



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ACAPULCO

DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
INTERCONECTADO A LA RED PARA EL ÁREA DE
LAVANDERÍA EN EL HOTEL PRINCESS MUNDO IMPERIAL

TITULACIÓN INTEGRAL

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIEROS ELECTROMECAÑICOS

PRESENTAN:

PEDRO GAMALIEL HILARIO VENEGAS

GETSEMANÍ DE JESÚS HERNÁNDEZ RIVERA

ASESOR DE TESIS: DR. JAVIER GUTIÉRREZ ÁVILA

ACAPULCO, GRO., ABRIL 2024

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN | 4 |
| INTRODUCCIÓN | 5 |
| PROBLEMAS A RESOLVER | 7 |
| OBJETIVOS DEL PROYECTO | 9 |
| JUSTIFICACIÓN | 10 |
| CAPÍTULO I | 11 |
| ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INTERCONECTADOS A LA RED | 11 |
| 1.1 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS A NIVEL GLOBAL | 13 |
| 1.2 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN MÉXICO | 24 |
| 1.2.1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN EL SECTOR AGRÍCOLA DE MÉXICO | 30 |
| 1.2.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN EL TRANSPORTE DE MÉXICO | 37 |
| 1.2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD | 40 |
| 1.3 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN ACAPULCO | 43 |
| CAPÍTULO II | 50 |
| COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS | 50 |
| 2.1 SOPORTES SOLARES | 55 |
| 2.2 BATERÍAS SOLARES | 57 |
| 2.3 MEDIDOR BIDIRECCIONAL | 58 |
| 2.4 PROTECCIONES | 59 |
| 2.5 OPTIMIZADORES | 60 |
| 2.6 INVERSORES | 61 |
| CAPÍTULO III | 62 |
| CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS | 62 |
| 3.1 SISTEMA AUTÓNOMO | 66 |

| | |
|---|------------|
| 3.2 SISTEMA INTERCONECTADO A LA RED..... | 67 |
| 3.3 SISTEMA HÍBRIDO..... | 72 |
| CAPÍTULO IV..... | 73 |
| CLASIFICACIÓN DE LOS INVERSORES FOTOVOLTAICOS | 73 |
| 4.1 INVERSORES CENTRALES | 77 |
| 4.2 MICROINVERSORES..... | 79 |
| 4.3 INVERSORES DE CADENA O STRING | 83 |
| CAPÍTULO V..... | 84 |
| CÁLCULOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED PARA LA LAVANDERÍA DEL HOTEL PRINCESS MUNDO IMPERIAL | 84 |
| CAPÍTULO VI..... | 91 |
| GESTIÓN ANTE COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD PARA SOLICITAR LA INTERCONEXIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO | 91 |
| PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS..... | 96 |
| RESULTADOS, CONCLUSIONES Y ANÁLISIS..... | 98 |
| FUENTES DE INFORMACIÓN | 100 |
| ANEXOS..... | 101 |

RESUMEN

El avance de la tecnología y el uso de energías renovables va en aumento, por ende, el presente proyecto busca la implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a red para el área de la lavandería en el Hotel Princess Mundo Imperial con el objetivo de disminuir el pago por el uso de la energía y, a su vez, contribuir en la reducción del CO₂ que emiten las generadoras convencionales de energía eléctrica.

La opción de energías renovables ofrece una alternativa de lograr un desarrollo social que tiende a lo ecológico, sustentable y que en un futuro se obtenga un beneficio económico. La energía obtenida de paneles fotovoltaicos, en específico de la irradiancia del sol, se plantea como ayuda para minimizar el consumo energético tanto en zonas residenciales como en la industria.

Para ello se realizó una investigación para conocer la viabilidad que presenta la ubicación de la zona Diamante del Puerto de Acapulco, mediante la toma de datos de irradiancia y las sombras que afectarían al sistema, que nos darían las bases para el correcto dimensionamiento del sistema fotovoltaico, así como las características adecuadas que deberían tener los dispositivos para este tipo de sistema, demostrando así la factibilidad del proyecto.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto busca el estudio y cálculo de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para un mejor aprovechamiento de la energía en el área de lavandería, este se compone únicamente de siete capítulos.

El capítulo I “Antecedentes de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red” incluye las primeras aplicaciones o usos de la energía solar a lo largo de la historia, desde nivel mundial hasta nivel local (Acapulco, Gro.), se muestra cómo el ser humano se ha ido interesando en esta energía limpia y los avances que poco a poco ha implementado para beneficio de la sociedad en general.

El capítulo II “Componentes de los sistemas fotovoltaicos” trata, de manera generalizada, cada una de las partes de un sistema fotovoltaico que se deben tomar en cuenta para un óptimo diseño e instalación del mismo; asimismo se plantea la introducción de los inversores (como componente importante de un SFV).

A lo largo del tercer capítulo titulado “Clasificación de los sistemas fotovoltaicos” se explica a detalle lo que es un sistema autónomo, un sistema interconectado a la red, un sistema híbrido y el de bombeo solar, que se incluye dentro del primero; cada uno cuenta con su propio arreglo e imágenes que tienen como objeto aumentar el entendimiento del lector.

Dentro del capítulo IV se expande la información de los inversores fotovoltaicos, tanto de sus partes como sus aplicaciones, por tal motivo, se titula “Clasificación de los inversores fotovoltaicos”.

El capítulo V “Cálculos del sistema fotovoltaico interconectado a la red para el área de lavandería del Hotel Princess Mundo Imperial” es primordial para este

proyecto puesto que comprende los pasos que se deben realizar para conocer la energía requerida al día, las operaciones necesarias para el número exacto de paneles solares que se deben contemplar para un área tan grande como lo es la lavandería de una de las cadenas de hoteles más sobresalientes del Puerto de Acapulco (Mundo Imperial); el cálculo del inversor para seleccionar el correcto y, finalmente, el de las strings.

El sexto capítulo denominado como “Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico interconectado a la red” muestra, únicamente, el arreglo fotovoltaico que, luego de previos cálculos y análisis, se logró diseñar.

El capítulo VII “Especificaciones técnicas” consta de las fichas técnicas de la placa solar e inversor seleccionados, se exponen desde sus protecciones hasta sus curvas de eficiencia.

PROBLEMAS A RESOLVER

El Puerto de Acapulco es una zona turística y su economía depende, por supuesto, del turismo, pero evidentemente no en todas las temporadas vacacionales se tiene una alta demanda hotelera, así que hay meses fructíferos y otros no lo son tanto en cuanto a su economía, aun así, los hoteles deben cumplir con la nómina, impuestos, mantenimiento, pagos del recibo de CFE, y demás. Consecuentemente, es casi una urgencia buscar una solución alternativa a todo este cúmulo de gastos que podrían ser, en ciertos casos, posibles de evitar, tales como:

- Reducción de costos, a mediano plazo, en el consumo de energía
- Gastos excesivos destinados al pago del recibo cuando la demanda del hotel es baja
- El cuidado del medio ambiente
- Cambio del suministro de energía en el área de lavandería por su elevado consumo
- Recuperación de inversión inicial
- Mejor aprovechamiento de la energía producida
- Comprobación de la eficiencia de la energía fotovoltaica enfocada en un hotel

El consumo energético del área de lavandería de una cadena de hoteles es mayúsculo debido a los grandes e importantes equipos que ahí se encuentran, por ende, es un elemento fácilmente modificable en cuanto a su suministro de energía. En otras palabras, es un área con muchos puntos débiles con relación a su gasto energético. Retomando lo anteriormente planteado, lo que el presente proyecto busca proponer es el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red que sea asequible y se encargue de suministrar energía al

área de lavandería del Hotel Princess Mundo Imperial para observar un descenso en los costos destinados a este apartado.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

- Objetivo general

Dimensionar un sistema fotovoltaico interconectado a la red para el área de lavandería del Hotel Princess Mundo Imperial en Acapulco, Guerrero.

- Objetivos específicos
 - Suministrar energía renovable mediante un sistema fotovoltaico que produzca un bajo impacto ecológico al ambiente
 - Obtener el consumo de kWh en la lavandería
 - Determinar la potencia fotovoltaica necesaria para cubrir la demanda diaria de los equipos de lavandería
 - Calcular los componentes que integran un sistema fotovoltaico interconectado a la red, tales como el módulo fotovoltaico y el tipo de inversor
 - Elaborar un diagrama unifilar de la conexión de paneles
 - Estimar la inversión del sistema fotovoltaico

JUSTIFICACIÓN

Los recursos naturales son una fuente de energía que ayuda a contrarrestar los efectos de las energías no renovables. De esta manera, los paneles solares son una alternativa para aprovechar el potencial de la energía solar. Partiendo de esto, la realización de este proyecto se enfoca en un mejor aprovechamiento de la energía cambiando su forma de suministro, es decir, de eléctrica a fotovoltaica, por otro lado, también busca una mayor visibilidad de este tipo de energía en el ámbito de hotelería.

Muchas veces se tiene cierta incertidumbre por parte de la empresa a la hora de adaptar un nuevo tipo de energía puesto que la inversión inicial puede llegar a ser alta y, su tiempo de retorno, vasto, pero la importancia de este proyecto va más allá, no solo inhiere un cambio en el suministro energético, sino que va tras la total aceptación de esta forma de energía en el Puerto de Acapulco.

Si bien el uso de paneles solares se traduce en un ahorro económico para el hotel, lo fundamental es que se estaría contribuyendo al cuidado del medio ambiente. Si en un futuro se llegase a implementar esta propuesta, el Hotel Princess sería el primero y único con lavandería industrial que utiliza energía renovable, lo cual los diferenciaría del resto. Es un compromiso ecológico que se asume y se sostiene, no solo para bien del hotel, sino para bien del medio ambiente a largo plazo.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INTERCONECTADOS A LA RED

Un sistema fotovoltaico (SF) es un grupo de dispositivos, conectados entre sí, cuya finalidad es la conformación de una planta, que tiene como objetivo principal la conversión de la energía solar a eléctrica.

Su principio de funcionamiento radica en la luz y la radiación del sol que llegan a este sistema, a través de los paneles y celdas que a su vez transmiten la energía a un regulador de carga, evitando las sobrecargas y esfuerzos que puedan desgastar su vida útil.

En realidad, la tecnología solar no es nueva, su historia se extiende desde el siglo VII a.C. hasta hoy.

En un inicio, el ser humano empezó a concentrar el calor del sol con vidrios y espejos para encender fuegos; hoy, la humanidad tiene de todo, desde edificios que funcionan con energía solar hasta vehículos motorizados. A continuación, la figura 1.1 muestra la forma en la que se publicitaba la energía solar en los 90's.

Antes de que Bell Laboratories inventara los primeros paneles solares modernos en 1954, la historia de la energía solar fue de altibajos, impulsada por inventores y científicos individuales. Luego, las industrias del espacio y la defensa reconocieron su valor y, a finales del siglo XX, la energía solar había surgido como una alternativa prometedora pero todavía costosa a los combustibles fósiles. Últimamente, esta industria ha alcanzado la mayoría de edad, convirtiéndose en una tecnología madura y económica que está reemplazando rápidamente al carbón, el petróleo y el gas natural en el mercado de la energía.

Esta cronología destaca algunos de los principales pioneros y eventos en el

surgimiento de la tecnología solar.

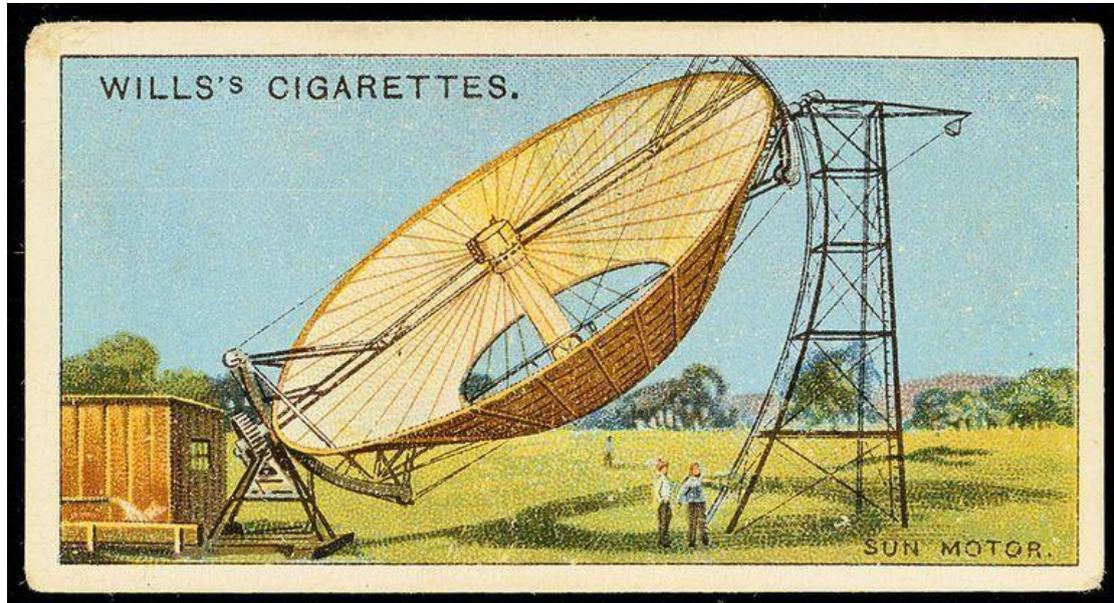


Figura 1.1 Comercialización en 1903 para motores de vapor impulsados por energía solar. Pasadena, California.

1.1 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS A NIVEL GLOBAL

La física florece a mediados del siglo XIX con experimentos en electricidad, magnetismo y el estudio de la luz, entre otros avances. Los conceptos básicos de la energía solar son parte de ese descubrimiento, ya que los inventores y científicos sientan las bases para gran parte de los estudios posteriores.

Remontándonos al siglo II a.C., el científico griego Arquímedes utilizó el reflector y propiedades de los escudos de bronce para concentrar la luz solar y prender fuego a los barcos de madera del Imperio Romano que estaban sitiando Siracusa, ese uso del sol fue de los primeros registrados en la historia de la humanidad.

Posteriormente, en el año 1767 al científico suizo Horace de Saussure se le atribuyó la construcción del primer colector solar, es decir, construyó una caja aislada con una abertura y tres capas de vidrio. Este vidrio magnificaba el calor del sol hasta alcanzar temperaturas superiores a los 230 grados Fahrenheit y se utilizaba de diversas maneras, como se observa en la figura 1.2.

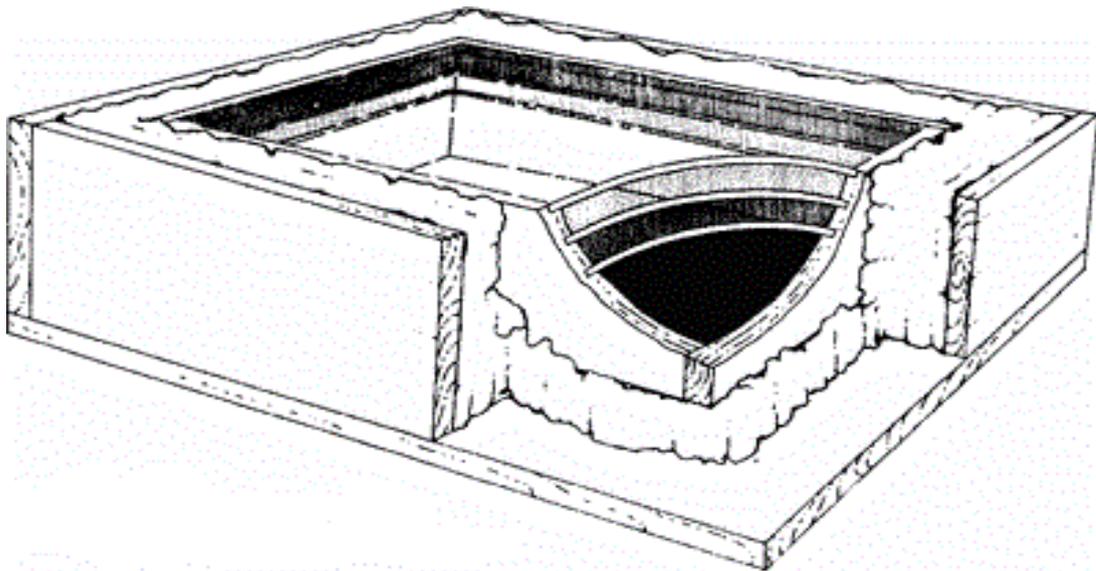


Figura 1.2 Idea de diferentes artistas acerca del diseño del colector solar de Saussure.

En el año 1838, el científico francés Edmond Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico mientras, experimentando con una celda electrolítica formada por dos electrodos metálicos colocados en una solución conductora de electricidad, la generación de electricidad aumentó cuando fue expuesto a la luz, tal como expone la figura 1.3.

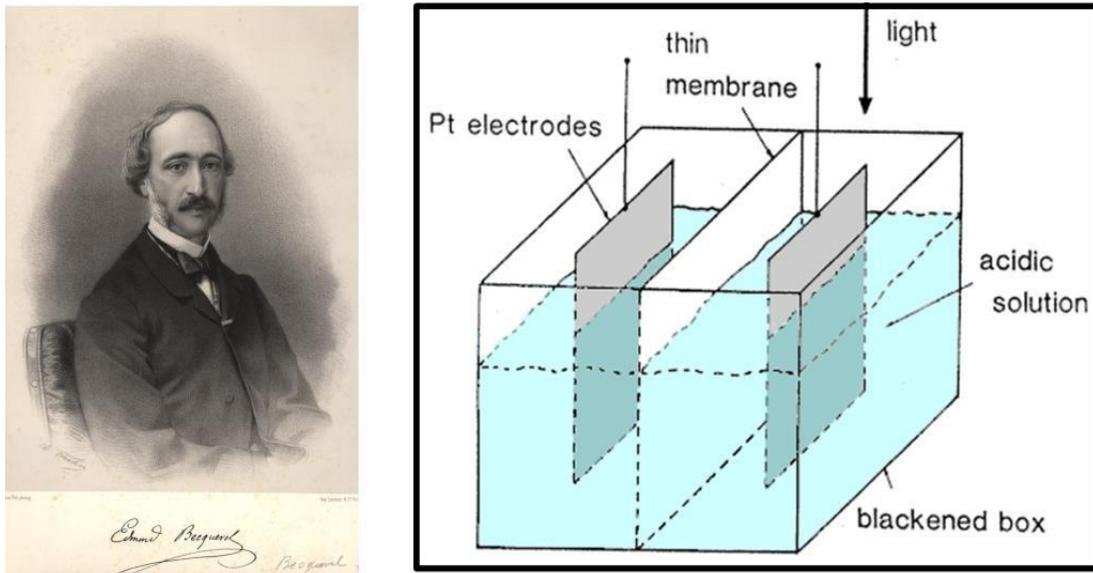


Figura 1.3 Becquerel descubrió que mediante luz solar podía generar electricidad.

