00	\$ 2,334.26	4.05
8	\$ 8,682.13	\$ 2,334.26	3.72
9	\$ 7,904.62	\$ 2,334.26	3.39
10	\$ 7,127.12	\$ 2,334.26	3.05
11	\$ 6,354.24	\$ 2,334.26	2.72
12	\$ 5,576.74	\$ 2,334.26	2.39
13	\$ 4,799.24	\$ 2,334.26	2.06
14	\$ 4,026.36	\$ 2,334.26	1.72
15	\$ 3,248.86	\$ 2,334.26	1.39
16	\$ 2,471.35	\$ 2,334.26	1.06
Relación Costo- Beneficio	\$ 132,690.17	\$ 37,348.08	3.55

Fuente: elaboración propia, 2022.

6.5.2. Tasa interna de retorno (TIR)

“La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto” (Economipedia, 2018).

Es decir, es la tasa que iguala la suma de los flujos descontando la inversión inicial, el cual es el dinero que se gana en un año.

En la siguiente tabla, podemos observar la tasa interna de retorno (TIR) la cual es del 69%, por tanto, su rendimiento es aceptable, ya que el rendimiento de la inversión de la instalación fotovoltaica será mayor, demostrando que la inversión es económicamente rentable.

Tabla 33

Cálculo de la tasa de rentabilidad financiera

Descripción	Años	
	0	16
A.- Ahorro menos costos de operación "con el proyecto"	\$ -	\$ 95,342.09
B.- Ahorro menos costos de operación "sin el proyecto"	\$ -	\$ -
C.- Saldo (A-B)	\$ -	\$ 95,342.09
D.- Inversiones (incluye préstamos y aportación del productor)	\$46,685. 10	\$ -
E.- Valores residuales	\$ -	\$ -
f.- Incremento unidades verificadoras	\$9,781.64	\$ -
G.- Recuperación del capital de trabajo	\$ -	\$ -
H.- Flujo de efectivo (C-D+F+E+G)	\$56,466.74	\$ 95,342.09
Recuperación de las inversiones	\$56,466.74	\$ 95,342.09
Tasa interna de retorno (T.I.R.) =	69%	
Valor actual neto (VAN) AL 12% =	\$28,660. 12	

Fuente: elaboración propia, 2022.

6.5.3. Valor actual neto (VAN)

Este indicador muestra la riqueza adicional que genera un proyecto luego de cubrir todos sus costos en un horizonte determinado de tiempo, es decir, cuando se analiza una inversión, lo mínimo que se debe obtener es: cubrir sus costos. Es decir, acumula los beneficios y costos en el periodo cero (Andía Valencia, W. (2010)).

Para su cálculo se considera una tasa de descuento, o bien, con un factor de actualización al cual se le descuenta el valor del dinero en el futuro a su equivalente en el presente, y una vez aplicada la tasa de descuento, los flujos resultantes que se traen al tiempo cero (presente) se llama flujo descontado.

Para este proyecto se tomó como factor la tasa de interés del 12%, porcentaje que representa un costo de oportunidad para el proyecto, es decir, un parámetro que facilita la decisión más eficiente.

El resultado de la VAN en relación con nuestro proyecto fotovoltaico se observa en la tabla, la cual es de 28,537.726, el cual se acepta la instalación fotovoltaica, el cual es mayor a cero, lo que denota un incremento en las ganancias durante el periodo de tiempo de 16 años que tiene de producción eléctrica el arreglo fotovoltaico.

6.6. Punto de equilibrio

Es el punto donde los costos fijos y variables se encuentran cubiertos. Esto supone que la empresa, en su punto de equilibrio, tiene un beneficio que es igual a cero.

El arreglo fotovoltaico representa un ahorro para la escuela telesecundaria de \$95,342.09 siendo este su 100%. El punto de equilibrio se manifiesta al llegar al 49.04% del 100%, el cual se deben de cumplir o superar, debido a que, a partir de este punto, los ingresos menos los egresos tiene un resultado igual a cero.

Tabla 34**Cálculo del Punto de Equilibrio**

Costos fijos	\$ 46,685.10
Costos variables	0
Costo total	\$ 46,685.10
Ingresos totales	\$ 95,342.09
Producción total en unidades	1
Amortizaciones	0
Capital	0
Intereses	0
Punto de equilibrio	49.04%

Fuente: elaboración propia, 2022.

6.7. Impacto social

La telesecundaria cuenta con 6 salones, lo que la convierte en una escuela pública promedio, establecida dentro de Contepec, la instalación de un sistema fotovoltaico representa un beneficio para dicha institución educativa, donde los favorecidos serán 120 estudiantes, los cuales 5 pertenecen a comunidades, 4 del estado de Michoacán y 1 del estado de México.

