



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

DESARROLLO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL INTERCONECTADO A LA RED ELÉCTRICA DE COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE), MÉXICO

**DEVELOPMENT OF A RESIDENTIAL PHOTOVOLTAIC SYSTEM
INTERCONNECTED TO THE ELECTRIC GRID OF THE FEDERAL
ELECTRICITY COMMISSION (CFE), MEXICO**

Enrique de Jesús Moreno Carpintero
Tecnológico Nacional de México

Manuel Salgado Rodríguez
Tecnológico Nacional de México

Miguel Ángel Chagolla Gaona
Tecnológico Nacional de México

Ivonne Abigail Castillo Ríos
Tecnológico Nacional de México

Jesús Recillas Román
Tecnológico Nacional de México

Fernanda Montserrat Hilario Esquivel
Tecnológico Nacional de México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15712

Desarrollo de un Sistema Fotovoltaico Residencial Interconectado a la Red Eléctrica de Comisión Federal de Electricidad (CFE), México

Enrique de Jesús Moreno Carpintero¹enrique.mc@zacatepec.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0002-5472-1503>

Tecnológico Nacional de México

IT de Zacatepec

Av. Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec
Morelos, C.P. 62780, México**Manuel Salgado Rodríguez**manuel.sr@zacatepec.tecnm.mx<https://orcid.org/0009-0002-1143-9281>

Tecnológico Nacional de México

IT de Zacatepec

Av. Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec
Morelos, C.P. 62780, México**Miguel Ángel Chagolla Gaona**miguel.cg@zacatepec.tecnm.mx<https://orcid.org/0009-0001-0915-487X>

Tecnológico Nacional de México

IT de Zacatepec

Av. Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec
Morelos, C.P. 62780, México**Ivonne Abigail Castillo Ríos**abigail.ivonne@hotmail.com<https://orcid.org/0009-0003-3583-2894>

Tecnológico Nacional de México

IT de Zacatepec

Av. Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec
Morelos, C.P. 62780, México**Jesús Recillas Román**jesus.rr@zacatepec.tecnm.mx<https://orcid.org/0009-0002-7412-2767>

Tecnológico Nacional de México

IT de Zacatepec

Av. Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec
Morelos, C.P. 62780, México**Fernanda Montserrat Hilario Esquivel**L21090575@zacatepec.tecnm.mx<https://orcid.org/0009-0002-1143-9281>

Tecnológico Nacional de México

IT de Zacatepec

Av. Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec
Morelos, C.P. 62780, México

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se realizó un estudio para la instalación de un sistema fotovoltaico, utilizando las herramientas y medidas de seguridad necesarios. Se realizó la recopilación de datos necesarios (centro de carga, revisión del medidor de CFE), se analizó el consumo eléctrico y la facturación. Además de analizar los datos obtenidos del consumo energético en un cierto periodo, utilizando el software PVWatts para evaluar la radiación solar y así estimar el sistema fotovoltaico que se debería instalar para lograr un buen ahorro de energía. La propuesta técnica incluyó 6 paneles solares Canadian Solar de 550 Watts cada uno, un inversor Huawei de 4 kW y otros componentes, con una generación anual de aproximadamente 5,628.51 kWh. Se detallaron los trámites necesarios con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en el cual se presentó un presupuesto de \$106,227.00 pesos, con un retorno de inversión proyectado en 2.21 años. La estrategia incluye cambiar de tarifa DAC en 3 a 4 bimestres. Se llevó a cabo el estudio, el proceso de adquisición, trámites, instalación y pruebas con exactitud. Aclarando que el proyecto no solo busca un ahorro de energía al usar los paneles fotovoltaicos, sino también promover la sostenibilidad de la comunidad donde se haga dicha instalación.

Palabras claves: sistema fotovoltaico, residencial, interconectado, paneles, ahorro de energía

¹ Autor principal

Correspondencia: manuel.sr@zacatepec.tecnm.mx

Development of a Residential Photovoltaic System Interconnected to the Electric Grid of the Federal Electricity Commission (CFE), Mexico

ABSTRACT

In this research work, a study was carried out for the installation of a photovoltaic system, using the necessary tools and security measures. The necessary data was collected (load center, CFE meter review), electricity consumption and billing were analyzed. In addition to analyzing the data obtained from energy consumption in a certain period, using the PVWatts software to evaluate solar radiation and thus estimate the photovoltaic system that should be installed to achieve good energy savings. The technical proposal included 6 Canadian Solar solar panels of 550 Watts each, a 4 kW Huawei inverter and other components, with an annual generation of approximately 5,628.51 kWh. The necessary procedures were detailed with the Federal Electricity Commission (CFE), in which a budget of \$106,227.00 pesos was presented, with a projected return on investment in 2.21 years. The strategy includes changing the DAC (High consumption) rate in 3 to 4 bimonthly periods. The study, the acquisition process, procedures, installation and testing were carried out with accuracy.

Clarifying that the project not only seeks to save energy by using photovoltaic panels, but also to promote the sustainability of the community where said installation is made.

Keywords: photovoltaic system, residential, interconnected, panels, energy saving

*Artículo recibido 02 diciembre 2024
Aceptado para publicación: 28 diciembre 2024*



INTRODUCCIÓN.

Hoy en día la energía eléctrica se ha convertido en una necesidad primordial para el ser humano a nivel mundial, debido a que la mayoría de los objetos, equipos e instrumentos que usamos, usan energía eléctrica. Las compañías proveedoras de dicha energía, realizan planes estratégicos que ayuden a garantizar el suministro de por lo menos 5 años, pero es evidente que el excesivo mal uso de esta energía eléctrica, en algunos lugares de la población en México, ha hecho que surjan apagones en diferentes horas. Hoy en día, el ser humano se ha preocupado más por su medio ambiente, y sobre todo el ahorro en su facturación, es por ello, que la accesibilidad para sistemas fotovoltaicos es cada vez es más fácil (León Trigo et al., 2019; Martínez Prats et al., 2021; Velázquez Ramírez et al., 3030).