Veintidós años más tarde, Augustin Mouchot propuso una idea para el vapor alimentado por energía solar, su idea era encontrar una fuente de energía alternativa para el agotamiento de las minas de carbón. Entonces, en 1866 inventó, junto con su asistente Abel Pifre, el primer motor solar con un reflector parabólico y una caldera cilíndrica alimentada de un vaso pequeño motor a vapor. La figura 1.4 indica cómo ambos se convirtieron en los predecesores de los modernos colectores de discos parabólicos.

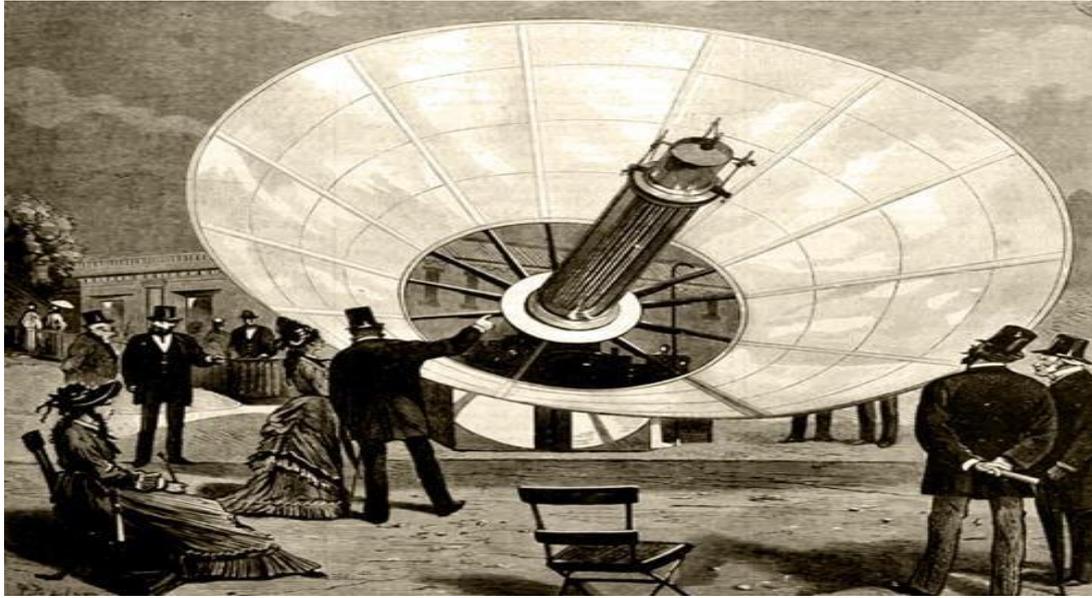


Figura 1.4 Esta máquina fue presentada al emperador Napoleón III, ganando una medalla en la Exposición Universal de 1878.

Para 1873, el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith descubrió la fotoconductividad del selenio, este hallazgo permitió la invención de la célula fotoeléctrica.

El inventor estadounidense Clarence Kemp - en 1891- patentó la primera energía solar comercial (mejor conocida como calentador de agua). Colocó un tanque de agua pintado de negro dentro de una caja cubierta con un vidrio, conforme el fondo de la caja se calentaba, el agua más fría dentro del tanque absorbía el calor y se calentaba lo suficiente como para poder bañarse.

En la actualidad las placas solares, con las que se calienta el agua en muchos hogares, tienen un diseño similar. La luz solar atraviesa el panel y una placa

situada debajo recoge el calor. El agua fría circula por los tubos del panel solar y, cuando se ha calentado, se almacena en un depósito dentro del edificio. En seguida, la figura 1.5 muestra la comercialización de dicho dispositivo.



Figura 1.5 El calentador de Kemp, que él llamó "Climax", tenía un costo de 25 dólares.

Gracias al desarrollo de la celda fotovoltaica (PV) de silicio en Bell Labs, en 1954, por parte de Daryl Chapin, Calvin Fuller y Gerald Pearson, se dice que nació la tecnología fotovoltaica en Estados Unidos. Se le denominó como la primera célula solar capaz de convertir suficiente energía solar en energía para hacer funcionar los equipos eléctricos cotidianos. Laboratorios telefónicos Bell produjo una celda solar de silicio con un 4% de eficiencia y luego logró un 11%.

El descubrimiento inicial atrajo la atención de los principales medios, y el New York Times informó sobre el descubrimiento en su primera página como uno que "puede marcar el comienzo de una nueva era, que finalmente conducirá a la realización de uno de los sueños más preciados de la humanidad: el provechamiento de la energía casi ilimitada del sol para los usos de la civilización". (Observe la figura 1.6)



Figura 1.6 Los inventores de la célula solar: Gerald L. Pearson, Daryl M. Chapin y Calvin S. Fuller en 1954.

A mediados de la década de 1950, el arquitecto Frank Bridgers diseñó el primer edificio de oficinas comerciales del mundo mediante calentamiento solar de agua y diseño pasivo. Este sistema solar ha sido operado continuamente desde ese momento, y el edificio Bridgers-Paxton, es ahora, según el Registro Histórico Nacional, la primera oficina del mundo con calefacción solar.

Entre 1962 y 1969, se construyó el horno solar Odeillo en Francia. Se trata de un laboratorio de investigación sobre estudios térmicos de alta temperatura, sistemas de transferencia de calor, conversión de energía y comportamiento de materiales a altas temperaturas en ambientes extremos. Las áreas de investigación se extienden a la industria aeronáutica y aeroespacial, tal como se aprecia en la figura 1.7



Figura 1.7 Espejos del horno solar de Odeillo, F. Berlic.

En 1977, la producción mundial de células fotovoltaicas superó los 500 kW. Tres años más tarde, aproximadamente, ARCO Solar se convirtió en la primera empresa en producir más de 1 MV en módulos fotovoltaicos en un año.

Para el año de 1981, Paul MacCready ya había construido el primer avión impulsado por energía solar: el Solar Challenger, y lo voló de Francia a Inglaterra a través del Canal de la Mancha. El avión tenía más de 16000 células solares montadas en sus alas, que producían 3 kW de potencia.

Véase la figura 1.8 para un mejor entendimiento acerca del diseño de este avión eléctrico alimentado por energía solar.



Figura 1.8 Un dibujo del Solar Challenger.

Después, en 1982, el australiano Hans Tholstrup condujo el primer automóvil con energía solar: el Quiet Achiever (o Holden Solar Trek). Fue desarrollado por Larry Perkins y su hermano Garry. Véanse las figuras 1.9 y 1.10.



Figura 1.9 El automóvil solar Quiet Achiever durante su viaje transcontinental de 1982-83.



Figura 1.10 El equipo trabajando en la matriz fotovoltaica.

En el año 1983, finalmente la producción fotovoltaica mundial superó los 21,3 MW.

Para 1988, el Dr. Alvin Marks recibió patentes para dos tecnologías de energía solar que ha desarrollado: Lepcon y Lumeloid. Lepcon consistía en paneles de vidrio revestidos con una amplia gama de millones de tiras de aluminio o cobre, cada una de menos de una micra o milésima de milímetro de ancho. Cuando la luz del sol golpeaba las tiras de metal, la energía en la luz se transfería a los electrones en el metal, que escapaban por un extremo en forma de electricidad. Lumeloid utilizó un enfoque similar, pero lo sustituyó más barato, láminas de plástico similares a una película para los paneles de vidrio y cubrió el plástico con polímeros conductores, cadenas largas de unidades plásticas moleculares.

La figura 1.11 ilustra una propiedad cuántica de los electrones conocida como “efecto túnel”. Cuando un electrón se acerca a una barrera con un pequeño espacio aislante y una diferencia de potencial eléctrico a través de ella, se transmite o se refleja mediante el espacio sin pérdida de energía.

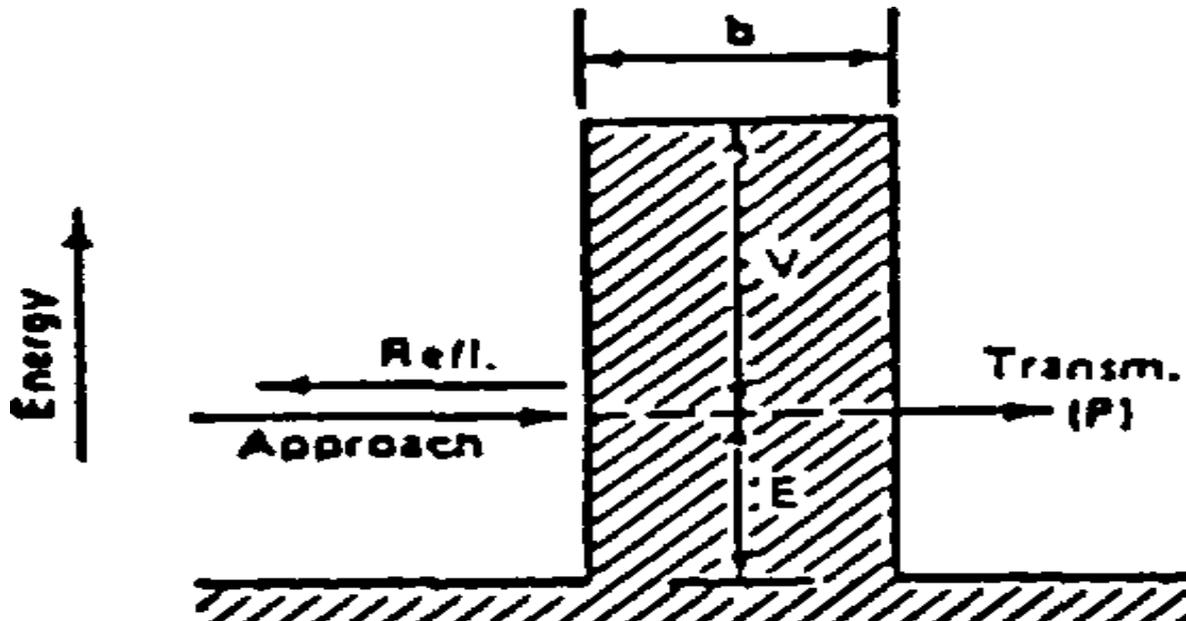


Figura 1.11 Penetración de túnel cuántico-mecánico de una barrera. E es la energía cinética de la partícula que se aproxima, V es la altura de la barrera por encima de la energía de la partícula y b es el ancho de la barrera.

El Laboratorio Nacional de Energías Renovables (antes Solar Energy Research Institute) finalizó la construcción de su “Centro de Investigación de Energía Solar”, que fue reconocido como el más energéticamente eficiente de todos, en 1994.

A un año de llegar a los 2000, la capacidad fotovoltaica instalada acumulada a nivel mundial alcanzó los 1000 MW.

A mediados del 2000, Laboratorios Nacionales Sandia desarrollaron un nuevo inversor para sistemas eléctricos solares que aumentará la seguridad de los sistemas durante un corte de energía, eran los encargados de convertir la salida eléctrica de corriente continua (CC) de los sistemas solares en corriente alterna (CA), que es la corriente estándar para el cableado doméstico y para las líneas eléctricas que suministran electricidad a los hogares. (Figura 1.12)



Figura 1.12 El logo de uno de los mejores laboratorios nacionales de investigación y desarrollo del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

En el 2007, el Vaticano anunció que instalará paneles solares encima de algunos de sus edificios, en "un proyecto de energía cuya inversión se retornará en unos pocos años."

Tras haber transcurrido cinco años, se desarrolló la primera célula fotovoltaica 3D, tal como en la figura 1.13 se ilustra.

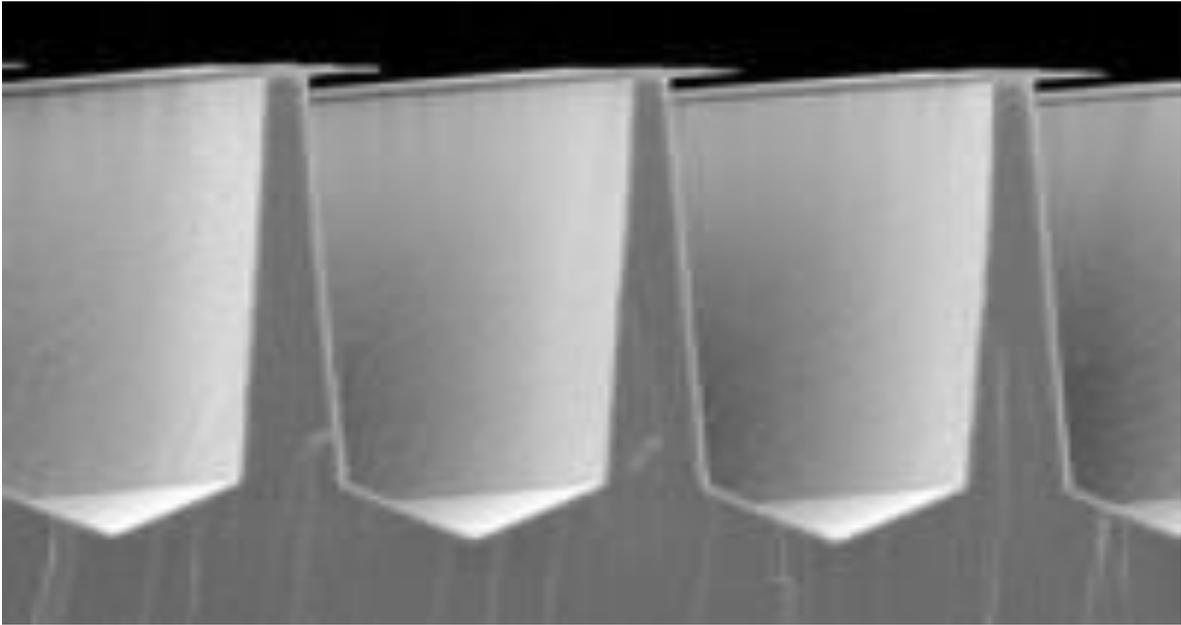


Figura 1.13 Imagen de microscopio electrónico de barrido del prototipo inicial de estructuras fotovoltaicas 3D que atrapan la luz en una fina oblea de silicio.

La investigación y el desarrollo fotovoltaico continuará con un intenso interés en nuevos materiales, diseños de celdas y enfoques novedosos para el desarrollo de productos y materiales solares.

1.2 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN MÉXICO

Últimamente, se ha ido tomando conciencia del importantísimo papel que juega la variable ecológica, al reconocerse que de continuar la quema acelerada de combustibles fósiles se producirían catástrofes mundiales que simplemente acabarían con nuestra civilización. El continuo aumento detectado en los niveles de CO₂ en la atmósfera y la destrucción de su capa de ozono son algunos de los fenómenos que más alarman a las y los científicos. La cantidad de ozono que está presente en la estratosfera ha ido disminuyendo con el paso del tiempo, y la situación se agravó desde 1998 hasta la actualidad. El agujero de la capa de ozono más grande jamás registrado fue en el año 2000, en la imagen 1.14 se observa a detalle.

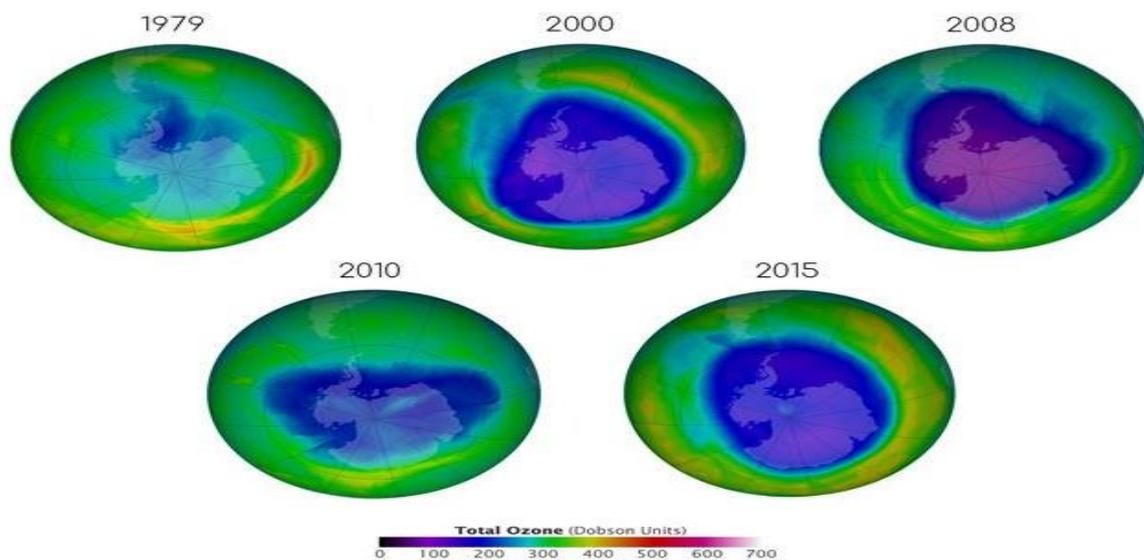


Figura 1.14 Progreso del agujero de la capa de ozono desde 1979 hasta 2015.

El futuro desarrollo de los sistemas de aprovechamiento de las FRE (Fuentes Renovables de Energía) depende ya no solamente de factores de mercado, es asunto mundial de sobrevivencia. Conviene citar a Wolfgang Palz, quien dice lo

siguiente:

“Las Fuentes Renovables de Energía son de particular interés para un mayor desarrollo industrial, porque su aprovechamiento requiere del desarrollo de tecnologías que en su mayoría tienden a ser de alto nivel. Todos los países y sus industrias que en éstas se involucren, rápidamente alcanzarán los beneficios económicos y avances tecnológicos que proporciona el liderazgo en los mercados.”