El proyecto brinda la oportunidad de ser expandido en todo el municipio, instalándose 94 arreglos fotovoltaicos en los todos los planteles existentes en Contepec, además de esta manera se benefician 9,056 estudiantes y 490 docentes, impactando de forma económica al permitir un ahorro promedio de \$4,380,709.92 en 18 años y \$243,372.77 anualmente, lo que consiente una reducción en el gasto gubernamental; además dicho

recurso permite mejorar las instalaciones o herramientas educativas de los planteles y con ello el nivel educativo de los estudiantes de nivel básico y medio superior.

Adicional a los anteriores beneficios, el arreglo fotovoltaico no solo representa un ahorro económico para el gobierno, sino que conforma una técnica de generar energía eléctrica de forma más amigable con el medio ambiente, y genera concientización en los estudiantes de nivel básico sobre la importancia del cuidado del medio ambiente.

6.8. Impacto ambiental

De Acuerdo con la secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales en el aviso Publicado el 28 de febrero de 2023 (Naturales, 2023) , el factor de emisión del sistema eléctrico Nacional 2022 de gases de efecto invernadero por consumo de electricidad es:

$$0.435 \text{ tCO}_2\text{e} / \text{MWh}$$

Tomando esto en consideración nuestro proyecto actual en sus 19 años de vida genera un total de 2.729 MWh. Lo que nos arroja una disminución ambiental considerable de 1.187 toneladas de CO₂.

Se debe de considerar que al no contar con un sistema de paneles fotovoltaicos actualmente esta energía es consumida por la escuela telesecundaria de forma tradicional por medio del suministro de CFE lo que ambientalmente representa una aportación negativa para el medio ambiente en 1.187 toneladas de CO₂ provocando su pequeña aportación para la generación de un cambio climático , crisis climática o en grandes rasgos calentamiento global , por ello es de gran importancia la transición de métodos de producción eléctrica tradicionales a sistemas como paneles fotovoltaicos más amigables con el medio ambiente.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

La implementación del sistema eléctrico fotovoltaico se presenta como una opción económicamente viable para la Escuela Telesecundaria 057. A lo largo de 16 años, este proyecto generará un ahorro significativo en el gasto de energía eléctrica, lo que se traduce en una reducción de costos para el gobierno, estimado en \$95,342.09 a lo largo de la vida útil del panel fotovoltaico.

La implementación de esta solución no solo representa un ahorro financiero a largo plazo, sino que también promueve una transición hacia la generación de energía sostenible y renovable, que es más económica que las fuentes de energía tradicionales.

Además de los beneficios económicos, la instalación de paneles solares tiene un impacto social positivo. Contribuye a reducir los gastos en energía eléctrica de la escuela, lo que puede liberar recursos para otras necesidades educativas. Esto podría replicarse en otras escuelas del municipio de Contepec, generando un ahorro gubernamental y mejorando las instalaciones y herramientas educativas, lo que, a su vez, puede elevar la calidad de la educación y la calidad de vida de los habitantes locales.

Este proyecto también crea oportunidades para el mercado de sistemas fotovoltaicos en el municipio de Contepec y fomenta la conciencia ambiental entre la población joven al promover una fuente de energía más limpia y renovable.

La disponibilidad de radiación solar en el área de Contepec, Michoacán, permite un autoabastecimiento de energía eléctrica suficiente para la Escuela Telesecundaria 057.

La viabilidad económica de este proyecto abre la puerta a futuras instalaciones de sistemas fotovoltaicos orgánicos, lo que podría reducir aún más el impacto ambiental y demostrar la posibilidad de obtener energía eléctrica de manera sostenible y renovable. Además, la Ley de Impuesto sobre la Renta agrega valor al proyecto al permitir la deducción de la inversión, lo que puede aumentar el interés de la comunidad por adoptar esta solución de generación de energía eléctrica más amigable con el medio ambiente.

En resumen, la instalación de un sistema fotovoltaico interconectado en la Escuela Telesecundaria 057 no solo es económicamente viable, sino que también tiene un impacto positivo en la comunidad, promoviendo la sostenibilidad y la conciencia ambiental, y abriendo oportunidades para proyectos futuros.

La instalación de paneles fotovoltaicos en la escuela telesecundaria disminuye la emisión de efecto invernadero en 1.187 toneladas, lo que reduciría el impacto ambiental y con ello el calentamiento global.

El suministro de energía eléctrica actual por parte de CFE a la escuela telesecundaria 057, a lo largo de 19 años genera un impacto negativo para el medio ambiente de 1.187 toneladas de CO₂.