Sin lugar a duda, una de las fuentes de energías renovables que han crecido los últimos años, es la energía solar fotovoltaica y la energía eólica, dependiendo de la radiación solar y la velocidad del viento, respectivamente. Sus principales funciones son la reducción de la energía eléctrica y reducción la contaminación ambiental (Beltrán-Telles et al., 2017; Cuahuey Guerrero et al., 2023; Pasqualino et al., 2015).

Es evidente que, en el uso de la energía eléctrica a nivel mundial, surge la necesidad de realizar estudios los cuales nos dé una confiabilidad de poder suministrar a toda la población, estos análisis consisten de valorar la parte técnica como económica. La energía fotovoltaica ha sido una tecnología desarrollada con el fin de tener una fuente de energía renovable, que nos ayude a disminuir la huella de carbón que dejan las energías que actualmente usamos. La energía fotovoltaica es una fuente de generación renovable, predecible y amigable con el medio ambiente al utilizar la radiación solar, garantizando con esto, un monitoreo, control y almacenamiento de la misma. Para el análisis de cualquier validación para el uso de este tipo de energía, es necesario tomar en cuenta varios parámetros que nos ayudarán a que nuestro sistema sea lo suficientemente optimo, entre estos destacan: el clima, ubicación, tamaño y tipo de panel fotovoltaico, entre otros (El & Jovanni, 2023; Hernández et al., 2010; Rodríguez Manrique et al., 2015)

Por otra parte, los módulos fotovoltaicos son capaces de transformar la energía de radiación emitida por el sol, en energía de corriente continua, esto se hace a través de un inversor. El desarrollo de estos sistemas va relacionado al tipo de conexión, las condiciones climáticas, características propias del lugar



de la instalación, afectando directamente en la eficiencia y envejecimiento del sistema fotovoltaico. Existen dos tipos de Sistemas fotovoltaicos: Sistemas Fotovoltaicos Aislados y Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red.

Un sistema fotovoltaico Aislado, consiste en que la energía de radiación que reciben y la transforman en energía eléctrica, la almacena en baterías para poder utilizarla. Un Sistema fotovoltaico Interconectado a la Red a diferencia de los sistemas fotovoltaicos aislados, consiste en que la energía recibida por la radiación solar, se transmite a la red pública de la CFE (–Giraudy Arafet María -Rodríguez Gámez Ivan -Massipe Cano Antonio -Vázquez Pérez Raciél -Rodríguez Rivera, 2014; Adolph, 2016; Crisorio, 2023; Gonzalez G et al., 2003; Núñez, 2007).

La principal ventaja de tener un sistema fotovoltaico, es que el costo de mantenimiento es bajo a lo largo de su vida (normalmente de 15 a 20 años), sin embargo, el costo inicial, sigue siendo alto a comparación de la implementación de otras tecnologías, aunque día a día la invención de nuevas tecnologías hace que su costo sea cada vez menor. Actualmente los sistemas fotovoltaicos interconectados a una red han ido en aumento, principalmente en las zonas urbanas y rurales que no están conectadas al SEN (Sistema Eléctrico Nacional), siendo sus componentes principales: Panel o conjunto fotovoltaico, banco y cargador de baterías, dispositivo de interconexión y protección, Inversor de corriente (opcional, para cargas en corriente alterna)

En respuesta a esta creciente demanda y a la necesidad de reducir la dependencia de fuentes de energía no renovable, es de suma importancia que la ciudadanía tome medidas proactivas para adoptar fuentes de energía sostenible y contribuir a la mitigación del cambio climático. Una de las soluciones más efectivas y sostenibles es la implementación de sistemas fotovoltaicos con interconexión a la red ya que resulta en una inversión estratégica que beneficiará tanto al cliente que lo solicita como al medio ambiente. El financiamiento por parte de los gobiernos de los países es de vital importancia, ya que con ello hay una contribución al uso de estas energías limpias. Este trabajo de investigación representa un paso significativo hacia la sostenibilidad y la reducción de costos, al tiempo que contribuye a la construcción de un futuro energético más limpio y responsable (Guzmán et al., 2016, 2018; INECC, 2017; *Informes Nacionales de Las Partes No Incluidas En El Anexo I | CMNUCC*, n.d.; Morán, 2022; Samaniego & Schneider, 2019).



METODOLOGÍA

La primera fase para realizar la instalación la conexión de un sistema fotovoltaico residencial a la red de CFE, es que el cliente se acerque a la empresa encargada de realizar dicha conexión, con el fin de dar las ventajas y desventajas, de lo cual surge el levantamiento en sitio, el cual tiene como propósito recopilar información precisa sobre las características físicas, ambientales y estructurales, del lugar en donde se realizará la instalación. (adicionales a las brindadas en el recibo y por el cliente).

Algunos de los datos a recopilar en sitio son:

- Medidas de la azotea con claros libres de sombras (planos).
- Ubicación de la instalación eléctrica (distancia del centro de carga a la azotea).
- Mejor área y diseño para colocación de los paneles, sin afectar la estética del domicilio.
- Mediciones eléctricas en tablero general (Conocer el voltaje 127 v/ 220 v/ 440 v.
- Número de hilos.
- Fotografía del medidor.

Dependiendo de los objetivos del levantamiento, se pueden utilizar diversos instrumentos y herramientas para las mediciones, incluso fotografías que permitan documentar las condiciones existentes o información relevante.

Para el diseño del sistema fotovoltaico implica la planificación, selección y configuración de los componentes necesarios en el sistema.

Dentro de este apartado, a la par, se va formando una carpeta física del proyecto, la cual contiene toda la información técnica que implica el sistema de forma general, está integrada por:

- a) Plano de Planta
- b) Plano Eléctrico
- c) Diagrama Unifilar
- d) Diagrama de Conexiones
- e) Formato de Registro
- f) Lista de Materiales y Equipo
- g) Lista de Herramientas



h) Hojas de contenido y armado

i) Manuales de Instalación de los equipos principales, así como fichas técnicas y garantías.

De forma más detallada, para el diseño del sistema se evalúan rasgos del consumo en instalaciones actuales y todo lo que implica la instalación del Sistema Fotovoltaico (SFV).