Lo anterior es perfectamente válido para el país de México, de no lanzarse a desarrollar sus propias tecnologías para aprovechar las abundantes fuentes renovables de energía, con el tiempo tendrá que pagar el alto costo de comprar tecnologías extranjeras diseñadas con propósitos puramente mercantilistas en otras latitudes, y se hundirá aún más en el atraso y la dependencia tecnológica, que deriva en otras formas de dependencia.

“Es un hecho, la mayor parte de los empresarios extranjeros ven a México con mayor optimismo que los empresarios mexicanos” expone El Financiero ante un proceso inflacionario en México. (Figura 1.15)



Figura 1.15 El gobierno decidió desacelerar la inversión en la generación de electricidad a partir de fuentes energía renovable.

En México el número de habitantes desnutridos se cuenta por decenas de millones, el ingreso está muy mal distribuido, el sector agropecuario está casi en ruinas en buena parte del país, la contaminación y el deterioro ambiental aumentan día con día, el agua es cada vez más escasa y de menor calidad, etc. Entre muchos otros problemas que se tienen que enfrentar, casi todos ellos están relacionados directa o indirectamente con la disponibilidad de energía.

El deterioro ambiental le cuesta a México el 4.3% de su Producto Interno Bruto (PIB), advirtieron académicos del Instituto de Investigaciones Económicas (IIEc) de la UNAM, lo cual se muestra en la figura 1.16.



Figura 1.16 Hasta el 95 por ciento del territorio nacional está deforestado.

El Sistema Eléctrico Nacional tiene 50 años de atraso el consumo eléctrico por cabeza se esperaba, optimistamente, que en el año 2000 fuera alrededor de 1500 kWh/hab-año, apenas similar al correspondiente consumo de los EUA al término de la Segunda Guerra Mundial.

En el México prehispánico, en prácticamente todos los centros ceremoniales de los pueblos de las diferentes culturas que habitaron el Anáhuac, desde olmecas, teotihuacanos, toltecas, aztecas, mayas, etc., se erigieron templos al Sol. De acuerdo con escritos de los españoles del siglo XVI que destruyeron los monumentos de los indígenas, en lo alto de la “Pirámide del Sol” (figura 1.17) de Teotihuacan (figura 1.18) había un ídolo de piedra que representaba al dios supremo Tonakatektli, deidad solar.



Figura 1.17 Pirámide del Sol.



Figura 1.18 Teotihuacan, la ciudad de los dioses.

Evidentemente, para los antiguos mexicanos, como seguramente también ocurría en las antiguas civilizaciones de otras latitudes y longitudes de nuestro planeta, la energía solar y sus manifestaciones secundarias, por haber sido la base de su vida, se asociaban a deidades todopoderosas, como en realidad quizá lo sea el Sol; a fin de cuentas, esto es cuestión de muy respetables creencias.

En agosto de 1979, el Instituto de Ingeniería de la UNAM puso en operación una pequeña red de estaciones solarimétricas ubicadas en C.U., en Tonantzintla, en Cuernavaca y en Celaya, mostrada en la figura 1.19. A pesar del entusiasmo y esmero del II-UNAM, las estaciones no cumplían con las especificaciones y los requisitos recomendados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para la operación de este tipo de estaciones. Lo anterior, aunado a otros problemas de carácter técnico, principalmente la falta de personal capacitado, trajeron como consecuencia que la operación de la red se suspendiera en 1983.



Figura 1.19 Esta estación formó parte de la red de Referencia de Radiación Solar en Superficie.

Aunque las y los habitantes de México, sus empresarios y gobernantes aún no le apuesten lo suficiente a la energía solar, sí han desarrollado algunos proyectos importantes que han o planean beneficiar a gran sector de la población, a continuación, se enlistan de forma general los rubros más importantes en los cuales se han puesto en marcha o implementado los planes e ideas mencionados anteriormente.

- Agricultura
- Transporte
- Comisión Federal de Electricidad

1.2.1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN EL SECTOR AGRÍCOLA DE MÉXICO

La energía fotovoltaica agrícola va ganando terreno en la búsqueda de un presente cada vez más sustentable. La ventaja de esta tecnología es que permite cultivar y generar electricidad al mismo tiempo, mediante la instalación de paneles solares en tierras de cultivos.

El doctor Aarón Sánchez Juárez, investigador del Instituto de Energías Renovables de la UNAM, refiere que al evaluar la situación sería más relevante impulsar la producción agrícola, pero sin la energía que se obtiene a través de los paneles solares es más complicado cultivar de manera eficiente y garantizar productos de calidad. (Figura 1.20)



Figura 1.20 Paneles solares funcionan muy bien con los cultivos.

La tecnología fotovoltaica en el medio rural tiene sus antecedentes en los sistemas de bombeo de agua, que requieren de electricidad para funcionar. En México se empezaron a implementar desde 1984 y hasta la década de 1994 en comunidades alejadas de la red eléctrica.

Sin embargo, recuerda el doctor Sánchez, este programa gubernamental tuvo

limitaciones para brindar capacitación correcta y extensa a los usuarios; los sistemas quedaron en el olvido ya que no se resolvió el acceso a las baterías para el funcionamiento de los mismos.

Poco después, se empezaron a utilizar sistemas de bombeo fotovoltaico para el agua que se destinaba a los abrevaderos de ganado e irrigación de cultivos; dichos sistemas eran pequeños, de unos 2 kW de potencia.

“Desde entonces, todos los programas que se han desarrollado están hechos para demostrar que la tecnología fotovoltaica es una herramienta fundamental para el desarrollo del medio agropecuario en zonas en las que no existe la red eléctrica y también en zonas donde se necesita mitigar la facturación del producto eléctrico”.

El proyecto más reciente en pro de la producción agrícola se muestra en la figura 1.21.

“Chinampas agrovoltáicas” es el nombre de un proyecto que planea beneficiar diversos aspectos para los productores locales, tal como el agua, la cual requiere de un tratamiento para descontaminarla; este proceso requiere a su vez de electricidad, la cual se adquiriría a través de los sistemas implementados (celdas fotovoltaicas).

Especial Emergencia Climática: Chinampas agrovoltaicas, impulsar la agricultura y la energía solar



Figura 1.21 Proyecto nacional “Chinampas agrovoltaicas”.

“Con esta tecnología se obtendría la energía para realizar el riego y además les generaría sombra a los cultivos, principalmente las hortalizas” explica el Jefe de la Unidad de Asistencia Fotovoltaica del IER.

La iniciativa se desarrolla como propuesta de investigación con el apoyo de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI) de la Ciudad de México (CDMX). La meta es que llegue a ser aplicado en la zona chinampera de Xochimilco.

A decir del investigador, este proyecto fusionaría la tecnología moderna con el sistema de cultivo antiguo, dando como resultado una chinampa agrovoltaica, la cual preservaría esta práctica ancestral de cultivo y suministraría la energía eléctrica necesaria para el tratamiento de agua, y finalmente obtener un líquido de riego adecuado para la agricultura de la región. “Nosotros esperamos que con este tipo de proyectos los agricultores tengan mejores cosechas, mejor calidad en sus productos y una mejor economía. Lo que hay que introducir primordialmente es la economía circular: invertir tiempo, mejorar el tratamiento de su tierra, mejorar el

agua a través de plantas tratadoras y tener la electricidad para llevar a cabo ese tipo de procesos”.

La figura 1.22 muestra el esquema del prototipo de este proyecto.



Figura 1.22 Arreglo fotovoltaico “Chinampas agrovoltaicas”.

“Chiles serranos y paneles solares” es el nombre de otro proyecto piloto que se lleva a cabo en la Universidad del Sur del Estado de Morelos, bajo el impulso de jóvenes docentes, alumnos y con la asistencia de la organización filantrópica ‘Asociación México-Canadá Aprendiendo Juntos’. (Figura 1.23)



Figura 1.23 Abriendo círculos virtuosos: La agrovoltaica en universidades mexicanas.

Ixtla de Morelos es uno de los municipios morelenses ubicados al sur estado que colinda con Guerrero, una región donde el astro rey deja sentir sus rayos con toda su fuerza, generando una de las más altas temperaturas e irradiación de la República Mexicana.

Hasta aquella región, Pv magazine México, acudió para conocer el esfuerzo que realizan docentes universitarios y alumnos que juntos han decidido abrir uno de esos círculos virtuosos en los cuales la tecnología fotovoltaica además de generar energía eléctrica impulsa la actividad agrícola en zonas difíciles ya sea por cuestiones como falta de agua, temperaturas difíciles, y lo que es más común por falta del recurso económico.

La Universidad del Sur del Estado de Morelos es una de las instituciones más cercanas, desde el punto de vista geográfico, a la zona que es considerada como la más pobre del país: la 'Sierra Alta de Guerrero', región desde la cual acuden estudiantes a prepararse a dicha universidad en la licenciatura 'Agricultura Sustentable y Protegida', un programa de estudios que ha incorporado la introducción de sistemas fotovoltaicos para la agricultura.

En su plan de estudios incorpora temas como:

- Automatización de invernaderos
- Generalidades de la automatización
- Conceptos básicos de electricidad y electrónica
- Generación de energía vía paneles fotovoltaicos y aerogeneradores
- Agrónica
- Variables del proceso de automatización agrícola
- Tecnologías de la Información y Agricultura 4.0

Tal como lo expuso el docente José Espinosa: “En los primeros meses del año, la capacidad de generación de energía desciende alrededor de 10 kW, el proyecto está abierto para recibir la asistencia de sistema de limpieza efectivos.” En la figura 1.24 se observa el sistema que implementaron.



Figura 1.24 Sistema fotovoltaico de la Universidad del Sur del Estado de Morelos.

Foto: Jorge Zarco.

Durante el último siglo, el aumento en el uso de la energía por parte del sector agrícola contribuyó significativamente a alimentar al mundo. No obstante, esta relación se ha vuelto dañina debido a que el sistema agroalimentario mundial aún depende de los combustibles fósiles, volátiles en sus precios y altamente contaminantes, lo que representa una gran amenaza a la seguridad alimentaria y al cambio climático.

Por el lado de los insumos, los vínculos entre la energía y los sistemas agroalimentarios se han fortalecido a medida que la agricultura se ha vuelto cada vez más intensiva en el uso de fertilizantes químicos, el riego y la maquinaria.

Para México, uno de los países con mayor irradiación solar del mundo y décima potencia exportadora de alimentos, la implementación de la tecnología “agrovoltaica” implica la oportunidad de lograr sus metas de cambio climático sin arriesgar la seguridad alimentaria nacional, y detonar, al mismo tiempo, el desarrollo de las comunidades más pobres del país. Véase figura 1.25.



Figura 1.25 La tecnología “agrovoltaica” ya se utiliza en casi todo el mundo.

1.2.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN EL TRANSPORTE DE MÉXICO

México, por tratarse de un país subdesarrollado con un alto nivel de pobreza y de contaminación ambiental, requiere desarrollar e implementar técnicas enfocadas a energías limpias que estén orientadas a la economía de la población en general, en otras palabras, que sean asequibles para sus habitantes. Por tal motivo, en el año 2016, se ejecutó el proyecto denominado “Mexicable”, se trata del primer teleférico de transporte urbano en México alimentado con energía solar, tal como se aprecia en la figura 1.26.



Figura 1.26 México inauguró el primer teleférico de transporte urbano del país. Conformado por una sola línea de cinco estaciones y dos terminales, se sitúa en el municipio de Ecatepec de Morelos, el más poblado del país con 1,7 millones de personas y aledaño a la capital, y espera atender a 26 000 pasajeros diarios, también es capaz de reducir la emisión de hasta 14 000 toneladas de dióxido de carbono al año.

“Este sistema de transporte masivo hoy significa cambiar la imagen urbana de la región y viene a contribuir a tener un transporte mucho más eficiente, seguro y rápido”, dijo el presidente de México, Enrique Peña Nieto, tras hacer el trayecto inaugural en una de una de las 185 góndolas del teleférico.

De acuerdo con datos oficiales, el teleférico tiene una longitud de 5 kilómetros y se convierte en uno de los primeros de Latinoamérica en destinarse al transporte masivo de pasajeros y no solo a dar un servicio turístico.

En el 2007, en Monterrey, una empresa mexicana empezó a desarrollar autobuses de hasta 40 pasajeros que funcionaran mediante el uso de energía solar.

“Estamos armando y desarmando los autobuses para hacer múltiples pruebas, pesan 25 toneladas cargados, ese es el cálculo, pero tenemos que meterle mayor capacidad de batería”, dijo Gustavo Putz, director general de la empresa Grupo MEN, de Nuevo León.

"Actualmente las aplicaciones solares para la industria automotriz están sumamente limitadas, dado que los niveles de aprovechamiento de la captación y transformación de la luz solar son muy bajos, pero esta tecnología solar, hecha por mexicanos, es la más avanzada del mundo ya que podrá otorgar un alcance de 500 kilómetros con una sola carga de las baterías”, aseguró el empresario.

Partiendo de este avance tecnológico en territorio mexicano, un consorcio público-privado internacional estudiará cómo la energía fotovoltaica integrada en los vehículos puede contribuir a la transición hacia un sistema de transporte totalmente eléctrico, como la simulación expuesta en la figura 1.27.

Un nuevo proyecto piloto de tres años evaluará la eficiencia de la energía fotovoltaica con la que cuentan algunos vehículos y la verificará con controles y pruebas en carretera, tiene finalidad predecir la infraestructura de carga necesaria para los vehículos eléctricos con módulos fotovoltaicos, y así, seguir comercializándolos alrededor de todo el mundo, principalmente en México.

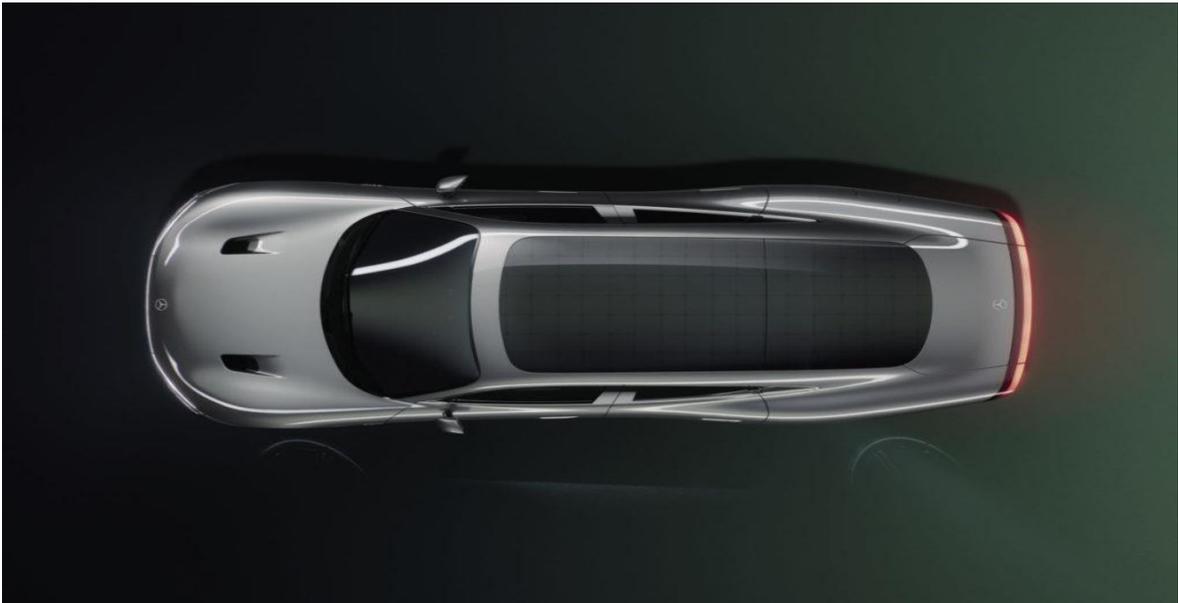


Figura 1.27 Fotovoltaica integrada en un vehículo modelo de Mercedes-Benz.

1.2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Electrificar comunidades en zonas orográficamente accidentadas en el país es prioridad para la Comisión Federal de Electricidad. Para lograr esta hazaña, ha instalado 47 granjas solares con una capacidad instalada de 2,763 KWp, y durante 2022 realizó 483 obras para instalar 12 mil módulos solares en comunidades aisladas.

En la figura 1.28 se aprecia la composición de un sistema de paneles fotovoltaicos.



Figura 1.28 Un panel solar se conforma de celdas fotovoltaicas compuestas de cristales de silicio.

Por su funcionalidad, las granjas solares aisladas se instalan en comunidades alejadas de infraestructura eléctrica, como subestaciones, ya que gozan de autonomía de conservación gracias a su cuarto de baterías, lo que permite a los habitantes contar con energía eléctrica las 24 horas del día. Los módulos o paneles solares que componen las granjas están diseñados para tener una vida útil de largo plazo y poco mantenimiento, lo que los hace más eficientes.

A través del Fondo de Servicio Universal Eléctrico, de la Secretaría de Energía, permite electrificar a comunidades aisladas, como Zongolica, en Veracruz y Santa María del Mar, en Oaxaca, donde la infraestructura eléctrica (Red General de Distribución) se encuentra alejada.

Por lo regular, se tiene la creencia de que la energía solar exclusivamente puede ser aprovechada por personas con alto nivel socioeconómico en México y, dentro de lo que cabe, es algo cierto, pero a continuación se mostrará un pequeño análisis acerca del concepto que se tiene de esta energía limpia.

“En México hay 500,000 clientes domésticos de alto consumo que están siendo peleados por un conjunto de empresas de manera agresiva y con los modelos aceptables, incluso se creó CFE Solar para que ofrezca equipos fotovoltaicos”, aseguró Odón de Buen Rodríguez, director general de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).