8. Anexos

Tabla 35

Radiación normal directa

Radiación normal directa (promedio de climatología de 22 años)		
N°	Estado, Ciudad (MÉXICO)	(kWh / m ² / día)
1	Aguascalientes, Aguascalientes	6,89
2	Baja California, Mexicali	6,48
3	Baja California Sur, La Paz	6,3
4	Campeche, San Francisco de Campeche	6,46
5	Chihuahua, Chihuahua	6,9
6	Chiapas, Tuxtla Gutiérrez	4,93
7	Ciudad de México, Ciudad de México	5,66
8	Coahuila, Saltillo	5,58
9	Colima, Colima	6,15
10	Durango, Victoria de Durango	6,77
11	Guanajuato, Guanajuato	6,61
12	Guerrero, Chilpancingo de los Bravo	6,12
13	Hidalgo, Pachuca de Soto	5,2
14	Jalisco, Guadalajara	6,6
15	México, Toluca de Lerdo	5,8
16	Michoacán, Morelia	6,1
17	Morelos, Cuernavaca	6,69
18	Nayarit, Tepic	6,8

19	Nuevo León, Monterrey	5,58
20	Oaxaca, Oaxaca de Juárez	5,25
21	Puebla, Puebla de Zaragoza	5.66
22	Querétaro, Santiago de Querétaro	6.68
23	Quintana Roo, Chetumal	4.72
24	San Luis Potosí, San Luis Potosí	6.01
25	Sinaloa, Culiacán Rosales	7.22
26	Sonora, Hermosillo	7.24
27	Tabasco, Villahermosa	4.55
28	Tamaulipas, Ciudad Victoria	5.65
29	Tlaxcala, Tlaxcala de Xicohtécatl	5.66
30	Veracruz, Xalapa-Enríquez	4.07
31	Yucatán, Mérida	5.44
32	Zacatecas, Zacatecas	6.65
	Promedio Nacional	5.61

Fuente: administración nacional de aeronáutica y el espacio, (NASA), 2022.

9. PALABRAS CLAVE

NASA: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio.

KWh: cantidad de energía que se gasta en una hora.

Watt: Unidad derivada coherente del Sistema Internacional de Unidades (SI) para la potencia.

GW: Dominio superior geográfico de Guinea-Bissau

CdTe: Telururo de cadmio, la elección fotovoltaica inteligente que sustituye al silicio.

CD (Corriente Directa): Flujo eléctrico que se mantiene constante y no hay cambios en el voltaje.

CA: (Corriente Alterna): Flujo de carga eléctrica que varía en dirección, con cambios en el voltaje y la corriente.

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

ESMAP: Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía.

IFC: Corporación Financiera Internacional.

USD: El dólar es la moneda oficial de los Estados Unidos de América.

TWh: Teravatio-hora, una unidad de potencia equivalente a un billón de vatios-hora.

SDS: Escenario de Desarrollo Sustentable.

COVID-19: Enfermedad causada por el nuevo coronavirus conocido como SARS-CoV-2.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México.

SENER: La Secretaría de Energía.

INERE: Inventario Nacional de Energías Renovables.

CFE: Comisión Federal de Electricidad.

GIZ: Sociedad Alemana de Cooperación Internacional.

CENACE: Centro Nacional de Control de Energía.

SEN: Sistema Eléctrico Nacional.

MEM: Mercado Eléctrico Mayorista.

RNT: Red Nacional de Transmisión.

RGD: Redes Generales de Distribución.

CENACE: Control Operativo del Sistema Eléctrico Nacional.

SFVI: Sistema Fotovoltaico Interconectado.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

SENER: Secretarías de Energía.

SHCP: Hacienda y Crédito Público,

CRE: Comisión Reguladora de Energía.

CONAE: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.

LFC: Compañía de Luz y Fuerza del Centro.

LSPEE: Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

FONHAPO: Fondo Nacional de Habitaciones Populares.

FOVISSSTE: Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.