Así mismo se determina el consumo de energía del sitio con ayuda del recibo, para comprender cuánta energía se necesita generar. Se analiza el historial de consumo de un año para estimar esta producción. Seguido de esto se realiza la evaluación de la radiación solar disponible en la ubicación geográfica del sitio, utilizando recursos de plataformas de software especializadas y confiables. Con ello, se seleccionan de entre los tipos de tecnologías para el sistema, según las características específicas del proyecto, objetivos de eficiencia, características de los componentes y presupuesto del cliente, lo cual se determina los tipos de tecnologías para el sistema, según las características específicas del proyecto, objetivos de eficiencia, características de los componentes y presupuesto del cliente.

Posteriormente para el diseño del arreglo de paneles solares, se determina la orientación y la inclinación óptimas de los paneles solares para maximizar la captura de luz solar. Para esto se consideran las posibles sombras y los espacios disponibles. También se selecciona el tipo de conexión que lleven los paneles, así como la cantidad de éstos, tomando en cuenta cuales son las necesidades del cliente. Así mismo, se realiza la selección del tipo de estructuras de montaje para los paneles solares, ya sea para techo, suelo o estructuras elevadas y garantizar la integridad estructural y seguridad. El inversor y/o sistema de almacenamiento se elige de acuerdo a la capacidad del sistema del cual se está diseñando. Los cálculos de cableado y pérdidas es basado en las dimensiones del área donde se instalará el sistema y con las distancias del Tablero General se hace el cálculo del calibre y la longitud adecuados de los cables para minimizar pérdidas de energía y garantizar la distribución eficiente de la electricidad generada.

El sistema de monitorización permitirá supervisar el rendimiento del sistema en tiempo real, identificar problemas y realizar mantenimiento proactivo. Así mismo se deberán cumplir las normas de seguridad como procedimiento, además de obtener los permisos necesarios para la instalación del SFV.



Dentro de la propuesta económica que se realizó, se hace la estimación de costos de retorno de inversión. Se calcula los costos totales del sistema, incluidos equipos, la instalación y costos operativos. La proyección de generación eléctrica se realiza: Mensual y anual, cálculo de retorno de inversión, basado en ahorros proyectados, cotización de los equipos propuestos y tiempo de entrega.

Se realiza el trámite ante CFE para la interconexión a su red, siguiendo los requisitos propuestos por parte de la compañía.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para iniciar con el análisis de la información, es necesario hacer una evaluación de la demanda de energía a lo largo del año, por lo cual consultaremos el historial de un recibo de energía eléctrica y realizamos el vaciado de datos en la tabla 1, donde se muestra el consumo y facturación comprendida del 14 de junio al 14 de agosto de 202. De estos datos el precio por kWh de cada bimestre servirá como base para el análisis de los ahorros económicos para la generación de energía mediante el sistema fotovoltaico.

Tarifa: DAC

Esquema Tarifario: Hogar

Número de Hilos: Por Definir

Voltaje de Operación: Trifásico, 220 Volts AC

Tabla 1. Resumen de Consumos.

CFE # RMU 137920700107	CONSUMO ENERGETICO	PRECIO MEDIO	IMPORTE MENSUAL \$ con IVA
BIMESTRE	kWh	\$/kWh	MX
14 JUN 23 al 14 AGO 23	1,007.00	\$7.00	\$8,179.00
14 ABR 23 al 14 JUN 23	834.00	\$7.08	\$6,845.00
14 FEB 23 al 14 ABR 23	1,002.00	\$7.80	\$9,065.00
14 DIC 22 al 14 FEB 23	912.00	\$7.72	\$8,163.00
13 OCT 22 al 14 DIC 22	923.00	\$6.77	\$7,246.00
12 AGO 22 al 13 OCT 22	1,013.00	\$7.26	\$8,528.00
Promedio	948.50	\$ 7.27	\$8,004.33
Total	5,691.00		\$48,026.00

Así mismo los datos del análisis de radiación solar, se obtienen en <https://pvwatts.nrel.gov/>, que no brinda la información a lo largo de un año, ver tabla 2.



Tabla 2. Radiación Anual.

Mes	Radiación (kWh/m ² /día)
Enero	6.53
Febrero	7.19
Marzo	7.13
Abril	6.73
Mayo	6.37
Junio	5.82
Julio	5.78
Agosto	6.01
Septiembre	5.63
Octubre	5.63
Noviembre	6.47
Diciembre	6.38
PROMEDIO	6.31

Se realizó el análisis de cargas, y, con la información compartida por el cliente se realizó un estudio energético por parte de CFE, que pudo brindar información importante, el cual comprende datos de consumo de la iluminación y los equipos instalados, ver tabla 3, 4 y 5.

Tabla 3. Censo de carga I.

BAÑO					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Tira LED	18	2	0	0	0.00
Subtotal					0.00
C. LAVADO					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Lavadora	500	1	6	1	26.06
Secadora de ropa de gas	450	1	3	1	11.73
Plancha	1200	1	4	1	41.69
Lampara con Balastro Fluorescentes	32	2	7	1	3.89
Subtotal					83.37
COCINA					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco Led	5	6	2	7	3.65
Refrigerador	140	1	12	7	102.14
Lavaplatos	1000	1	2	7	121.60
H. Microondas	1200	1	0.5	7	36.48
H. Electrico	1500	1	0.16	1	2.08
Cafetera	1900	1	0.25	1	4.13
Bocina	60	1	2	7	7.30
Robot Limpador	25	1	2	2	0.87
Subtotal					278.25
ESCALERA					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco Led	5	3	3	7	2.74
Subtotal					2.74
ESTUDIO					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco Dicroico	50	2	0	0	0.00
Subtotal					0.00
PATIO					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Fuente	375	1	0.5	7	11.40
Subtotal					11.40
SALA					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco Led	5	6	0.5	6	0.78
Foco Dicroico	50	5	0	0	0.00
Subtotal					0.78
VESTIDOR					

Tabla 4. Censo de Carga II.