La reforma energética hizo soñar a todos los mexicanos con que podían encender los focos, la televisión, computadora, el estéreo, refrigerador con energía producida por rayos solares, pero estos dispositivos sólo están al alcance de 500,000 clientes de alto consumo. Muchos de ellos viven en zonas residenciales de Huixquilucan o las que pasan por el segundo piso de la Ciudad de México.

La Comisión Federal de Electricidad creó a CFE Solar como una empresa para ofrecer paneles solares en casas donde se ha visto un mayor consumo de electricidad, dijo el responsable de la agenda de los programas para tener el mejor consumo de energía en México. Véase figura 1.29.

El mercado que puede comprar el equipo fotovoltaico “está ubicado en la tarifa doméstica de alto consumo, que paga 3 pesos por Kw/hr y el resto de la población de los usuarios tiene subsidios y paga una tercera parte de lo que realmente cuesta el servicio”, comentó.

De Buen Rodríguez recordó que un sistema fotovoltaico tiene un precio de alrededor de 50,000 pesos, sin incluir sistemas de almacenamiento.

Las zonas de clima cálido primer deben asegurar que las viviendas estén bien construidas, porque por cuestión de economía es más rentable “que aislar una casa en un clima cálido para ponerle un sistema fotovoltaico”, concluyó.



Figura 1.29 Sistemas fotovoltaicos instalados por CF

1.3 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN ACAPULCO

Las fuentes renovables de energía se pueden clasificar de distintas formas:

- Por su origen primario de la energía
- Por el nivel de desarrollo de las tecnologías
- Por las aplicaciones de las energías

Entre las fuentes de energías renovables se encuentran la eólica, solar, minihidráulica, oceánica, geotermia y biomasa.

Hasta 2012, México contaba con una capacidad efectiva instalada para la generación de energía eléctrica de 63 195 MW, de los cuáles 14 501 MW provinieron de fuentes renovables de energía, lo que representa el 23 por ciento del total de la capacidad instalada, de acuerdo con estimaciones de ProMéxico con datos de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la CFE.

Por su ubicación geográfica, Acapulco tiene una irradiación solar promedio anual de 5.3 kWh/m², cantidad suficiente para aprovechar la energía solar y generar electricidad amigable con el medio ambiente. (Figura 1.30)



Figura 1.30 Radiación solar en México.

Existen dos tecnologías para la generación de electricidad a partir de la radiación solar: la fotovoltaica (PV) y la de concentración solar (CSP).

Además, México se encuentra entre los cinco países más atractivos del mundo para invertir en proyectos de energía solar fotovoltaica, tan sólo detrás de China y Singapur. Lo anterior debido a que el país forma parte del “cinturón solar” con una radiación mayor a 5kW/h por m² al día.

Además, cuenta con una capacidad instalada de 36.8 MW en proyectos solares fotovoltaicos, principalmente en aplicaciones de electrificación rural e industrial. Actualmente se encuentran en construcción diferentes proyectos que tendrán una capacidad instalada total de 141.66 MW. Bastaría un cuadrado de 25 kilómetros (km²) en el desierto de Sonora o Chihuahua para generar la energía eléctrica del país. La capacidad total de las instalaciones fotovoltaicas en México es de 18.5 MW, que generan en promedio 8 794.4 MWh/año, ubicadas principalmente en comunidades rurales aisladas de la red eléctrica nacional.

Uno de los servicios que ya utilizan energía solar en Acapulco y que para muchos ha pasado desapercibido es la telefonía pública y el bombeo de agua que realiza el organismo operador de agua potable (CAPAMA) en algunas comunidades.

Con una inversión de más de un millón de pesos, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Acapulco (CAPAMA) construyó, en 2016, un sistema de abastecimiento de agua potable en el Km 30.

Fue en la Colonia Guadalupe de ese poblado donde se construyó y se equipó un pozo de 6 metros de profundidad cuyo sistema de electrificación es a través de la colocación de 24 paneles solares, lo que reduce en gran medida el costo de servicio de energía eléctrica, tal como se muestra en la figura 1.31.



Figura 1.31 Veinticuatro paneles fotovoltaicos ya instalados en el Km 30.

Se colocaron 159 metros lineales de tubería nueva de fierro galvanizado de 3 pulgadas de diámetro para poder abastecer a más de 250 habitantes de ese núcleo poblacional quienes ya no tendrán que acarrear el vital líquido desde varios kilómetros de distancia.

La energía solar tiene un gran futuro, muy pronto veremos más colectores produciendo energía limpia y silenciosa. Por otro lado, mediante el uso de celdas y paneles solares, el nuevo Edificio Inteligente de 15000 m² que fue construido entre 2011 y 2016, está generando su propia electricidad. Este edificio está ubicado en la Calle Diego Hurtado de Mendoza y Vasco Núñez de Balboa en la Ciudad de Acapulco Guerrero, tal como se aprecia en la figura 1.32.



Figura 1.32 Paneles fotovoltaicos instalados en el Edificio Inteligente del Puerto de Acapulco.

Inicialmente estaba planeado ser el Centro de Atención Ciudadana (CEDAC), pero ahora se enfoca al sector salud, este edificio tiene la finalidad de coleccionar agua de lluvia y aprovechar la energía solar.

Actualmente, en el año 2023, la energía solar ha estado más presente en las MYPES de Acapulco, debido a que, ante mayor competencia en el mercado, la instalación de un sistema fotovoltaico desciende de manera paulatina en relación a sus costos y mantenimiento, a continuación, se muestran algunas fotos reales que ejemplifican lo anteriormente mencionado. (Véanse figuras 1.33, 1.34, 1.35, 1.36 y 1.37).



Figura 1.33 Restaurante alimentado con energía solar.
Tomada por Darbelio Agatón



Figura 1.34 Teléfono público con energía solar.
Tomada por Miguel Ángel Cruz



Figura 1.35 Almacenamiento de la energía solar.

Tomada por Darbelio Agatón



Figura 1.36 CAPAMA, sistema de bombeo energía solar.

Tomada por Jason Ross Nanay



Figura 1.37 Celda solar, sistema de iluminación Acabús.
Tomada por Miguel Ángel Cruz

A manera de conclusión, Acapulco tiene un potencial enorme para el aprovechamiento de la energía solar.

Esta potencia se ha instalado mayoritariamente en lugares alejados para abastecer de energía a bombas de agua y poblaciones retiradas de la red eléctrica.

En México cada vez están surgiendo mayores oportunidades de financiamientos para la implementación de tecnología solar fotovoltaica. Son muchas las empresas, tanto mexicanas como extranjeras, que se interesan por esta tecnología por varias razones. Puede ser por imagen, por conciencia ecológica o por alguna otra razón, pero en la mayoría de los casos son los costos.

En el 2011 los costos de implementar tecnología solar fotovoltaica fueron la mitad de lo que eran hace dos años. Por esta razón es cada vez más atractivo y tiene más sentido financiero implementar estos sistemas en casas y empresas.

Por consiguiente, la energía solar tiene un gran futuro en México y en Acapulco, y muy pronto veremos más colectores solares produciendo energía limpia y silenciosa en nuestro entorno.

CAPÍTULO II

COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Cada una de las partes de cualquier tipo de SFV desempeña una labor imprescindible a la hora de ejecutar su función de captar la energía solar y llevar a cabo la transformación, tal como se observa, a grandes rasgos, en la figura 2.1. A continuación, se definirán los elementos básicos y funcionalidades dentro de un sistema fotovoltaico:

- Módulos Fotovoltaicos
- Soportes Solares (estructura de montaje)
- Reguladores de Carga
- Baterías Solares
- Medidor Bidireccional (en caso de ser interconectado a la red)
- Protecciones
- Optimizadores
- Inversores
- Cableado



2.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

En pocas palabras, los módulos fotovoltaicos son los encargados de convertir la energía luminosa, arrojada por el sol, en energía eléctrica, esto se logra mediante sus celdas (construidas mayormente de silicio) que realizan este proceso, entregando una tensión y una corriente directa, dependiendo del tamaño de la celda (la corriente) y del número de celdas en serie (la tensión), así como de los arreglos que se hayan realizado con los módulos. Pueden ser de diferentes tipos, pero los más utilizados para esta instalación son los paneles con tecnología monocristalina y policristalina. (Figura 2.2)



Figura 2.2 Ejemplo de módulo fotovoltaico.

Tabla 2.1 Compilado de propiedades de las placas monocristalinas y policristalinas.

| PANELES MONOCRISTALINOS | PANELES POLICRISTALINOS |
|---|---|
| Su proceso de fabricación es lento y con alto coste energético. | Son los más extendidos a nivel mundial en el ámbito residencial. |
| Ofrecen buen rendimiento en condiciones de poca luz. | Cuando les da el sol adquieren un color azul marino oscuro. |
| Tienen una larga vida útil, de entre 25 y 50 años. | Ofrecen gran rapidez en el proceso de calentamiento. |
| Su precio es superior a las placas policristalinas puesto que requieren más silicio, pero su eficiencia también es mayor. | Su fabricación es más rápida y económica que los monocristalinos. |

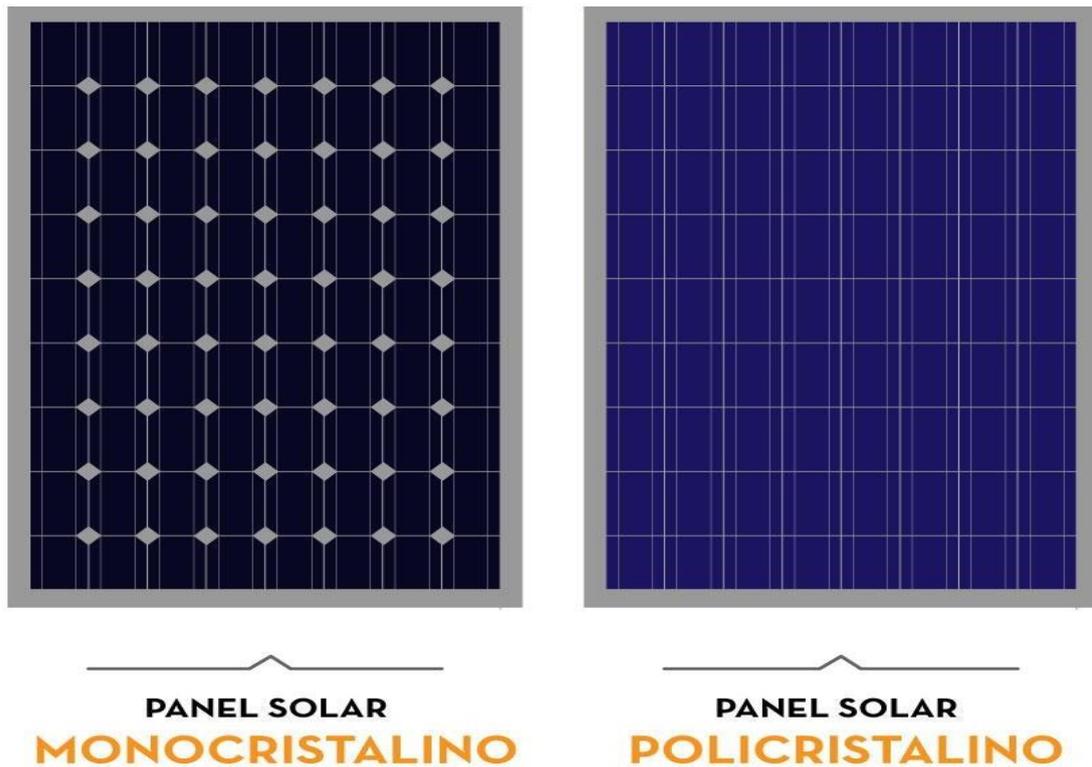


Figura 2.3 Diferencias físicas entre el panel solar monocristalino y el policristalino.

Por otro lado, un panel solar amorfo (mostrado en la figura 2.4) es una placa que consta de una capa de silicio en forma de vapor sobre una superficie de acero, sus principales características son las siguientes:

- Tecnología de semiconductor amorfo: A diferencia de los cristalinos, estos utilizan una forma de silicio no cristalino para absorber la luz solar y generar electricidad, esto permite una fabricación más flexible y menos costosa en comparación con los paneles solares tradicionales.
- Flexibilidad: Se pueden doblar y adaptar a una variedad de superficies curvas, lo que los hace ideales para su uso en aplicaciones donde la flexibilidad es importante, como en techados curvos o estructuras móviles.
- Eficiencia energética más baja: Generalmente tienen una eficiencia energética más baja en comparación con los paneles solares cristalinos, lo que significa

que producen menos electricidad por unidad de área; esto se debe en parte a la estructura no cristalina del silicio, que no permite la captura y conversión óptima de la luz solar.

- Mejor rendimiento en condiciones de poca luz: Uno de los aspectos positivos de los paneles solares amorfos es que tienen un mejor rendimiento en condiciones de poca luz, como en días nublados o en la sombra parcial, esto los hace adecuados para aplicaciones en áreas con menos disponibilidad de luz solar directa.
- Tolerancia a la sombra: A diferencia de los paneles solares cristalinos, los paneles solares amorfos tienen una mayor tolerancia a la sombra, esto significa que, si una parte del panel está sombreada, el resto del panel seguirá generando electricidad, aunque a un nivel más bajo.
- Menor costo de fabricación: Debido a su tecnología de semiconductor amorfo y su proceso de fabricación más flexible, este tipo de paneles tienden a ser menos costosos de producir, es decir, son accesibles en términos de precio y puede resultar en un retorno de inversión más rápido en proyectos solares a gran escala.

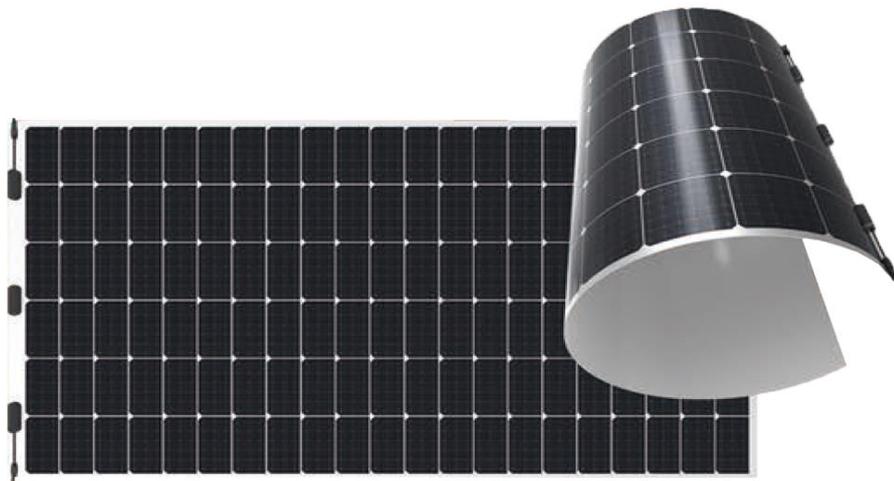


Figura 2.4 Placa solar Techno Sun.

2.2 SOPORTES SOLARES

La estructura de montaje de un sistema fotovoltaico es aquella utilizada para instalar los paneles solares en una ubicación fija, tal como un techo o un terreno; debe ser segura y resistente para soportar la carga de los paneles y resistir condiciones climáticas adversas. En otras palabras, sirven para poder colocar los módulos sobre el tejado y aportarles robustez, están hechos de aluminio y se seleccionan de acuerdo a la cantidad de filas y los paneles máximos en cada una de ellas. La figura 2.5 muestra un ejemplo de soporte.



Para paneles solares de hasta 712 mm de anchura

Figura 2.5 Soporte de panel solar de la marca MILITZER & MÜNCH.

Por lo regular, un kit de montaje para 6 paneles de 35 mm 1 fila coplanar para instalación paralelos al techo liso incluyen:

4 rieles de 3.25m

2 uniones riel

12 bases tipo L para techo liso con tornillos

4 sujeciones finales 35mm

10 sujeciones intermedias 35mm

2 uniones riel

2.2 REGULADORES DE CARGA

Un regulador de carga solar (ver figura 2.6) es un dispositivo electrónico cuyo objetivo es controlar la carga y descarga de las baterías del sistema, de manera que regule su exceso. Para un mejor entendimiento, se puede visualizar como un interruptor cerrado conectado en serie entre paneles y batería cuando el proceso es de carga, y abierto cuando la batería alcanzó su carga máxima, tal como se aprecia en el diagrama 2.1.



Figura 2.6 Controlador de Carga Solar PWM 12V- 24V.



Diagrama 2.1 Conexión básica de un regulador de carga solar.

2.3 BATERÍAS SOLARES

Acumulan la energía eléctrica generada por el SF para que, cuando el sol no esté a su favor, pueda disponer de ella (véase figura 2.7). Se fabrican con litio y, para precisar su tamaño adecuado, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

Profundidad de descarga máxima. Se trata del máximo nivel de descarga que se le permite a la batería antes de que el regulador se desconecte, esto para proteger su duración. Para un ciclo diario, se suelen considerar en torno al 50%.

Para el caso del ciclo estacional. Es el número máximo de días que la batería podrá estar descargada sin recibir suficiente radiación solar, se considera de 4 a 10 días.



Figura 2.7 Batería para panel solar de la marca Solinc.

2.4 MEDIDOR BIDIRECCIONAL

Tiene la función de medir la energía que el usuario consume de la red, así como la energía que se inyecta a la misma cuando no es consumida, de esta forma el proveedor (Comisión Federal de Electricidad) obtiene dos lecturas, las cuales utiliza para realizar la facturación, realizando un balance cada bimestre. Por supuesto, lo instala directamente el proveedor en el lugar del contrato, se muestra en la figura 2.8. Así pues, este dispositivo registra la cantidad de electricidad generada por los paneles solares y la cantidad de electricidad consumida por el hogar o sistema conectado, esto es útil a la hora de monitorear el rendimiento del sistema y determinar la eficiencia energética.



Figura 2.8 Medidor bidireccional de CFE.

2.5 PROTECCIONES

Se encuentran en una caja combinadora solar (véase figura 2.9), constan de elementos de suma importancia para salvaguardar el sistema entero y la integridad del personal de mantenimiento. Un dispositivo de protección que se necesita es un supresor de picos que proteja contra descargas atmosféricas (por ejemplo, una tormenta eléctrica la manda directamente al sistema de aterrizaje).