INFONAVIT: Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores

INAFED: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Altomonte, H. (2017). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. *Las energías renovables no convencionales en la matriz de generación eléctrica: tres estudios de caso*, 11p-35p. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40975-energiasrenovables-convencionales-la-matriz-generacion-electrica-tres-estudios>.
- Electricidad, C. F. (2008, 01 de agosto). Comisión Federal de Electricidad, *Interconexión a la Red Eléctrica de Baja Tensión de Sistemas Fotovoltaicos con Capacidad hasta 30 kW*. <https://lapem.cfe.gov.mx/normas/pdfs/f/G0100-04.pdf>.
- Electricidad, C. F. (2021, 25 de febrero). Comisión Federal de Electricidad, *Historia de CFE*. <https://www.cfe.mx/nuestraempresa/Pages/historia.aspx>.
- Electricidad, C. F. (2021, 20 de marzo). Comisión Federal de Electricidad, *Reportes Financieros*, <https://www.cfe.mx/finanzas/reportes-financieros/pages/reportes-anuales.aspx>.
- Energía, A. I. (2020, 01 de junio). Agencia Internacional de Energía, *Fotovoltaica solar*. <https://www.iea.org/reports/solar-pv>.
- Energía, C. N. (s.f.). (2022, 02 febrero. Centro Nacional de Control de Energía., *Funciones*. <https://www.gob.mx/cenace/que-hacemos>.
- Energía, P. (2015). Secretaria de Energía, *Energías Renovables*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/76391/DS_Energias_Renovables_ES.pdf.
- Energía, P. M. (2017). Secretaria de Energía, *La industria solar Fotovoltaica y Fototérmica en México*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/428621/La_industria_solar_fv_y_ft_en_Mexico-compressed.pdf.
- Energía P.M. (2016). Secretaria de Energía, *Perspectiva de Energías Renovables 2016-2030*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2016-2030.pdf.
- Energía P. M. (2016). Secretaria de Energía, *Sistema Eléctrico Nacional 2016-2030*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/98308/PRODESEN-2016-2030_1.pdf.

- Energía, S. D. (s.f.) (2016). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2016-2030. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/98308/PRODESEN-20162030_1.pdf.
- Gabriel, B. U. (s.f.). Capítulo III, *Estudio de Mercado*. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lat/camacho_o_g/capitulo3.pdf
- GmbH, D. G. (2020, 02 de marzo). Asociación de Nacional de Energía Solar, *Monitor de información comercial e índice de precios de Generación Solar Distribuida en México*. [file:///C:/Users/ingre/Downloads/Estudio_primer-monitor-de-informacio%CC%81n-comercial-e-i%CC%81ndice-de-precios-de-Generacio%CC%81n-Solar-Distribuida-GSDANES_AMIF_ASOLMEX_GIZ%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ingre/Downloads/Estudio_primer-monitor-de-informacio%CC%81n-comercial-e-i%CC%81ndice-de-precios-de-Generacio%CC%81n-Solar-Distribuida-GSDANES_AMIF_ASOLMEX_GIZ%20(1).pdf).
- INAFED. (2022, 04 de febrero). Conteprec. *Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo municipal*. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16017a.html>.
- INEGI. (2017). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2017*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/inegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825092092.pdf.
- México, B. d. (2021, 03 de mayo). Banco de México, *Sistema de Información Económica*. <https://www.banxico.org.mx/tipcamb/main.do?page=tip&idioma=sp>.
- Mundial, B. (2017, 29 de noviembre). Banco de México. *Energía Solar*. <https://www.bancomundial.org/es/results/2017/11/29/solar>
- Mundial, B. (2017), Banco Mundial, *Energía Suficiente para Iluminar al Mundo*. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2017/07/20/energia-solar-suficientepara-iluminar-mundo>.
- NASA. (2020). Administración nacional de Aeronáutica y el Espacio, *Visor de acceso a datos Poder*. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
- Otero, M. I. (2018, 21 de noviembre). Institución de Banca Múltiple , *Grupo Financiero BBVA*. <https://www.bbva.com/es/cuatro-paises-lideran-energia-solar-america-latina/>.

- PRODESEN, (2016), Secretaria de Energia, *Programa del Desarrollo Electrico Nacioanal, La Industria Solar*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/428621/La_industria_solar_fv_y_ft_en_M_xico-compressed.pdf.
- PROMÉXICO. (2017). La Industria Solar Fotovoltaica y Fototérmica en México.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/428621/La_industria_solar_fv_y_ft_en_M_xico-compressed.pdf.
- SEMARNAT, (2016), Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Energia*.
http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D2_ENERGI A03_05&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=*
- Unión, C. D. (2011, 28 de mayo). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. *Cámara de Diputados*,
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf_mov/Constitucion_Politica.pdf.
- Unión, C. D. (2012, 09 de abril). Senado de República Mexicana, *Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica*.
https://www.senado.gob.mx/comisiones/energia/docs/marco_LSPEE.pdf.
- Unión, C. D. (2021, 11 de agosto). Cámara de Diputados, *Ley de la Industria Eléctrica*.
https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIElec_090321.pdf.
- Unión C. D. (2021). Cámara de Diputados, *Energías Renovables*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/76391/DS_Energias_Renovables_E S.pdf http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIElec_090321.pdf.
- Vertex, T. (2021). Tienda Solar Baywa, *Panel Solar 555 W Datasheet Vertex de 19, 2020 PA1*.
https://tienda-solar.baywa-re.mx/pub/media/productattachment/p/0/p00096_datasheet._trina_solar.pdf.