Estudio 2					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco Dicroico	50	3	0	0	0.00
Subtotal					0.00
Baño 2					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Tira LED	10	1	1	1	0.10
Foco Led	5	3	0.5	1	0.07
Subtotal					0.22
Pasillo 2					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco Led	5	1	0.16	1	0.01
Subtotal					0.04
Vestidor 2					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Humificador	25	1	24	7	36.48
Subtotal					36.48
Recámara 1					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco Dicroico	50	4	0	0	0.00
Computadora	150	1	0	0	0.00
Subtotal					0.00
Recámara 2					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Regulador Eléctrico	25	1	24	7	36.48
Computadora	150	1	0	0	0.00
Lámparas de Led	10	1	0	0	0.00
Purificador de Aire	40	1	0.25	7	0.61
Telefono inalámbrico	5	1	24	7	7.30
Subtotal					65.23
Recámara 3					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
TV LCD	150	1	0	0	0.00
Regulador Eléctrico	25	1	0	0	0.00
Regulador Eléctrico	25	1	24	7	48.86
Telefono inalámbrico	5	1	24	7	7.30
Foco Incandescente	25	1	1	7	1.52
Subtotal					49.67
Bodega					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Computador	220	1	12	7	160.51
Lámpara con Balastro Fluorescentes	32	2	0.16	1	0.09
Subtotal					160.60
Entrada					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco LED	5	4	8	7	0.73
Subtotal					0.73
Estudio 3					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Regulador Eléctrico	25	1	24	7	36.48
TV Led	60	1	0.5	7	1.82
Subtotal					38.30
Biblioteca					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco LED	30	2	5	7	18.24
Computadora	150	1	5	1	8.51
Repetidor Señal	12	1	24	7	17.51
Equipo de Sonido	80	1	0	0	0.00
Plancha	40	1	0.5	6	1.04
Foco LED	5	4	5	7	6.08
Subtotal					49.39
Estudio 3					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco LED	15	7	4	7	25.54
Modem de Internet	12	1	24	7	17.51
Computadora	150	1	0	0	0.00
Regulador Eléctrico	30	2	24	7	87.55
TV Led	220	1	3	7	40.13
Giny	12	1	24	7	17.51
Subtotal					188.24
Baño 3					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Lámpara con Balastro Fluorescentes	32	2	0	0	0.00
Subtotal					0.00
Baño 4					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco LED	5	4	0	0	0.00
Subtotal					0.00
Terraza					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco LED	5	3	0	0	0.00
Subtotal					0.00
Baño 5					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco LED	5	1	0.5	1	0.02
Termómetro	15	1	24	7	21.89
Bacina	80	1	0.5	1	0.26
Calentador Eléctrico	600	1	0	0	0.00
Tina de Hidromasaje	750	1	0	0	0.00
Subtotal					22.17
Escalera 3					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco LED	5	3	0.25	1	0.03
Subtotal					0.03

Tabla 5. Censo de carga III.

Vestidor 3					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Foco Dicroico	50	6	0.5	7	9.12
Subtotal					9.12
C. de servicio					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
TV Led	150	1	2	7	18.24
Foco LED	5	2	1	7	0.61
Subtotal					18.85
Armario					
Descripción equipo	Potencia W	Cantidad	Hrs uso	Días a la semana uso	Consumo bimestral (kWh)
Humificador	22	1	24	7	32.10
Subtotal					32.10
Total	13,245.00				1,056.67

La conclusión que se extrae de las tablas previas es que la mayor cantidad de energía se utiliza en la cocina, especialmente con el uso del lavaplatos, el cual equivale a 121.60 [kWh/b] y representa el 11% del consumo del domicilio.

Por otro lado, se observa un refrigerador que equivale a 102 [kWh/b] y un congelador equivalente a 167.51 [kWh/b] que sumados tienen un consumo bimestral de 269.51 [kWh/b] y representa el 25% del consumo del domicilio.

Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico.

Tomando como base la tabla de consumos eléctricos, el dimensionamiento del Sistema fotovoltaico este dado por los últimos 6 bimestres de consumos eléctricos de CFE para el dimensionamiento del SFV. (tabla 6).

Tabla 6. Dimensionamiento del SFV.

Consumo Eléctrico Anual	5,691.00	kW/h
Año	365.00	Día
Consumo Eléctrico Promedio Diario	15.59	kW/h – Día
Radiación Solar Promedio CDMX	5.63	Hrs
SFV-Preliminar	2.77	kW
Factor de Diseño	15.00	%
SFV PROPUESTO	3.18	KW
Potencia Real	3,184.82	Watts
Potencia Nominal del Panel Fotovoltaico	550.00	Watts
Núm. Paneles Propuestos	5.79 ≈ 6	Paneles

Por lo tanto, con los datos obtenidos, se tiene lo siguiente:

1. Diseño del SFV basado en el consumo eléctrico de CFE en los últimos 6 bimestres y del estudio energético emitido por CFE.
2. Radiación mínima de 5.63 horas en San Jerónimo, Ciudad de México.
3. Se considera un SFV de 6 paneles solares de 550 watts, Marca Canadian Solar.

Y la producción de energía estimada anual, que podría generar los paneles solares (Ver tabla 7), es la siguiente:

Tabla 7. Producción Anual del SFV.

MEMORIA DE CALCULO		
Potencia del Módulo	550.00	Watts
Cantidad de Módulos	6.00	Pzas
Potencia del SFV	3,300.00	Watts
	3.30	kW
	0.003	MW
Horas de Radiación Solar	5.63	(kWh/m2/día)
Producción diaria pico del SFV	18.58	kWh
Performance del SFV	83.00%	Eficiencia (%)
Producción diaria neta del SFV	15.42	kWh
Año	365	días
Producción Anual del SFV	5,628.51	KWh
	5.63	MWh

Una vez dimensionado el SFV se procedió a elaborar una tabla 8, de tecnologías disponibles en el mercado en México, la cual sirvió como base para presentársela al cliente y así orientarlo en la selección de los equipos con base características y tecnología más conveniente.

Tabla 8. Tabla de Tecnologías.