Figura 2.9 Dispositivos de protección.

A su vez, se dividen en dos tipos, la tabla 2.2 las expone.

| EN CORRIENTE ALTERNA | EN CORRIENTE DIRECTA |
|--|---|
| <p>Son utilizadas en la salida del inversor de CA hacia el centro de cargas del inmueble, se usan interruptores termomagnéticos para proteger al sistema de un corto circuito o sobrecarga</p> | <p>Van desde los módulos fotovoltaicos hasta la entrada de inversor en CD, en la mayoría de los casos se trata de un seccionador para abrir los circuitos de forma manual, fusibles que protegen de corto circuito y sobrecargas.</p> |

Tabla 2.2 Clasificaciones de las protecciones en un SFVI.

2.6 OPTIMIZADORES

Son dispositivos que combaten las sombras que se interponen en los módulos, de manera que optimizan al máximo sus recursos para evitar que la sombra afecte al siguiente módulo (figura 2.10). Existen optimizadores que monitorean al panel, lo desactivan a nivel modular en caso de sobrecalentamiento, lo apagan automáticamente o de forma manual desde vía remota, etc. La decisión de montarlos o no, se basa en las necesidades del cliente.



Figura 2.10 Representación de algunas de las funciones de un optimizador a nivel SFVI.

2.7 INVERSORES

Consiste en un equipo capaz de transformar la corriente continua, procedente del regulador, en corriente alterna para alimentar las cargas, obsérvese la figura 2.11.



Figura 2.11 Inversor solar de la marca Fronius.

Por lo tanto, es el dispositivo que recibe la energía de los módulos fotovoltaicos, convierte la corriente directa en alterna y la inyecta a la red eléctrica, así como optimiza la energía proveniente de los módulos y, de esta manera, obtener el máximo rendimiento al realizar el acondicionamiento de la potencia. Más adelante se abarcará a profundidad este elemento.

CAPÍTULO III

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Un sistema fotovoltaico convierte la energía solar en eléctrica, este proceso se lleva a cabo mediante la radiación proveniente del sol. De esta manera, se ha vuelto una de las tecnologías más utilizadas para aprovechar dicho recurso natural. Se componen de varios elementos dependiendo, por supuesto, del tipo de sistema, sin embargo, todos tienen en común que requieren de módulos fotovoltaicos para realizar la transformación de energía (por lo general se les conoce como paneles solares). En la figura 3.1 se muestra un sistema fotovoltaico.



Figura 3.1 Colocación básica de paneles solares.

Como todos los tipos de energías, la solar tiene ciertas ventajas y desventajas en comparación con la eléctrica, todas ellas se deben tomar en cuenta a la hora de su diseño e instalación debido a las posibles consecuencias que esto implique, como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Principales ventajas y desventajas de un sistema fotovoltaico.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|--|
| Larga vida y mantenimiento mínimo requerido. | Su rendimiento puede disminuir durante largos periodos de calor y humedad, o con nubes y niebla. |
| Toda energía generada excedente se convierte en energía a favor cuando no se genera lo suficiente para el autoconsumo. | El coste inicial de su instalación es elevado, por lo que no es accesible para todo el mundo. |
| Automatizado, no requiere ninguna intervención manual del usuario. | Su efectividad disminuye durante los meses invernales. |
| Rentable económicamente para usuarios con consumos de electricidad bimestrales desde \$4,000.00 pesos. | Tiene una eficiencia relativamente baja en cuanto a la energía eléctrica que puede convertir, alrededor de un 25%. |
| Rápida recuperación de la inversión. | Es necesaria un área de instalación amplia. |
| No contamina debido a la nula emisión de gases invernadero y ruido. | En ciudades con altos grados de contaminación atmosférica, su rendimiento es menor. |

Los sistemas fotovoltaicos se clasifican en los siguientes tres tipos:

- SISTEMA AUTÓNOMO
- SISTEMA INTERCONECTADO A LA RED
- SISTEMA HÍBRIDO

Como preámbulo, enseguida se muestra una imagen de cada tipo de sistema para darle una idea al lector sobre qué trata cada uno. (Figuras 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5)



Figura 3.2 Sistema autónomo.



Figura 3.3 Bombeo solar (subclasificación del sistema autónomo).



Figura 3.4 Sistema interconectado a la red.



3.5 Sistema híbrido.

3.1 SISTEMA AUTÓNOMO

Un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) o aislado es un conjunto de placas solares que reciben energía del sol y, mediante el uso de baterías, almacena la energía acumulada para utilizarla posteriormente, es decir, en momentos en los que no haya radiación solar. El diagrama 3.1 explica el orden de sus componentes.

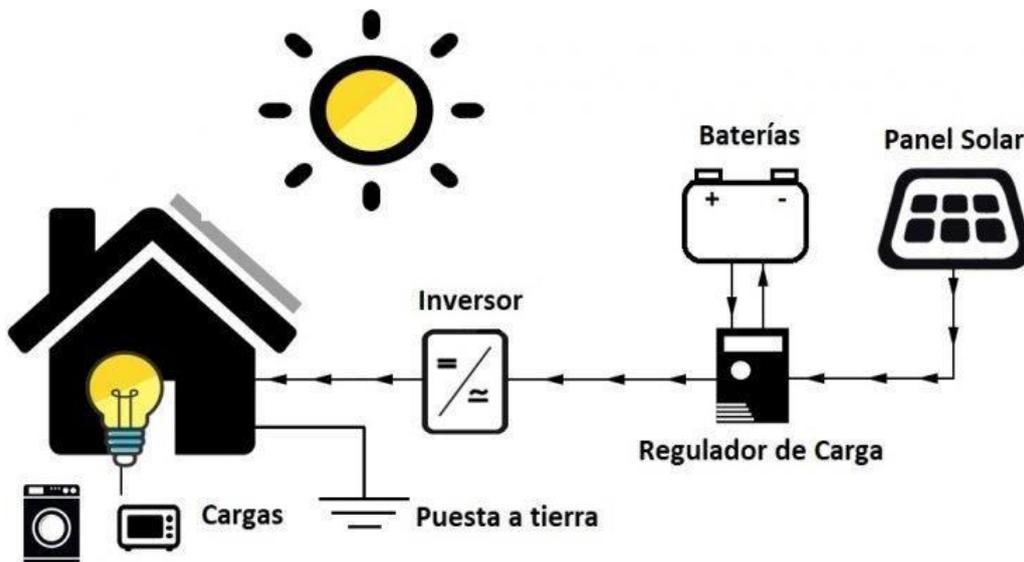


Diagrama 3.1 Representación de un SFA en zona habitacional.

A continuación, los detalles de algunas ventajas de los sistemas fotovoltaicos autónomos:

- Es modular, es decir, puede ir creciendo acorde a las necesidades y el espacio físico disponible.
- No contamina, no genera gases contaminantes ni ruido.
- Su mantenimiento es muy simple y sus componentes muy resistentes.
- Tienen un alto índice de vida útil, los paneles duran al menos 25 años y los inversores más de 10 años.

3.2 SISTEMA INTERCONECTADO A LA RED

Un Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red (SFVI) opera de la siguiente forma: Mediante cierto número de paneles solares se genera electricidad en corriente continua, esta se transforma gracias a la presencia de un inversor para conexión de red en corriente alterna, posteriormente se inyecta en paralelo con la red pública; este proceso permite a los usuarios co-generar electricidad para autoconsumo, ya sea para viviendas o para comercios. (Obsérvese el diagrama 3.2)

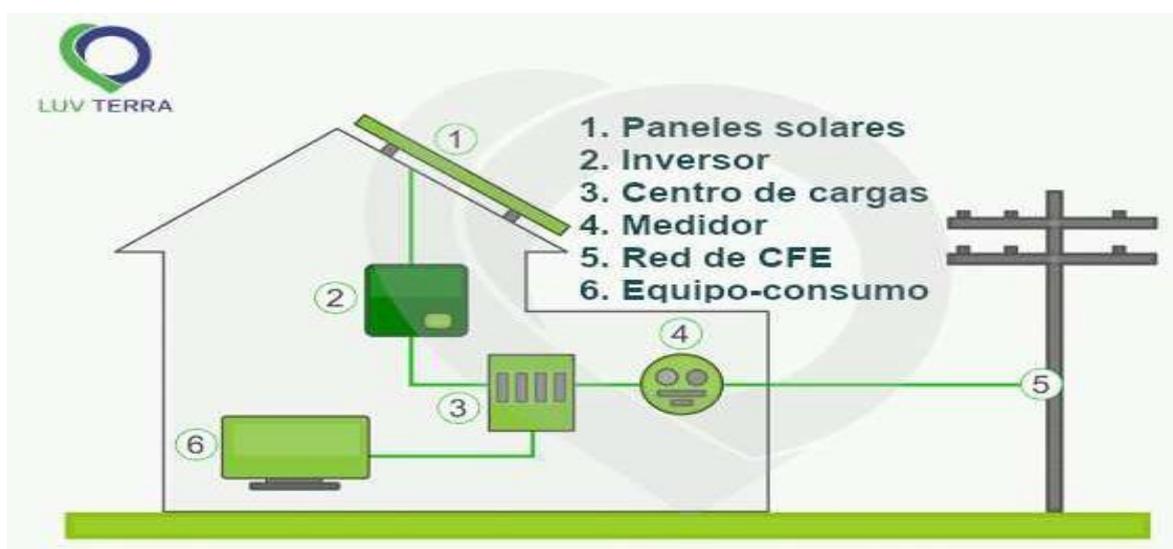


Diagrama 3.2 Representación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE.

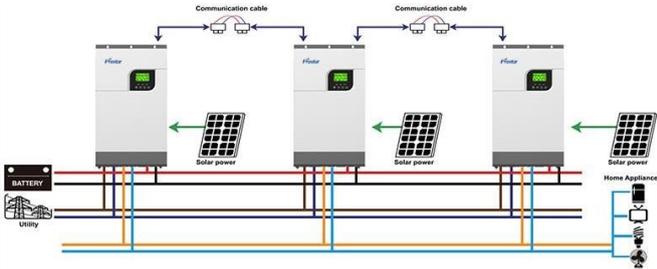
En términos generales, los generadores fotovoltaicos distribuidos conectados a la red pueden producir importantísimos beneficios a los sistemas de distribución, dependiendo de las características y condiciones operativas de la red de distribución y de su localización.

Sus beneficios más notables son:

- Modulación de picos de demanda cuando existe cierto grado de coincidencia entre el perfil de generación fotovoltaica y el perfil de consume del inmueble.
- Disminución de pérdidas por transmisión y distribución.
- Soporte de tensión en alimentadores de distribución.
- Compensación de potencia reactiva en el alimentador.

Por otro lado, en la tabla 3.2 se enlistan los componentes principales de un SFVI:

Tabla 3.2 Componentes y representaciones de los componentes de un SFVI.

| COMPONENTE | FUNCIÓN | IMAGEN |
|--|---|--|
| Arreglo fotovoltaico | Transforma la radiación del sol en electricidad |  |
| Inversor de corriente continua a corriente alterna | Adecúa la energía generada por el arreglo a las características eléctricas de la red a la cual se conectará |  |

El arreglo fotovoltaico dependerá de la potencia nominal requerida y de la potencia pico de los módulos seleccionados, su tensión de salida que corresponde al de operación del inversor, se obtiene mediante la conexión en serie de un número determinado de paneles solares fotovoltaicos; y la potencia a través de la conexión paralelo de dichas series.

La potencia nominal de los módulos solares fotovoltaicos normalmente está entre los 200 y 450 Wp. El material comúnmente usado en la fabricación de los módulos o paneles fotovoltaicos es el silicio; la eficiencia típica de estos módulos en condiciones estándar de irradiancia y temperatura (i.e., 1,000W/m², 25°C, AM1.5) se encuentra entre 14 y 22% para silicio monocristalino y silicio policristalino; y entre 5 y 7 % para los de silicio amorfo.

Como ejemplo, la figura 3.6 muestra las características eléctricas de un panel solar de la marca Tecnosol.



Electrical characteristics

| <i>P_{max}, V_{oc}, I_{sc}, V_{mp} and I_{mp} at STC (1000W/m², 25°C, AM 1.5):</i> | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Maximum Power (P _{max}) | 225W | 230W | 235W | 240W | 245W | 250W | 255W | 260W |
| Open Circuit Voltage (V _{oc}) | 36.8V | 36.9V | 37.0V | 37.1V | 37.2V | 37.3V | 37.4V | 37.5V |
| Short Circuit Current (I _{sc}) | 8.16A | 8.31A | 8.42A | 8.52A | 8.62A | 8.72A | 8.82A | 8.91A |
| Maximum Power Voltage (V _{mp}) | 30.1V | 30.2V | 30.3V | 30.3V | 30.4V | 30.5V | 30.6V | 30.7V |
| Maximum Power Current (I _{mp}) | 7.48A | 7.62A | 7.76A | 7.92A | 8.06A | 8.20A | 8.34A | 8.48A |
| Module Efficiency (%) | 13.8 | 14.1 | 14.4 | 14.7 | 15.0 | 15.3 | 15.6 | 15.9 |

Temperature Coefficients

| | |
|--|-------------|
| Temperature Coefficients of P _{max} | -0.43 %/°C |
| Temperature Coefficients of V _{oc} | -0.33 %/°C |
| Temperature Coefficients of I _{sc} | +0.056 %/°C |

Absolute Maximum Limits

| | |
|------------------------------|----------------|
| Maximum System Voltage | 1000V DC |
| Module Operating Temperature | -40°C to +85°C |
| NOCT | 45°C±2°C |

Figura 3.6 Características eléctricas de placa solar Tecnosol.

La eficiencia de los inversores es generalmente mayor a 90% cuando éstos operan arriba del 10% de su potencia nominal.

Para extraer siempre la máxima potencia disponible en el arreglo fotovoltaico, el inversor incorpora entre sus funciones uno o varios elementos de control que sigue permanentemente el punto de máxima potencia del arreglo (MPPT, por sus siglas en inglés) mediante un ajuste continuo de la impedancia de la carga.

A continuación, la tabla 3.3 expone las ventajas y desventajas más importantes de un sistema fotovoltaico interconectado a la red.

Tabla 3.3 Lista de ventajas y desventajas de un SFVI.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|--|
| Reduce los pagos en el recibo de CFE | Cargo mínimo por uso de la red |
| Se trata de una fuente de energía renovable | Cuando CFE sufre algunafalla, también afecta al sistema |
| Cuenta con bolsa de energía | Depende directamente del distribuidor de energía eléctrica |
| Requiere de poca inversión | No almacena energía |
| Mantenimiento mínimo | Baja producción en tiempo de lluvia |

Ahora, la tabla 3.4 arroja otros aspectos importantes a considerar para dimensionar un SFVI.

Tabla 3.4 Factores a considerar para el dimensionamiento de un SFVI.

| LUGAR DE INSTALACIÓN | CONSUMO ELÉCTRICO | LEVANTAMIENTO |
|----------------------|----------------------|---------------|
| Orientación | Historial del recibo | Áreas |
| Latitud | Censo de cargas | Eléctrico |
| | Analizador de redes | Civil |
| | | Estructural |

3.3 SISTEMA HÍBRIDO

Se trata de un sistema fotovoltaico que, mientras se encuentra conectado a la red eléctrica de cierto proveedor, genera un respaldo energético a través de paneles solares y baterías. En otras palabras, este sistema combina características de un sistema conectado a la red eléctrica y un sistema desconectado de esa misma red, el diagrama 3.3 de abajo lo detalla.

En realidad, el usuario utiliza electricidad de la red, pero si se presenta un fallo, estará utilizando la energía almacenada en las baterías con los paneles solares.

El principal beneficio que ofrecen los sistemas híbridos de energía solar es que permiten tener un respaldo en caso de que se presente inestabilidad o inconvenientes con la red eléctrica de su compañía distribuidora, o sea, si surge un problema que está fuera de las manos del cliente, la energía que almacenó durante el día empieza a hacer su trabajo.

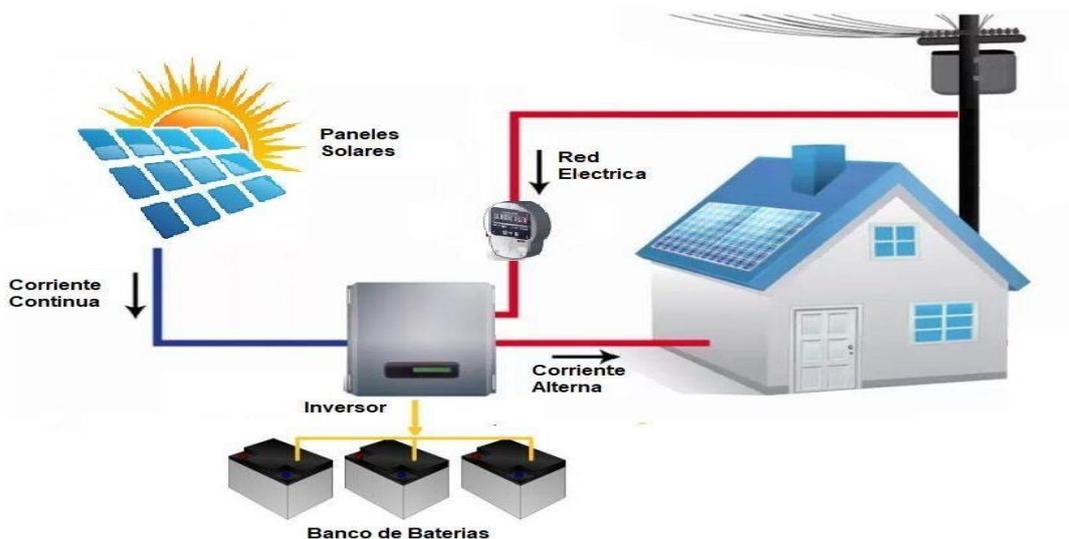


Diagrama 3.3 Representación de un sistema fotovoltaico híbrido.

CAPÍTULO IV

CLASIFICACIÓN DE LOS INVERSORES FOTOVOLTAICOS

Un inversor, dentro de un sistema fotovoltaico, es el equipo electrónico encargado de transformar (o invertir, como su mismo nombre lo dice) la corriente continua que producen las baterías en corriente alterna. En otras palabras, se trata de un equipo electrónico capaz de transformar CC a CA, tal como se muestra en la figura 4.1.