TECNOLOGÍA	MARCA	PAÍS	EFICIENCIA	GARANTÍA
Panel Solar	JA Solar	China	21.3	25 años
	Canadian Solar	Canadá	21.5	25 años
Inversor	Solis	China	97.3	5-25 años
	Huawei	China	98.4	5-10 años

El sistema fotovoltaico propuesto interconectado a la red eléctrica de CFE estará compuesto por los siguientes equipos:

- 6 paneles Solares Marca Canadian Solar de 550 Watts c/u.
- 1 inversor Central Marca HUAWEI, Modelo SUN2000-4KTL-L1 con Capacidad de 4 kW.
- 1 estructura de Aluminio anodizado Marca Aluminex – Modelo Next-Rail con capacidad para 6 paneles en 2 filas con inclinación a 20°. (Base delantera a 50 cm y Base trasera a 1.80 m.) Fijadas directamente a Concreto de la azotea.
- 1 lote de Cableado eléctrico en Corriente Directa Cal. 10. Protección Eléctrica de 20 A.
- 1 lote de Cableado eléctrico en Corriente Alterna Cal. 10. Protección Eléctrica de 25 A.
- 1 lote de Canalizaciones Eléctrica pared delgada para exteriores, cajas de conexión tipo conduit y accesorios para canalizar cableado de módulos fotovoltaicos a inversor.
- 1 kit para la instalación de medidor bidireccional (instalado en la fachada de la vivienda).

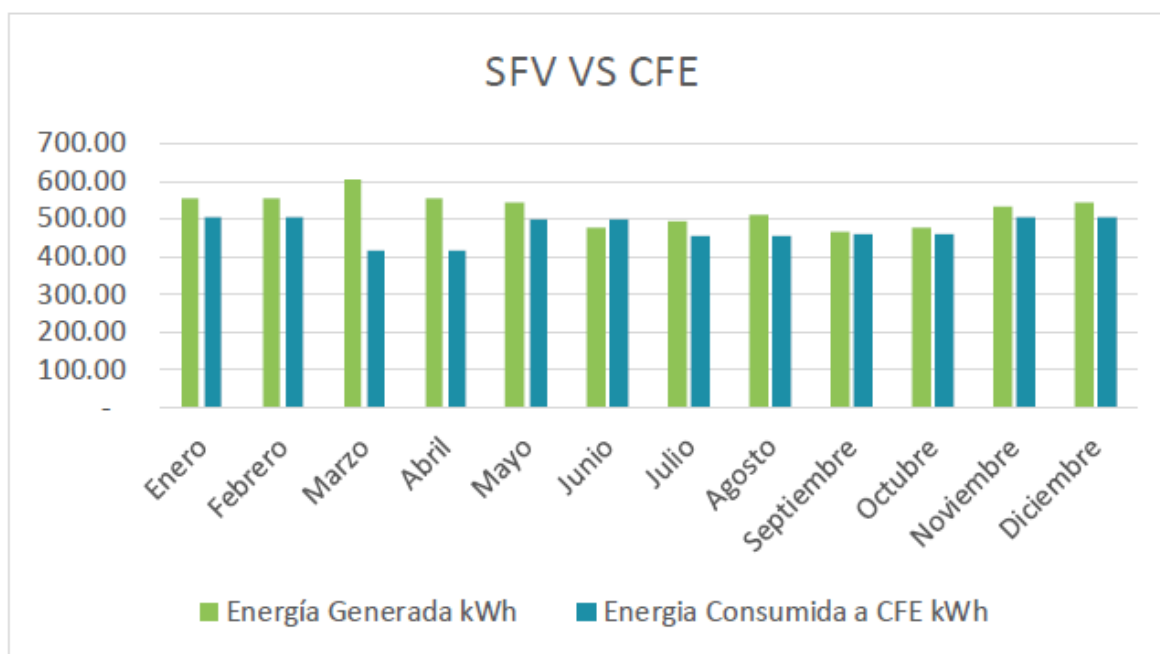
Para la generación estimada de Energía Eléctrica del Sistema Fotovoltaico, se debe recibir energía del sol en forma de radiación. De acuerdo con la información meteorológica proporcionada por la NASA para la ubicación geográfica del proyecto, se recibe un promedio mensual de los últimos 22 años de acuerdo con la tabla 9.

Tabla 9. Promedio mensual obtenido por la NASA.

Radiación del sitio		Producción SFV		Consumo CFE
Mes	Radiación (kWh/m ² /día)	Días del mes	Energía Generada kWh	Energía Consumida kWh
Enero	6.53	31	554.46	503.50
Febrero	7.19	28	551.42	503.50
Marzo	7.13	31	605.40	417.00
Abril	6.73	30	553.00	417.00
Mayo	6.37	31	540.87	501.00
Junio	5.82	30	478.23	501.00
Julio	5.78	31	490.77	456.00
Agosto	6.01	31	510.30	456.00
Septiembre	5.63	30	462.62	461.50
Octubre	5.63	31	478.04	461.50
Noviembre	6.47	30	531.64	506.50
Diciembre	6.38	31	541.72	506.50
PROMEDIO	6.31	30.42	524.87	948.50
Anual		365	6,298.47	5,691.00

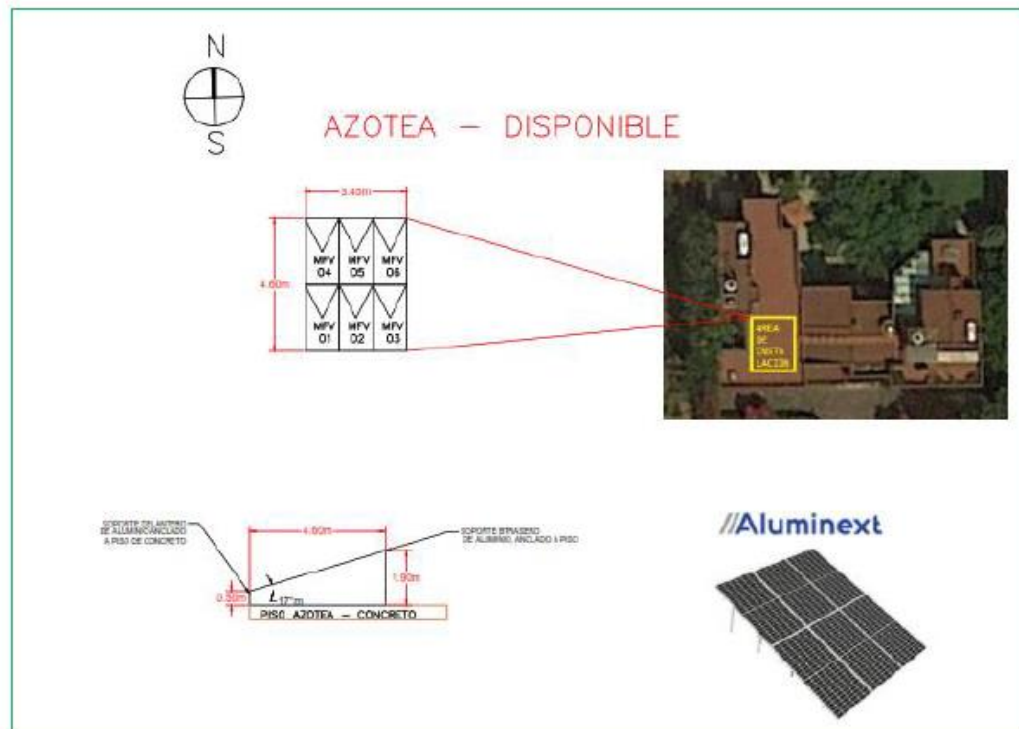
En la siguiente grafica se puede observar el comportamiento eléctrico que tendrá el Sistema Fotovoltaico (SFV) con la Energía Generada versus la Energía Consumida actual que se tiene con la Comisión Federal de Electricidad.

Figura 1. SFV vs CFE



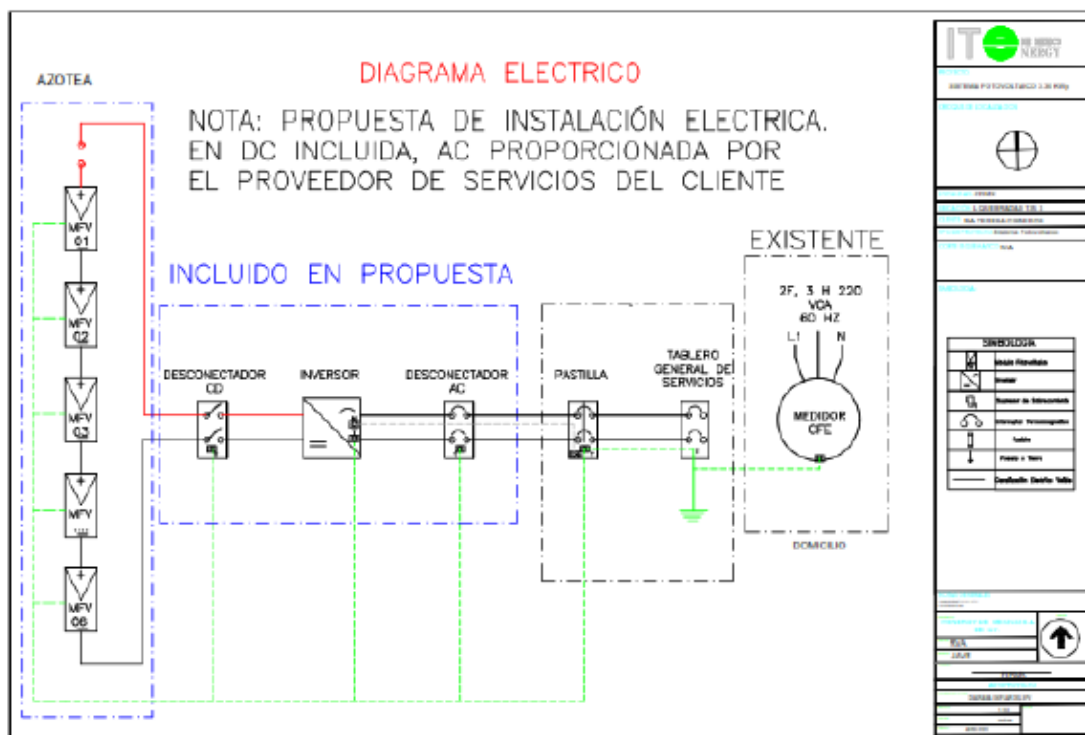
En la figura 2, se muestra el Sistema Propuesto, así como su diagrama de distribución.

Figura 2. Instalación del equipo para nuestro SFV.



El diagrama unifilar de la instalación eléctrica para nuestro SFV de 6 módulos, se muestra en la figura3

Figura 3. Diagrama Unifilar del SFV.



Por lo tanto, la propuesta económica de nuestro SFV de 3.3 kW, se ve reflejada en la tabla 10.

Tabla 10. Propuesta Económica.