Por esto, un objetivo a tener en cuenta cuando se diseñan inversores fotovoltaicos en fase de fabricación, es obtener señales de salida, en las cuales los armónicos que aparezcan sean de pequeño valor. Esto se conseguirá aumentando la frecuencia de conmutación de los semiconductores y filtrando adecuadamente la señal obtenida.



Figura 4.1 Representación física de la transformación de energía que realiza un inversor.

Una de las funciones que debe cumplir cualquier inversor solar es la de regular el valor de la tensión de salida. Básicamente se consigue de tres diferentes maneras:

- Regulando la tensión antes del inversor (convertidores CD/CD)
- Regulando la tensión en el propio inversor mediante un sistema de control (variando el ángulo de fase a través de la modulación de ancho de pulso (PWM))
- Regulando a la salida del inversor (mediante un auto-transformador)

Antes de dimensionar una instalación fotovoltaica de autoconsumo, se debe tener en cuenta que en el mercado se encuentran, principalmente, dos tipos de inversores solares:

- Para instalaciones aisladas (con baterías)
- Para conexión a red (autoconsumo)

Las especificaciones eléctricas fundamentales para cualquier inversor fotovoltaico existente en el mercado son:

- Tensión Nominal. Es la tensión que se debe aplicar a los terminales de entrada del inversor.
- Potencia Nominal. Es la potencia que puede suministrar el inversor de forma continuada.
- Capacidad de sobrecarga. Se refiere a la capacidad del inversor para suministrar una potencia considerablemente superior a la nominal, así como el tiempo que puede mantener esta situación.
- Tensión de entrada de arranque. Tensión de entrada a partir de la cual el inversor empieza a verter energía a la red.

- Tensión máxima del MPP. Tensión máxima de seguimiento de máxima potencia.
- Tensión mínima del MPP. Tensión mínima de seguimiento de máxima potencia.
- Corriente máxima de entrada. Máxima corriente a la cual puede funcionar el inversor. Si el inversor tiene múltiples MPPT (seguimientos del punto de máxima potencia), $I_{ccm\acute{a}x}$ se relaciona con cada una de las entradas individuales.
- Eficiencia (rendimiento). Relación, expresada en tanto por ciento, entre las potencias presentes a la salida y a la entrada del inversor. Su valor depende de las condiciones de carga del mismo, es decir, de la potencia total de los aparatos de consumo alimentados por el inversor en relación con su potencia nominal.

A continuación, se aprecian dos tablas, una con los datos de entrada de un inversor y otra con las características de salida, respectivamente (tabla 4.1 y tabla 4.2).

Tabla 4.1 Hoja de características de un inversor. Datos de entrada.

| | |
|---|---------------------------|
| Entrada DC | |
| Max. PV-potencia | 560 KWp |
| Max. Corriente DC | 1150 A |
| Max. Tensión DC | 900 V (1000 V Kit) |
| Rango de tensión DC MPPT | 450 - 820 V |
| Nº de entradas DC | 4 |
| Sección máx. del cable para la entrada | 300 mm ² |
| Producción de energía desde | 1 % P _n aprox. |

Tabla 4.2 Hoja de características de un inversor. Datos de salida.

| | |
|--|-------------------------|
| Salida AC | |
| Nº de fases | 3 |
| Potencia nominal AC | 500 KW |
| Potencia máx. AC | 525 KW |
| Tensión nominal AC | 270 Vrms |
| Margen de tolerancia de tensión | -10 % / + 10 % |
| Frecuencia de salida | 48 Hz - 52 Hz |
| Factor de potencia | 1 (>0.99 @ Pn) |
| THD de corriente AC | <3 % @ Pn |
| Corriente nominal AC por fase | 1070 Arms |
| Corriente máx. AC por fase | 1190 // 975 Arms |
| Sección máx. del cable para la salida | 2 x 400 mm ² |

Las clasificaciones más importantes de un inversor solar son las siguientes:

- Centrales
- Microinversores
- De cadena o string

4.1 INVERSORES CENTRALES

Un inversor central es conocido de esta manera puesto que es requerido para una cadena de paneles solares fotovoltaicos. La electricidad que se genera pasa de panel en panel, de esta manera llega al inversor central y éste lo transforma en corriente alterna para poder ser utilizada.

La mayoría de los inversores centrales están diseñados para ser instalados tanto en el exterior como en el interior de una vivienda, aunque generalmente funcionan más eficientemente cuando se instalan en un lugar fresco, aislado de los rayos solares. Tienen la desventaja de que, al ser un solo inversor, si éste falla, caerá la producción de electricidad de toda la instalación.

Enseguida, se muestran dos inversores centrales de diferentes marcas (figuras 4.2 y 4.3).



Figura 4.2 Inversor central de la marca ABB.



Figura 4.3 Inversor central de la marca Fronius.

4.2 MICROINVERSORES

Los microinversores son pequeños inversores conectados a la red, estos, comparados con los inversores centrales, son de menor tamaño y peso. Los microinversores son componentes pequeños que se instalan en los rieles del sistema de anclaje, debajo de cada panel solar fotovoltaico.

Si un microinversor falla, sólo se ve afectada la producción de energía de un solo panel solar y no de todo el sistema, a diferencia de los sistemas centrales.

La garantía que ofrecen los microinversores es de hasta 20 años, en comparación con los 5 años que ofrecen los inversores centrales. A continuación, en las figuras 4.4 y 4.5 se aprecian dos microinversores de marcas distintas.



Figura 4.4 Microinversor de la marca Hoymiles.



Figura 4.5 Microinversor de la marca Master.

La tabla 4.3 muestra las diferencias más importantes entre un inversor central y un microinversor.

Tabla 4.3 Ventajas y desventajas de un inversor central y un microinversor.

| INVERSOR CENTRAL | | MICROINVERSOR | |
|---|---|---|---|
| VENTAJAS | DESVENTAJAS | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
| -En un sistema residencial solo se necesita un inversor central. | -Requieren de un espacio en una pared para su instalación. | -Simplificación del diseño de los sistemas, convirtiéndolo en una instalación sencilla. | -Aumenta el número de componentes del sistema, y con ello sus costos. |
| -La cantidad de paneles solares que se le pueden conectar es mayor. | -Es necesario incluir los optimizadores al sistema para el monitoreo de paneles individual. | -La conversión de energía es más eficiente en casos de techos con sombras irregulares. | -Solo se les puede instalar entre 1 y 4 paneles solares. |
| -Su mantenimiento es más sencillo. | -Se requieren protecciones para corriente directa. | -Monitoreo de manera individual para cada panel solar. | -Poca variedad de marcas en el mercado. |
| -La probabilidad de que falle es menor al usar menos equipos. | -Se necesita personal más calificado para su instalación. | -Se pueden utilizar diversos modelos de paneles en un mismo sistema. | -No se pueden utilizar paneles fotovoltaicos de grandes potencias, |

| | | | |
|---|--|-----------------|---|
| <p>para la misma generación de potencia.</p> <p>-Se pueden utilizar paneles solares de mayor potencia.</p> <p>-Es más sencillo aplicar una garantía y más aún cuando son de alta gama (10 años).</p> <p>-Ya incluyen su propio monitoreo, solo es necesario conectarlos al internet de la vivienda.</p> | <p>operación, monitoreo y mantenimiento, debido a la diversidad de marcas y capacidades.</p> | <p>sistema.</p> | <p>ya que la tendencia aumenta considerablemente a una mayor velocidad que lo permisible para un microinversor.</p> <p>-El sistema de monitoreo se vende e instala por separado.</p> <p>-Cada vez que se quiera aumentar la potencia del sistema, se tiene que comprar un panel y un microinversor extra.</p> |
|---|--|-----------------|---|

4.3 INVERSORES DE CADENA O STRING

A la entrada del inversor se conecta un string (una cadena de paneles conectados en serie), de este modo el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) es independiente para cada string. La figura 4.6 enseña el funcionamiento de este tipo de inversor, a diferencia del microinversor.

Se utilizan cuando los paneles solares están conectados en serie y agrupados en ramales enviando toda la energía a un solo inversor. Cada uno de estos ramales se conecta a un inversor solar (por ende, hay tantos inversores como ramales tiene el sistema), y este se encarga de hacer la función de la conversión de electricidad para obtener corriente alterna.

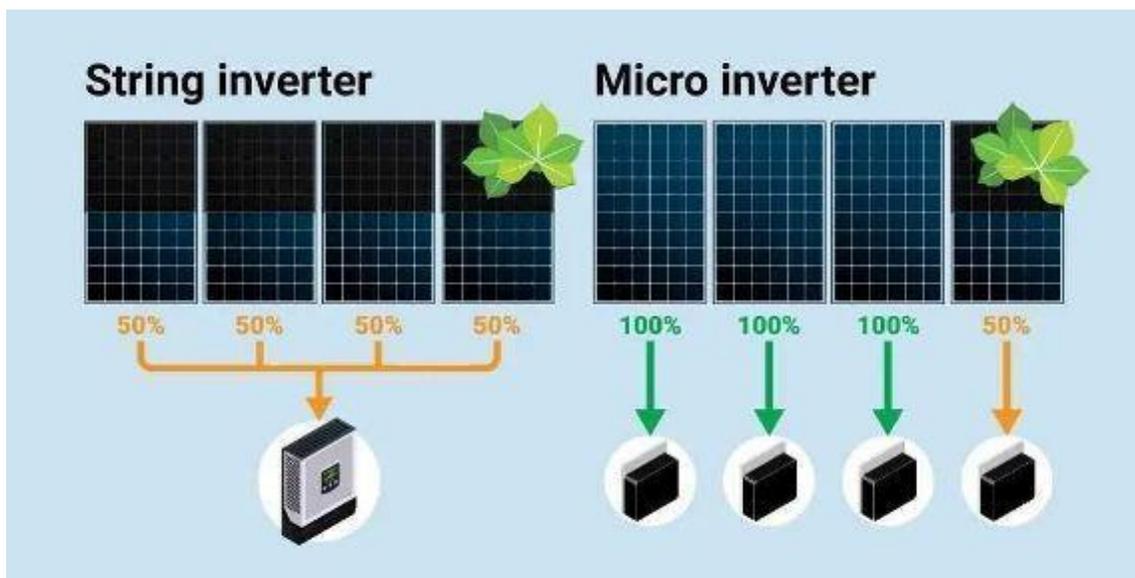


Figura 4.6 Diferencias gráficas entre un inversor string y un microinversor.

Si la orientación de los paneles solares es variada y apuntan en direcciones distintas, los string no son eficientes. Se capta el nivel de electricidad del panel menos eficiente de cada ramal, por lo que, si en una agrupación de celdas fotovoltaicas y una de ellas recibe poca luz (como una sombra a determinada hora, por ejemplo), la eficiencia de ese ramal será equivalente a esa potencia inferior.

CAPÍTULO V

CÁLCULOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED PARA LA LAVANDERÍA DEL HOTEL PRINCESS MUNDO IMPERIAL

En primer lugar, la luz solar incide en los paneles o módulos fotovoltaicos formados por un material semiconductor de silicio cristalino que posee efecto fotoeléctrico, es decir, transforma (con un rendimiento aproximado de 18%) la luz solar en energía eléctrica continua de 48 V.

Posteriormente, esa electricidad debe ser suministrada a la casa o lugar a electrificar. Entre los paneles solares debe haber un medidor bidireccional proporcionado por CFE, en el cual el usuario suministra la energía excedente a las líneas de CFE mediante dicho medidor.

Finalmente, por medio de un inversor, se transforma la corriente continua en alterna a 480 V y 60 Hz en forma de onda senoidal pura.

De esta manera, se podrían alimentar equipos industriales como los son las lavadoras y secadoras del Hotel Princess Mundo imperial en Acapulco. El esquema de proceso de un sistema fotovoltaico se expone en la figura 5.1.

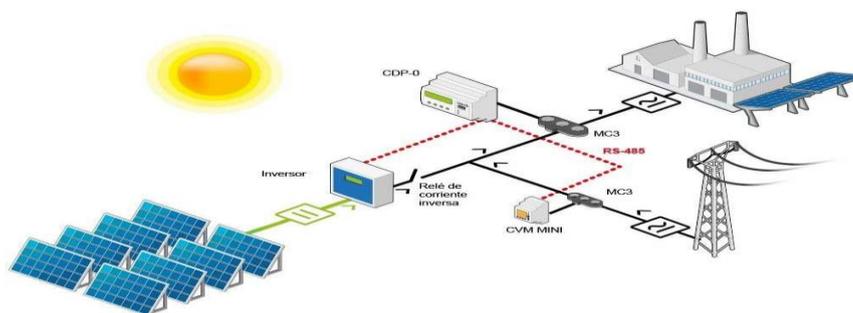


Figura 5.1 Diagrama del proceso fotovoltaico.

Para ello se requiere conocer, a partir de valores estadísticos históricos de la zona, el valor de irradiación solar diaria media en superficie inclinada H ($\text{kWh/m}^2/\text{día}$) del

lugar. No obstante, se hará uso de la base de datos de irradiación solar para Acapulco, Gro. tomada de POWER | Data Access Viewer (nasa.gov). (Tabla 5.1). Así como el consumo mensual en kWh consumida en el área de lavandería del hotel anteriormente mencionado.

| Radiación solar promedio en Marqués, Granjas del Marqués, 39897 Acapulco de Juárez, Gro., México | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|------------|
| 16.7888,-99.8148 | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Promedio |
| Ángulo LATITUD | 6.17 | 6.8 | 7.04 | 6.79 | 5.93 | 5.33 | 5.68 | 5.67 | 5.42 | 5.72 | 6.13 | 6.11 | 6.06583333 |
| Ángulo HORIZONTAL | 5.22 | 6.07 | 6.73 | 6.93 | 6.31 | 5.75 | 6.09 | 5.9 | 5.4 | 5.36 | 5.31 | 5.08 | 5.84583333 |
| Ángulo LATITUD -15° | 5.36 | 6.18 | 6.79 | 6.94 | 6.29 | 5.72 | 6.06 | 5.89 | 5.42 | 5.42 | 5.42 | 5.22 | 5.8925 |
| Ángulo LATITUD +15° | 6.62 | 7.01 | 6.88 | 6.25 | 5.27 | 4.67 | 5 | 5.16 | 5.15 | 5.71 | 6.48 | 6.64 | 5.90333333 |
| Ángulo VERTICAL | 4.73 | 4.14 | 2.9 | 1.64 | 1.46 | 1.42 | 1.48 | 1.49 | 2.08 | 3.02 | 4.35 | 4.97 | 2.80666667 |
| Ángulo óptimo | 41.5 | 32 | 18.5 | 3.5 | | | | | 9.5 | 24 | 38 | 44 | 26.375 |

Tabla 5.1 Datos bajados de la plataforma de la NASA.

Para poder realizar el correcto dimensionamiento de un sistema fotovoltaico se hizo la toma por un año de consumos de las luminarias y maquinaria en el Hotel Princess Mundo Imperial, de este modo se determina la carga eléctrica, lo cual es el primer paso para dimensionar un sistema fotovoltaico interconectado a la red.

En el inciso a) del apartado Anexos se desglosan veinticuatro tablas, las cuales corresponden a los doce meses del año 2022, la primera de cada par cuenta con tres columnas, una contiene los días completos del respectivo mes, la segunda es la lectura de toda la maquinaria de lavandería y la tercera es el consumo en kWh; la siguiente cuenta con las lecturas del alumbrado y el consumo total diario. Es fundamental analizarlas para, más adelante, llevar a cabo todos los cálculos necesarios.

| Energía consumida en la Lavandería en el año 2022 | | | |
|--|----------------|---------------|----------------|
| | Máquinas | Iluminación | Total kWh |
| Enero | 35,531 | 8,044 | 43,575 |
| Febrero | 31,243 | 7,036 | 38,279 |
| Marzo | 34,784 | 7,715 | 42,499 |
| Abril | 38,637 | 7,974 | 46,611 |
| Mayo | 41,360 | 8,413 | 49,773 |
| Junio | 36,842 | 7,827 | 44,669 |
| Julio | 44,387 | 8,570 | 52,957 |
| Agosto | 46,133 | 9,324 | 55,457 |
| Septiembre | 33,347 | 7,422 | 40,769 |
| Octubre | 30,306 | 7,340 | 37,646 |
| Noviembre | 32,044 | 7,629 | 39,673 |
| Diciembre | 39,961 | 8,442 | 48,403 |
| Total | 444,575 | 95,736 | 540,311 |

Tabla 5.2 Compilado de la energía que consume el área de lavandería en el año 2022.

Se realizó un promedio del consumo mensual y su resultado es el siguiente:

45,026kW / mes. (Tabla 5.2).

Con base a lo anterior, se llevó a cabo un cálculo del consumo diario que sería dividir el consumo al mes entre 31 días, dando como resultado 1452.45kW al día.

45,026kW / 31 = 1452.45 kW al día

Para sistemas fotovoltaicos interconectados a la red se toma en cuenta un factor de pérdidas de energía del 20% al 30%.

Por ende, la **energía requerida al día** queda de la siguiente manera:

$$1,452.45 \times 1.2 = 1,742.939 \text{ kW}$$

A continuación se indica, mediante una gráfica, la radiación solar promedio en Granjas del Marqués 39897, Acapulco, Gro., en la parte vertical se encuentran las horas solares y en la horizontal están los meses del año. (Figura 5.2).

Radiación solar promedio en Marqués,, Granjas del Marqués, 39897 Acapulco de Juárez, Gro., Mexico (6.07 h)



Figura 5.2 Radiación solar promedio en Granjas del Marqués, Acapulco, Gro.

La potencia del sistema fotovoltaico se puede calcular dividiendo la carga diaria entre las horas de sol efectivas.

$$\text{Potencia del sistema fotovoltaico} = \text{Carga diaria} / \text{Horas de sol efectivas}$$

$$\text{Potencia del sistema fotovoltaico} = 1,742.939 \text{ kWh} / \text{día} / 6.065833 \text{ horas}$$

$$\text{Potencia del sistema fotovoltaico} = 287.4 \text{ kW}$$

De esta forma, es posible determinar el número de paneles solares necesarios para este sistema en específico.