PARTIDA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	IMPORTE TOTAL INCLUYE IVA EN MXN
Sistema fotovoltaico de 3.30 KWp compuesto por:			
1	6	Modulo Fotovoltaiico Marca Canadian Solar Modelo 550MS monocristalino de 550 watts (Potencia Nominal), 13.20 A. Dimensiones 2261 x 1134 mm, peso 27.8 kg, conector MC4, cristal frontal templado. Certificaciones IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730. ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018, IEC TS 62941. Garantía de potencia 25 años.	\$106,227.00
	1	Inversor Solar para interconexión a la red de 4,000 W, 220 Vac, 20 A ac. Dimensiones 365mm * 365mm * 156 mm. Marca HUAWEI, Modelo SUN2000-4KTL-L1. Certificaciones UL 1741, IEEE1547, EN50549, AS4777.2:2015, VDE0126-1-1, IEC 61727, VDE4105-2018, G99, IEC62109-1/-2, NBT32004-2018, EN61000-6-1, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-6-4. “incluye sistema de monitoreo remoto”	
	1	Sistema de Monitoreo. Marca HUAWEI. Incluye 5 Licencias para monitoreo. NOTA: No incluye servicio de internet, dicho servicio lo proporciona el cliente.	
	1	Kit Next-Rail, Marca Aluminex. Vertical 6 paneles en 2 filas 20° hasta 1160mm (A) Fijado a piso de concreto, la base delantera tendrá una altura de 50cm y la base trasera tendrá con una altura de 1.80 a 1.90 metros. Según la inclinación a 20°.	
	1	Cableado, tubería y accesorios en DC, para 6 paneles, Canalización y preparación eléctrica.	
	1	Cableado, tubería y accesorios en AC. Canalización y preparación de la instalación eléctrica.	
	1	Kit para medidor bidireccional. Incluye Material, mano de obra y todo lo necesario para su correcta instalación. NOTA: Dicho equipo quedara instalado sobre uno de los muros de la fachada del cliente.	
	1	Servicios de ingeniería con personal técnico especializado para la instalación de Sistemas Fotovoltaiicos residenciales. Incluye: Mano de obra, Equipo de Seguridad, Maniobras para subir los equipos, Seguros y consumibles para la correcta instalación y aprobación de CFE.	
	1	Memoria técnica, del proyecto, incluye: Manuales, Fichas técnicas de los equipos, garantías y Diagramas de instalación.	
	1	Tramitología ante CFE para efectuar el cambio de medidor de Luz y Fuerza “analógicos” a medidor bidireccional digital. NOTA: No se incluye ningún otro tramite o servicio como cambio de titular.	
	1	Tramitología ante CFE para la obtención del contrato de interconexión de Sistemas Fotovoltaiicos. NOTA: No se incluye ningún otro tramite o servicio como cambio de titular.	
	1	Puesta en marcha del Sistema Fotovoltaiico, configuración del Sistema de Monitoreo y entrega al cliente.	

El importe total por los productos y/o servicios incluidos en esta cotización es de: \$106,227.00 (Ciento Seis Mil, Doscientos Veintisiete pesos 00/100 M.N.). Precios con IVA incluido.

Y el Retorno de Inversión Simple (RIS), se ve proyectado en la tabla 11.

Tabla 11. RIS

Costo del Proyecto	\$106,262.38	Pesos con IVA
Pago CFE Bimestre "Actual"	\$48,026.00	Pesos con IVA
ROI	2.21	Años

Así mismo se muestra el modelo financiero simple proyectado a 20 años. Ver tabla 12.

Tabla 12. Modelo Financiero

"PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 3.30 kW (DC) / 2.5 kW (AC) INTERCONECTADOS A LA RED ELÉCTRICA DE LA CALLE LOMAS QUEBRADAS 135-3 SAN JERÓNIMO LÍDICE, LA MAGDALENA CONTRERAS, C.P. 10200 CDMX"			MODELO FINANCIERO SIMPLE						
DATOS GENERALES DEL PROYECTO			Año	Producción de Energía Anual kWh (SFV)	Costo Estimado del kWh CFE (MXN)	Ahorro por Producción de Energía del SFV (MXN)	Consumo Actual del Cliente kWh (CFE)	Consumo Actual kWh CFE (MXN)	Análisis Payback
Capacidad	3.30	KWp	1	5,629	7.270	\$ 40,916.82	5,691	\$ 41,371.11	-\$65,345.56
			2	5,612	7.270	\$ 40,794.07	5,691	\$ 41,371.11	-\$24,551.49
			3	5,595	7.270	\$ 40,671.69	5,691	\$ 41,371.11	\$ 16,120.19
			4	5,578	7.270	\$ 40,549.67	5,691	\$ 41,371.11	\$ 56,669.86
			5	5,561	7.270	\$ 40,428.02	5,691	\$ 41,371.11	\$ 97,097.89
			6	5,545	7.270	\$ 40,306.74	5,691	\$ 41,371.11	\$ 137,404.62
			7	5,528	7.270	\$ 40,185.82	5,691	\$ 41,371.11	\$ 177,590.44
			8	5,511	7.270	\$ 40,065.26	5,691	\$ 41,371.11	\$ 217,655.70
			9	5,495	7.270	\$ 39,945.06	5,691	\$ 41,371.11	\$ 257,600.77
			10	5,478	7.270	\$ 39,825.23	5,691	\$ 41,371.11	\$ 297,426.00
			11	5,462	7.270	\$ 39,705.75	5,691	\$ 41,371.11	\$ 337,131.75
			12	5,446	7.270	\$ 39,586.64	5,691	\$ 41,371.11	\$ 376,718.39
			13	5,429	7.270	\$ 39,467.88	5,691	\$ 41,371.11	\$ 416,186.26
			14	5,413	7.270	\$ 39,349.47	5,691	\$ 41,371.11	\$ 455,535.74
			15	5,397	7.270	\$ 39,231.42	5,691	\$ 41,371.11	\$ 494,767.16
			16	5,380	7.270	\$ 39,113.73	5,691	\$ 41,371.11	\$ 533,880.89
			17	5,364	7.270	\$ 38,996.39	5,691	\$ 41,371.11	\$ 572,877.28
			18	5,348	7.270	\$ 38,879.40	5,691	\$ 41,371.11	\$ 611,756.68
			19	5,332	7.270	\$ 38,762.76	5,691	\$ 41,371.11	\$ 650,519.44
			20	5,316	7.270	\$ 38,646.47	5,691	\$ 41,371.11	\$ 689,165.92

Comparando el costo total del sistema fotovoltaico con el consumo actual (basándonos en el historial de consumos proporcionado en el recibo de CFE), tenemos como resultado que en aproximadamente 2 años y medio se retornaría la inversión, además de que posteriormente a esto, los costos de consumo se reducirán considerablemente. Por tal motivo, el cargo mensual promedio va de los \$60 a \$100 pesos MX.