Para establecer el número de paneles solares necesarios se tendrá que dividir la potencia del sistema fotovoltaico entre la potencia nominal del panel solar:

$$\text{Número de paneles solares} = \frac{\text{Potencia del sistema fotovoltaico}}{\text{Potencia nominal del panel solar}}$$

$$\text{Número de paneles solares} = \frac{287,4 \text{ kW}}{0.550 \text{ kW (550 W convertidos a kW)}}$$

$$\text{Número de paneles solares} = 522.43 \text{ paneles}$$

Dado que no se pueden tener fracciones de paneles, se redondeará hacia abajo a la siguiente cantidad entera:

$$\text{Número de paneles solares} = 522 \text{ paneles}$$

Por lo tanto, para un sistema trifásico que produzca 45,026 kWh al mes, utilizando paneles solares de 550 W se necesitarán, aproximadamente, 522 paneles solares.

Para calcular el inversor necesario para 522 paneles solares de 550 W, se precisa considerar la potencia total del sistema fotovoltaico.

La potencia total del sistema se calcula multiplicando la potencia nominal de cada panel solar por el número de paneles:

$$\text{Potencia total del sistema} = \text{Potencia nominal del panel solar} \times \text{Número de paneles solares}$$

$$\text{Potencia total del sistema} = 0.55 \text{ kW} \times 522 \text{ paneles}$$

$$\text{Potencia total del sistema} = 287.1 \text{ kW}$$

Dado que la potencia total del sistema es de 287.1 kW, es necesario un inversor que sea capaz de manejar esta potencia. Como en el mercado actualmente no existe un inversor de tal capacidad, se opta por seleccionar 3 inversores

SUN2000-100KTL-M1 de 100kW (figura 5.3) colocados en paralelo para una mejor gestión de la potencia generada por los paneles solares.

Para la selección del inversor es importante tener en cuenta las especificaciones técnicas del mismo, incluyendo su capacidad de potencia máxima y su compatibilidad con el sistema trifásico.

Ahora, se presenta el cálculo de las strings por inversor:

| INVERSOR SUN2000-1000KTL-M1 DE 100KW | DE PANEL JINKO SOLAR DE 550W |
|--|--|
| Máxima eficiencia 98.8% 480V | Maximum Power (Pmax) 550Wp |
| Tensión máxima de entrada 1100V | Maximum Power Voltage (Vmp) 40.90V |
| Corriente de entrada máxima por MPPT 26A | Maximum Power Current (Imp) 13.45A Short-circuit Current (Isc) 14.03A |
| Corriente máxima de corto circuito 40A | Open-circuit Voltage (Voc) 49.62 |

Se calcula el número de paneles máximo por inversor mediante la tensión máxima de trabajo y el Voc del módulo fotovoltaico, quedando de la siguiente forma:

$$N_p \text{ serie} = V_{\text{trab}} - \text{max} / V_{\text{oc}}$$

$N_p = 1100/49.62 = 22.1$ módulos en serie, se ajusta a 22 módulos y se comprueba:

$$\text{Volt } N_p \text{ serie} = 22 \times 49.62 = 1091.64V$$

Por otro lado, se calcula la corriente máxima por strings: $I_{\text{max}} = I_{\text{sc}} \times NP$ en paralelo X 1.25

$$I_{\text{max}} = 14.03 \text{ A} \times 1 \times 1.25 = 17.53 \text{ A}$$

Con base en los datos anteriores ahora se calculan las protecciones para las

Strings:

$$I_{sob} = I_{max} \times 1.25 = 17.53 \text{ A} \times 1.25 = 21.9 \text{ A}$$

Como no existe un fusible de 21.9 A, se toma el inmediato inferior a 20 A

$$I_{sal} = I_{sc} \times 1.56 = 14.03 \text{ A} \times 1.56 = 21.9 \text{ A}$$

Calculando el interruptor principal del sistema, se obtiene: $I_{nominal} = P_{sal} / (V) (F_p)$ tomando en cuenta un $F_p = 0.90$.

$I_{nominal} = 100\,000 / (480) (0.90) = 231.48 \text{ A}$, entonces la protección principal da como resultado:

$$I_{nom} \times 1.25 = 231.48 \text{ A} \times 1.25 = 289.35 \text{ A} \approx 300 \text{ A}$$

Redondeando a un valor comercial, un interruptor principal de 3x300 A es el que más se ajusta.



Figura 5.3 Inversor SUN2000-100KTL-M1 de 100 kW.

CAPÍTULO VI

GESTIÓN ANTE COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD PARA SOLICITAR LA INTERCONEXIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Los documentos que la CFE requiere para realizar la interconexión de cualquier cantidad de paneles solares son los siguientes:

- Croquis de la ubicación geográfica, es decir, dónde se encuentra instalado el sistema de paneles solares, tal como se observa enseguida del listado (Figura 6.1)
- Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico (mostrado en el inciso b) del apartado Anexos)
- Anexo II (solicitud de interconexión para centrales eléctricas en generación distribuida) (Figura 6.2)
- Carta poder con identificación del propietario (en caso de no ser el titular del predio) (Figura 6.3)
- Ficha técnica de la tecnología de generación utilizada, es decir, de los paneles solares (inciso c) del apartado Anexos)
- Ficha técnica y certificado del inversor, como se muestra en el inciso c) del apartado Anexos
- Última factura eléctrica de CFE sin adeudos, a continuación, se muestra un ejemplo (Figura 6.4)

Posteriormente, CFE expedirá dos contratos a nombre del titular (uno de interconexión y otro de contraprestación) los cuales deberán ser firmados y rectificadas; transcurridos, aproximadamente, cinco días hábiles, la dependencia instalará el o los medidores bidireccionales previamente solicitados.

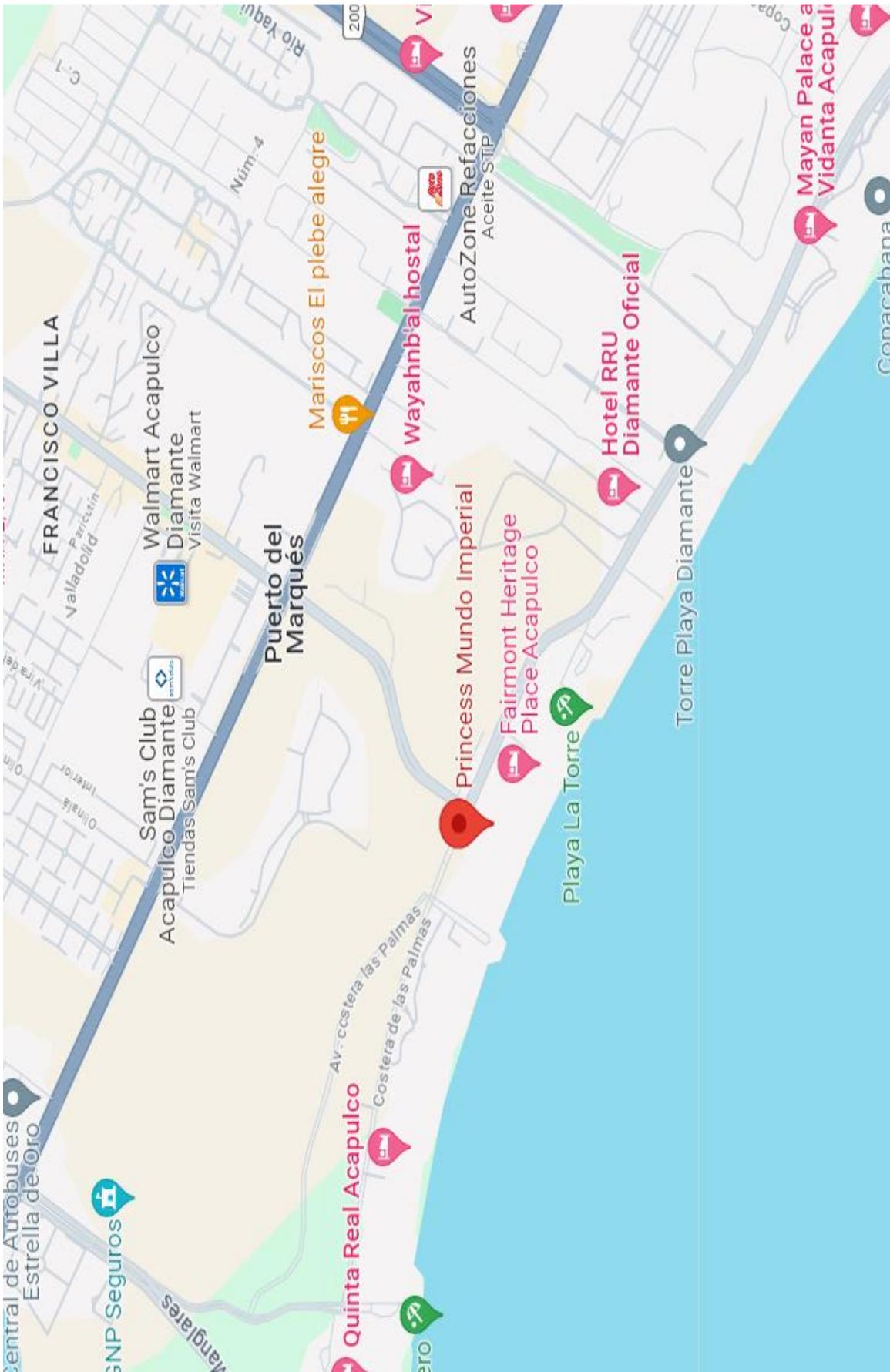


Figura 6.1 Ejemplo de croquis del Hotel Princess Mundo Imperial en Acapulco.

ANEXO 2

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

Fecha jueves, 8 de septiembre de 2022

Numero de Solicitud _____

| I. Datos del Solicitante | | | | |
|---|-------------------------------------|---|---|---|
| Nombre, denominación o razón social SALOMON REYNA LARA | | | | |
| Domicilio | | | | |
| Calle | Numero Exterior | S/N | Numero Interior | Codigo Postal |
| REVOLCADERO | | | | 39893 |
| Colonia/ Población | | Delegación/ Municipio | | Estado |
| VILLAS XELHA | | PTO. MARQUEZ | | GUERRERO |
| Telefono | | Correo electrónico | | Fax |
| 7581079423 | | carlos@vkan.net | | |
| II. Datos de Contacto | | | | |
| Nombre | | Puesto | | |
| GETSEMANÍ DE JESÚS HERNÁNDEZ RIVERA | | GESTOR LEGAL | | |
| Domicilio | | | | |
| Calle | Numero Exterior | S/N | Numero Interior | Codigo Postal |
| NUEVO LEÓN | 64 | | | 39350 |
| Colonia/ Población | | Delegación/ Municipio | | Estado |
| PROGRESO | | ACAPULCO | | GUERRERO |
| Telefono | | Correo electrónico | | Fax |
| 7442254889 | | getsemanirivera47@gmail.com | | |
| III. Datos de la Solicitud | | | | |
| Modalidad de la Solicitud | | Baja Tension | <input checked="" type="checkbox"/> | Media Tension |
| | | | | <input type="checkbox"/> |
| IV. Utilización de energía eléctrica producida | | | | |
| Consumo de Centros de Carga | | Consumo de Centros de Carga y Venta de excedentes | | Venta total |
| <input checked="" type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| V. Datos del servicio de suministro actual | | | | |
| Registro público de usuario (RPU) | | | Nivel de tensión de suministro | |
| 320070202772 | | | 220 | |
| VI. Central eléctrica | | | | |
| Fecha estimada de operación normal [/ /2022] | | Capacidad bruta instalada (KW) | Capacidad a incrementar (KW) (Opcional) | Generación promedio mensual estimada (KW/h/mes) |
| | | 6.75 KW | | 202.5 KW |
| VII. Manifestación de cumplimiento de las especificaciones técnicas generales | | | | |
| Manifiesto bajo protesta de decir verdad que la Central Eléctrica cumple con las especificaciones de acuerdo a las disposiciones aplicables. | | | | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Tecnología para la generación de energía eléctrica | | | | |
| Solar | <input checked="" type="checkbox"/> | Biomasa | <input type="checkbox"/> | Otro |
| Eolico | <input type="checkbox"/> | Cogeneración | <input type="checkbox"/> | Especificar _____ |
| No. De unidades de generación | | Combustible principal | | Combustible secundario |
| 30 paneles (455W) | | X | | Y |
| Coordenadas UTM | | | | |
| 1 | | 16.772185 | | -99.7886779 |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| <p style="text-align: center;">SALOMON REYNA LARA (Representante Legal o el Solicitante) (El Solicitante) certifica que la información proporcionada en la presente solicitud es apropiada, precisa y verdadera. El solicitante acepta que los datos proporcionados sean utilizados para llevar a cabo los Estudios de Interconexión para garantizar la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional con la interconexión de la Central Eléctrica del Solicitante <i>al amparo de la Ley de la Industria Eléctrica y su Reglamento</i>, en caso de ser requeridos.</p> <p>El solicitante entiende que los datos proporcionados, se añadirán a las bases de datos del Suministrador cuando se firme un contrato de interconexión respectivo.</p> <p>El solicitante deberá anexar a la presente solicitud, la información técnica requerida en el documento "Información Técnica Requerida para Centrales Eléctricas"</p> | | | | |
| Firma de conformidad | | Sello y firma Centro de atención | | |
| Solicitante | | | | |
| Nombre | SALOMON REYNA LARA | | | |
| Cargo | REPRESENTANTE LEGAL | | | |
| Fecha | 08/09/2022 | | | |

Figura 6.2 Formato solicitado por Comisión Federal de Electricidad.

CARTA PODER

YO.....
DE NACIONALIDAD..... DE ESTADO CIVIL
CON C.I.N°....., DOMICILIADO EN

QUE HACIENDO USO DEL DERECHO QUE ACUERDA LA LEY, VENGO POR LA
PRESENTE A DESIGNAR APODERADO AL SEÑOR/A:
.....,
CON C.I. N°....., ESTADO CIVIL.....,
DOMICILIADO EN

PARA QUE EN MI NOMBRE Y REPRESENTACIÓN, FIRME Y GESTIONE LA
OBTENCION Y POSTERIOR RETIRO DE MARCA Y/O SEÑAL DE GANADO, PARA
USO EN EL DISTRITO DE.....,DEL DEPARTAMENTO
DE.....

DADO EN LA CIUDAD....., REPÚBLICA DEL PARAGUAY
A LOS DÍAS DEL MES DE.....DEL AÑO DOS MIL.....-

.....
AUTORIZADO

.....
AUTORIZANTE

CONSTE QUE: LAS FIRMAS QUE ANTECEDEN CORRESPONDEN A LAS
PERSONAS MENCIONADAS Y FUERON PUESTAS EN MI PRESENCIA. -

Figura 6.3 Ejemplo de carta poder en caso de no ser el titular del predio.



Comisión Federal de Electricidad®

CFE Administrador de Servicios Básicos
Río Pódamo No. 14, colonia Cuauhtémoc,
Alcaldía Cuauhtémoc, Código Postal 06500,
Ciudad de México. RFC: CSS160330CP7

ORGANIZACION IDEAL S DE RL CV

PLAYA REVOLCADERO SIN NUM
BLVD DE LAS NACIONES Y PLAYA REVOLCADERO
BLVD NAC PRINCES-GAS M
ACAPULCO DE JUAREZ, GRO.
C.P. 39890

TOTAL A PAGAR:

\$4,904,161

(CUATRO MILLONES NOVECIENTOS CUATRO MIL CIENTO SESENTA Y UN PESOS M.N.)

NO. DE SERVICIO : 320890901012

PERIODO FACTURADO: 31 JUL 22 - 31 AGO 22

RMU : 39888 89-09-30 OID6-70427 001 CFE

TARIFA: GDMTH **NO. MEDIDOR:** MX038Y **MULTIPLICADOR:** 2800

FECHA LÍMITE DE PAGO: 16 SEP 22

CARGA CONECTADA kW: 4320 **DEMANDA CONTRATADA kW:** 4320

CORTE A PARTIR: 17 SEP 22

| Concepto | Consumo | | Precio (MXN) | Subtotal (MXN) |
|----------------------|---------|----------|--------------|----------------|
| | Medida | Estimada | | |
| kWh base | - | - | 497,154 | |
| kWh intermedia | | | 1,155,830 | |
| kWh punta | | | 113,370 | |
| | | | | |
| kW base | | | 2,841 | |
| kW intermedia | | | 3,298 | |
| kW punta | | | 2,775 | |
| | | | | |
| kWMax | | | 3,298 | |
| kVArh | | | 419,890 | |
| Factor de potencia % | | | 97.29 | |

| Concepto | Costos de la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista | | | |
|--------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| | \$ | \$/kW | \$/kWh | Importe (MXN) |
| Suministro | 314.31 | 0 | 0 | 314.31 |
| Distribución | 0 | 799534.14 | 0 | 799534.14 |
| Transmisión | 0 | 0 | 310525.03 | 310525.03 |
| CENACE | 0 | 0 | 13071.02 | 13071.02 |
| Generación B | 0 | 0 | 382922.42 | 382922.42 |
| Generación I | 0 | 0 | 1652836.9 | 1652836.9 |
| Generación P | 0 | 0 | 186255.57 | 186255.57 |
| Capacidad | 0 | 957763.5 | 0 | 957763.5 |
| SCnMEM(1) | 0 | 0 | 10598.12 | 10598.12 |
| Total | 314.31 | 1,757,297.64 | 2,536,209.06 | 4,293,821.01 |

| Desglose del importe a pagar | |
|--|-----------------------|
| Concepto | Importe (MXN) |
| Cargo Fijo ³ | 314.31 |
| Energía | 4,293,506.70 |
| Bonificación Factor de Potencia ² | 81,582.60 |
| Int Sldoc ³ | 8,899.99 |
| Subtotal | 4,221,138.40 |
| IVA 16% | 675,382.15 |
| Facturación del Periodo | 4,896,520.55 |
| Derecho de Alumbrado Público ² | 7,640.00 |
| Adeudo Anterior | 4,935,578.81 |
| Su Pago | 4,935,578.00 |
| Total | \$4,904,161.36 |

(1) SCnMEM: Costos relacionados con los servicios del Mercado. (2) DAP: Derecho al Alumbrado Público. (3) Cargos o créditos: Diversos conceptos que se pueden incluir en el aviso recibo relacionados con el suministro.