CONCLUSIONES

La implementación de un sistema fotovoltaico para una casa habitación, residente de Lomas Quebradas 145 en CDMX, surge como una solución viable y sostenible para reducir los gastos de consumo eléctrico y facilitar la transición de la tarifa DAC a una tarifa más económica a lo largo del tiempo. La evaluación detallada de su consumo eléctrico, análisis del recurso solar y estudio de cargas eléctricas ha permitido diseñar un sistema fotovoltaico acorde a sus necesidades.

La propuesta técnica del sistema, conformada por paneles solares Canadian Solar de 550 Watts, un inversor HUAWEI de 4 kW, y demás componentes, presenta un diseño eficiente y de calidad. El dimensionamiento del sistema se basa en los últimos 6 bimestres de consumos eléctricos de CFE, asegurando una producción anual estimada de 5,628.51 kWh.

El análisis económico indica que la inversión se recuperará en aproximadamente 2 años y medio, seguido de una reducción significativa en los costos de consumo. La implementación del sistema fotovoltaico no solo proporcionará ahorros económicos a la señora Cisneros, sino que también contribuirá a la sostenibilidad ambiental al generar su propia electricidad a partir de fuentes renovables. Además, se destaca la importancia de los trámites ante la Comisión Federal de Electricidad (CFE), asegurando la correcta interconexión del sistema a la red eléctrica y la formalización del contrato. La entrega del proyecto culmina con una capacitación al cliente sobre el mantenimiento y cuidados del sistema, garantizando su eficiencia a lo largo del tiempo.

La implementación de un sistema fotovoltaico no solo representa una respuesta efectiva para reducir los costos de consumo eléctrico, sino que también brinda beneficios económicos, ambientales y una transición exitosa hacia tarifas más favorables.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

–Giraudy Arafet María -Rodríguez Gámez Ivan -Massipe Cano Antonio -Vázquez Pérez Raciél -

Rodríguez Rivera, C. M. (2014). Factibilidad de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red Feasibility of installation of connected photovoltaic systems to grid. *Ingeniería Energética*, XXXV(2), 141–148.

Adolph, R. (2016). 済無No Title No Title No Title. 1–23.



- Beltrán-Telles, A., Morera-Hernández, M., López-Montegudo, F. E., & Villela-Varela, R. (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. *CienciaUAT*, 11(2), 105–117.
- Crisorio, R. L. (2023). Ciencia e investigación. *Perspectivas de Investigación En Educación Física*, 2(3), e019. <https://doi.org/10.24215/29534372e019>
- Cuahuey Guerrero, M. E., Méndez, J. F., Peralta Sánchez, E., Cardeña Moreno, S. A., & Hernández Sánchez, D. E. (2023). Prototipo de un sistema híbrido de energía fotovoltaica eólica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 7207–7224. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5863
- El, A., & Jovanni, P. (2023). *Ecuador State of the art of grid-connected photovoltaic systems and technologies in Ecuador Estado da arte em sistemas e tecnologias fotovoltaicas conectadas à rede no. 9*, 1717–1730.
- Gonzalez G, R., Jimenez G, H. R., & Lagunas M, J. (2003). Sistemas fotovoltaicos Conectados a la Red Electrica. *Boletín Iie*, 1, 32.
- Guzmán, S., Castillo, M., & Moncada, A. (2016). Financiamiento de esfuerzos contra el cambio climático en América Latina. *Política, Globalidad y Ciudadanía*, 3(5), 66–77. <https://doi.org/10.29105/pgc3.5-5>
- Guzmán, S., Guillén, T., & Manda, J. (2018). *A Review of Domestic Data Sources for Climate Finance Flows*. 70. <https://www.climatefinance-developmenteffectiveness.org/sites/default/files/GFLAC-Web.pdf>
- Hernández, J., Sáenz, E., & Vallejo, W. a. (2010). Estudio del Recurso Solar en la Ciudad de Bogotá para el Diseño de Sistemas Fotovoltaicos Interconectados Residenciales. *Revista Colombiana de Física*, 42(2), 5. <http://www.revcolfis.org/ojs/index.php/rcf/article/view/420221/pdf>
- INECC. (2017). *Evaluación Estratégica del Anexo Transversal del Presupuesto de Egresos de la Federación en materia de Cambio Climático. Informe Final*. 86. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/261388/Informe__evaluacion_PECC_final_limpio_1_.pdf
- Informes nacionales de las Partes no incluidas en el Anexo I | CMNUCC*. (n.d.). Retrieved December



30, 2024, from <https://unfccc.int/national-reports-from-non-annex-i-parties>

- León Trigo, L. I., Reyes Archundia, E., Gutiérrez Gneccchi, J. A., Méndez Patiño, A., & Chávez Campos, G. M. (2019). Smart Grids en México: Situación actual, retos y propuesta de implementación. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 20(2), 1–12. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n2.015>
- Martínez Prats, G., Silva Hernández, F., Altamirano Santiago, M., & Hernández Salinas, J. A. (2021). Apuntes de la energía fotovoltaica en México. *3C Tecnología_Glosas de Innovación Aplicadas a La Pyme*, 10(1), 17–31. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n1e37.17-31>
- Morán, E. (2022). *Por consiguiente, al reunir información de fuentes secundarias, diversos proyectos se muestran teniendo un alcance orientado al análisis social para establecer su viabilidad económica y técnica.*
- Núñez, G. C. (2007). *Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red Eléctrica*. 1–9.
- Pasqualino, J., Cabrera, C., & Chamorro, M. V. (2015). *artículo_8 Impacto ambiental de las FNCE*. 68–75.
- Rodríguez Manrique, A. K., Cadena Monroy, Á. I., & Aristizábal Cardona, A. J. (2015). Diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica para usuarios residenciales en Chía, Cundinamarca. *Revista Mutis*, 5(1), 55–65. <https://doi.org/10.21789/22561498.1019>
- Samaniego, J., & Schneider, H. (2019). Financiamiento para el cambio climático en América Latina y el Caribe en 2015. *Documentos de Proyectos*.
- Velázquez Ramírez, J. M., Estela, C., Duran, S., & Rueda, L. V. (3030). Proyecto de paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica. *Universo de La Tecnológica*, 37, 31–34.