Fecha, hora y lugar de impresión: 08 SEP 2022 11:06:37 hrs. Blvd. De Las Naciones No. 53 SN Col. Granjas del Marquero Acapulco Acapulco Guerrero México CP 39890

El presente Factura es válida contra el proveedor de servicios de electricidad (CFE) la lucha. Secretaría de la Función Pública quejas y denuncias al Teléfono:



82DG81D015320010

Repartir 1



\$4,904,161

(CUATRO MILLONES NOVECIENTOS CUATRO MIL CIENTO SESENTA Y UN PESOS M.N.)

Figura 6.4 Recibo del servicio de electricidad de la empresa.

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

- Presentar a los residentes con el personal
- Realizar un recorrido por las instalaciones
- Por medio de una presentación, el asesor externo dio a conocer a profundidad el proyecto y la estructuración de este
- Planear el trabajo e información de las formalidades (código de vestir, horarios, agendas, revisiones e introducción)
- Solicitar el material necesario para todas las actividades
- Estudiar a profundidad un sistema fotovoltaico interconectado a la red
- Enlistar los trámites que CFE solicita para la interconexión de paneles en un hotel
- Indagar si las instalaciones se prestan para la colocación de paneles solares
- Elaborar todos los cálculos requeridos para un sistema fotovoltaico interconectado a la red
- Efectuar un diagrama unifilar de la conexión de paneles
- Leer con detenimiento las fichas técnicas de los diferentes inversores y micro inversores encontrados en el mercado para elegir la marca más conveniente
- Buscar y seleccionar el tipo de panel adecuado para la instalación
- Llevar a cabo el cálculo del número de paneles solares necesarios
- Promediar el consumo de kWh total en la lavandería
- Analizar los costos del sistema completo, ya sea mediante portales de internet oficiales o yendo a tiendas físicas para una comparación real de los precios

- Determinar la potencia fotovoltaica necesaria para cubrir la demanda diaria requerida por los equipos de lavandería
- Calcular el tiempo de retorno de la inversión inicial
- Estimar un valor presente neto del sistema interconectado
- Valorar qué porcentaje de energía se ahorraría después de una posible implementación de paneles
- Enlistar los beneficios de un sistema fotovoltaico interconectado a la red
- Enumerar las posibles desventajas de este proyecto

RESULTADOS, CONCLUSIONES Y ANÁLISIS

A manera de conclusión, una posible implementación de un sistema fotovoltaico en el Hotel Princess Mundo Imperial sería una inversión rentable y sostenible que permitiría reducir costos y disminuir la huella de carbono. A través de la instalación de paneles solares, el hotel podría satisfacer sus necesidades energéticas y promover prácticas responsables con el medio ambiente, lo que a su vez podría atraer huéspedes conscientes del cambio climático y comprometidos con la sostenibilidad. Si bien la utilización de la energía solar en hoteles puede requerir una inversión inicial significativa, los beneficios económicos y ambientales a largo plazo son indiscutibles.

Los resultados presumibles para la ejecución de esta propuesta son los siguientes:

- Reducción de costos de energía: La instalación del sistema fotovoltaico puede disminuir significativamente los costos destinados a la energía eléctrica del hotel, ya que dependerá menos de la red eléctrica y podrá producir energía suficiente para cubrir sus necesidades, que en este caso es mantener a flote el área de lavandería.
- Disminución de la huella de carbono: Al utilizar energía solar en lugar de energía proveniente de combustibles fósiles, el hotel puede acortar su huella de carbono y contribuir a la lucha contra el cambio climático.
- Mayor atractivo para los huéspedes: Como ya se mencionó, los huéspedes conscientes del medio ambiente pueden optar por alojarse en un hotel que aprovecha energía solar, lo que puede aumentar su ocupación y su reputación.
- Retorno de inversión: A largo plazo, la inversión en un sistema fotovoltaico puede tener un retorno económico, ya que se reducen los costos de energía

y se podrían obtener incentivos gubernamentales. Además, un sistema solar puede tener una vida útil prolongada y requerir poco mantenimiento.

En general, el empleo de un sistema fotovoltaico puede tener diversos resultados positivos en un hotel, tanto en términos económicos como ambientales y de imagen pública.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Mundo Imperial Hotels & Resorts | Distrito Riviera Diamante, Acapulco
- Ecoteca UNAM | Paneles fotovoltaicos
- Solats | Energía solar fotovoltaica para lavanderías industriales | Blog 2019
- Fichas Empresariales AutoQro 2021.08.18
- Luis Ángel Agejas Domínguez. Biocombustibles; Utilización de los aceites vegetales como energía renovable, 1ª Ed. Editorial: MAPA. 1996.
- Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias. SEPI-ESIME-IPN, México, 1999.
- Conversatorio virtual. México, tendencias de las energías fotovoltaicas. Festival El Aleph, 2022.
- S. Brown. Guía práctica para estimular la biomasa forestal. Edita: FAO. 1997.
- Gutiérrez Ávila, J. (2019). Dimensionamiento e instalación de los sistemas fotovoltaicos autónomos e interconectados a la red. SEP-TecNM.
- Staff, R. /. (2019, 31 de mayo). Cuesta 4.3% del PIB deterioro ambiental. MURAL.
- Especial Emergencia Climática: Chinampas agrovoltaicas, impulsar la agricultura y la energía solar. (s.f.). Ciencia UNAM.
- Chiles serranos y paneles solares. Primeras experiencias entre la agricultura y la fotovoltaica en México. (s.f.). pv magazine México.

ANEXOS

- a) Lecturas del consumo de cada mes del año 2022 del Hotel Princess Mundo Imperial

- b) Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico propuesto

- c) Especificaciones técnicas del inversor seleccionado

- d) Especificaciones técnicas de la placa solar seleccionada

- e) Presupuesto económico

- f) Retorno de inversión (ROI)

a)

| Enero | LECTURAS | CONSUMO KWH | LECTURAS | CONSUMO KWH | Consumo Total Diario | |
|--------------|------------------------|--------------------|------------------|--------------------|-----------------------------|---------------|
| Días | Maq. Lavandería | | Alumbrado | | | |
| 1 | 2,786,822 | 1,375 | 592,799 | 272 | 1 | 1,647 |
| 2 | 2,788,197 | 1,475 | 593,071 | 299 | 2 | 1,774 |
| 3 | 2,789,672 | 1,459 | 593,370 | 279 | 3 | 1,738 |
| 4 | 2,791,131 | 1,209 | 593,649 | 304 | 4 | 1,513 |
| 5 | 2,792,340 | 1,302 | 593,953 | 318 | 5 | 1,620 |
| 6 | 2,793,642 | 990 | 594,271 | 258 | 6 | 1,248 |
| 7 | 2,794,632 | 1,037 | 594,529 | 272 | 7 | 1,309 |
| 8 | 2,795,669 | 1,220 | 594,801 | 313 | 8 | 1,533 |
| 9 | 2,796,889 | 1,275 | 595,114 | 306 | 9 | 1,581 |
| 10 | 2,798,164 | 1,140 | 595,420 | 311 | 10 | 1,451 |
| 11 | 2,799,304 | 1,283 | 595,731 | 269 | 11 | 1,552 |
| 12 | 2,800,587 | 994 | 596,000 | 212 | 12 | 1,206 |
| 13 | 2,801,581 | 994 | 596,212 | 244 | 13 | 1,238 |
| 14 | 2,802,575 | 961 | 596,456 | 243 | 14 | 1,204 |
| 15 | 2,803,536 | 1,176 | 596,699 | 246 | 15 | 1,422 |
| 16 | 2,804,712 | 1,169 | 596,945 | 247 | 16 | 1,416 |
| 17 | 2,805,881 | 1,253 | 597,192 | 244 | 17 | 1,497 |
| 18 | 2,807,134 | 1,112 | 597,436 | 233 | 18 | 1,345 |
| 19 | 2,808,246 | 971 | 597,669 | 247 | 19 | 1,218 |
| 20 | 2,809,217 | 1,000 | 597,916 | 237 | 20 | 1,237 |
| 21 | 2,810,217 | 938 | 598,153 | 277 | 21 | 1,215 |
| 22 | 2,811,155 | 1,079 | 598,430 | 249 | 22 | 1,328 |
| 23 | 2,812,234 | 1,263 | 598,679 | 247 | 23 | 1,510 |
| 24 | 2,813,497 | 1,034 | 598,926 | 242 | 24 | 1,276 |
| 25 | 2,814,531 | 927 | 599,168 | 226 | 25 | 1,153 |
| 26 | 2,815,458 | 923 | 599,394 | 240 | 26 | 1,163 |
| 27 | 2,816,381 | 1,095 | 599,634 | 224 | 27 | 1,319 |
| 28 | 2,817,476 | 1,243 | 599,858 | 264 | 28 | 1,507 |
| 29 | 2,818,719 | 1,290 | 600,122 | 255 | 29 | 1,545 |
| 30 | 2,820,009 | 1,216 | 600,377 | 241 | 30 | 1,457 |
| 31 | 2,821,225 | 1,128 | 600,618 | 225 | 31 | 1,353 |
| 1 | 2,822,353 | | 600,843 | | 1 | |
| | | 35,531 | | 8,044 | | 43,575 |

| Febrero | LECTURAS | CONSUMO KWH | LECTURAS | CONSUMO KWH | Consumo Total Diario | |
|---------|-----------------|-------------|-----------|-------------|----------------------|--------|
| Dias | Maq. Lavandería | | Alumbrado | | | |
| 1 | 2,822,353 | 909 | 600,843 | 198 | 1 | 1,107 |
| 2 | 2,823,262 | 602 | 601,041 | 140 | 2 | 742 |
| 3 | 2,823,864 | 1,024 | 601,181 | 207 | 3 | 1,231 |
| 4 | 2,824,888 | 971 | 601,388 | 264 | 4 | 1,235 |
| 5 | 2,825,859 | 1,104 | 601,652 | 272 | 5 | 1,376 |
| 6 | 2,826,963 | 971 | 601,924 | 204 | 6 | 1,175 |
| 7 | 2,827,934 | 1,258 | 602,128 | 281 | 7 | 1,539 |
| 8 | 2,829,192 | 1,065 | 602,409 | 244 | 8 | 1,309 |
| 9 | 2,830,257 | 1,056 | 602,653 | 237 | 9 | 1,293 |
| 10 | 2,831,313 | 940 | 602,890 | 200 | 10 | 1,140 |
| 11 | 2,832,253 | 1,019 | 603,090 | 233 | 11 | 1,252 |
| 12 | 2,833,272 | 1,263 | 603,323 | 292 | 12 | 1,555 |
| 13 | 2,834,535 | 1,233 | 603,615 | 259 | 13 | 1,492 |
| 14 | 2,835,768 | 1,186 | 603,874 | 233 | 14 | 1,419 |
| 15 | 2,836,954 | 1,079 | 604,107 | 266 | 15 | 1,345 |
| 16 | 2,838,033 | 748 | 604,373 | 278 | 16 | 1,026 |
| 17 | 2,838,781 | 1,120 | 604,651 | 240 | 17 | 1,360 |
| 18 | 2,839,901 | 1,212 | 604,891 | 266 | 18 | 1,478 |
| 19 | 2,841,113 | 1,173 | 605,157 | 280 | 19 | 1,453 |
| 20 | 2,842,286 | 1,214 | 605,437 | 275 | 20 | 1,489 |
| 21 | 2,843,500 | 1,217 | 605,712 | 286 | 21 | 1,503 |
| 22 | 2,844,717 | 1,335 | 605,998 | 314 | 22 | 1,649 |
| 23 | 2,846,052 | 1,294 | 606,312 | 279 | 23 | 1,573 |
| 24 | 2,847,346 | 1,223 | 606,591 | 292 | 24 | 1,515 |
| 25 | 2,848,569 | 1,275 | 606,883 | 274 | 25 | 1,549 |
| 26 | 2,849,844 | 1,404 | 607,157 | 271 | 26 | 1,675 |
| 27 | 2,851,248 | 1,089 | 607,428 | 229 | 27 | 1,318 |
| 28 | 2,852,337 | 1,259 | 607,657 | 222 | 28 | 1,481 |
| 1 | 2,853,596 | | 607,879 | | | |
| | | 31,243 | | 7,036 | | 38,279 |

| Marzo | LECTURAS | CONSUMO KWH | LECTURAS | CONSUMO KWH | Consumo Total Diario | |
|-------|-----------------|-------------|-----------|-------------|----------------------|--------|
| Dias | Maq. Lavandería | | Alumbrado | | | |
| 1 | 2,853,596 | 960 | 607,879 | 259 | 1 | 1,219 |
| 2 | 2,854,556 | 860 | 608,138 | 203 | 2 | 1,063 |
| 3 | 2,855,416 | 911 | 608,341 | 243 | 3 | 1,154 |
| 4 | 2,856,327 | 1,073 | 608,584 | 298 | 4 | 1,371 |
| 5 | 2,857,400 | 1,200 | 608,882 | 248 | 5 | 1,448 |
| 6 | 2,858,600 | 1,212 | 609,130 | 233 | 6 | 1,445 |
| 7 | 2,859,812 | 1,050 | 609,363 | 225 | 7 | 1,275 |
| 8 | 2,860,862 | 1,162 | 609,588 | 260 | 8 | 1,422 |
| 9 | 2,862,024 | 1,110 | 609,848 | 247 | 9 | 1,357 |
| 10 | 2,863,134 | 1,176 | 610,095 | 264 | 10 | 1,440 |
| 11 | 2,864,310 | 1,141 | 610,359 | 281 | 11 | 1,422 |
| 12 | 2,865,451 | 1,306 | 610,640 | 261 | 12 | 1,567 |
| 13 | 2,866,757 | 1,234 | 610,901 | 243 | 13 | 1,477 |
| 14 | 2,867,991 | 1,312 | 611,144 | 237 | 14 | 1,549 |
| 15 | 2,869,303 | 1,060 | 611,381 | 244 | 15 | 1,304 |
| 16 | 2,870,363 | 932 | 611,625 | 207 | 16 | 1,139 |
| 17 | 2,871,295 | 852 | 611,832 | 211 | 17 | 1,063 |
| 18 | 2,872,147 | 1,051 | 612,043 | 242 | 18 | 1,293 |
| 19 | 2,873,198 | 1,248 | 612,285 | 242 | 19 | 1,490 |
| 20 | 2,874,446 | 1,342 | 612,527 | 249 | 20 | 1,591 |
| 21 | 2,875,788 | 1,390 | 612,776 | 272 | 21 | 1,662 |
| 22 | 2,877,178 | 1,390 | 613,048 | 272 | 22 | 1,662 |
| 23 | 2,878,568 | 1,199 | 613,320 | 282 | 23 | 1,481 |
| 24 | 2,879,767 | 1,158 | 613,602 | 275 | 24 | 1,433 |
| 25 | 2,880,925 | 1,179 | 613,877 | 282 | 25 | 1,461 |
| 26 | 2,882,104 | 1,303 | 614,159 | 268 | 26 | 1,571 |
| 27 | 2,883,407 | 1,201 | 614,427 | 259 | 27 | 1,460 |
| 28 | 2,884,608 | 1,156 | 614,686 | 239 | 28 | 1,395 |
| 29 | 2,885,764 | 1,048 | 614,925 | 214 | 29 | 1,262 |
| 30 | 2,886,812 | 792 | 615,139 | 233 | 30 | 1,025 |
| 31 | 2,887,604 | 776 | 615,372 | 222 | 31 | 998 |
| | 2,888,380 | | 615,594 | | 1 | |
| | | 34,784 | | 7,715 | | 42,499 |

| Abril | LECTURAS | CONSUMO KWH | LECTURAS | CONSUMO KWH | Consumo Total Diario | |
|-------|-----------------|-------------|-----------|-------------|----------------------|--------|
| Dias | Maq. Lavandería | | Alumbrado | | | |
| 1 | 2,888,380 | 1,227 | 615,594 | 213 | 1 | 1,440 |
| 2 | 2,889,607 | 1,196 | 615,807 | 258 | 2 | 1,454 |
| 3 | 2,890,803 | 1,278 | 616,065 | 229 | 3 | 1,507 |
| 4 | 2,892,081 | 1,194 | 616,294 | 230 | 4 | 1,424 |
| 5 | 2,893,275 | 993 | 616,524 | 219 | 5 | 1,212 |
| 6 | 2,894,268 | 827 | 616,743 | 230 | 6 | 1,057 |
| 7 | 2,895,095 | 998 | 616,973 | 218 | 7 | 1,216 |
| 8 | 2,896,093 | 1,216 | 617,191 | 251 | 8 | 1,467 |
| 9 | 2,897,309 | 1,314 | 617,442 | 274 | 9 | 1,588 |
| 10 | 2,898,623 | 1,260 | 617,716 | 272 | 10 | 1,532 |
| 11 | 2,899,883 | 1,247 | 617,988 | 265 | 11 | 1,512 |
| 12 | 2,901,130 | 1,250 | 618,253 | 254 | 12 | 1,504 |
| 13 | 2,902,380 | 1,281 | 618,507 | 259 | 13 | 1,540 |
| 14 | 2,903,661 | 1,304 | 618,766 | 251 | 14 | 1,555 |
| 15 | 2,904,965 | 1,394 | 619,017 | 301 | 15 | 1,695 |
| 16 | 2,906,359 | 1,426 | 619,318 | 348 | 16 | 1,774 |
| 17 | 2,907,785 | 1,416 | 619,666 | 267 | 17 | 1,683 |
| 18 | 2,909,201 | 1,342 | 619,933 | 277 | 18 | 1,619 |
| 19 | 2,910,543 | 1,397 | 620,210 | 273 | 19 | 1,670 |
| 20 | 2,911,940 | 1,408 | 620,483 | 259 | 20 | 1,667 |
| 21 | 2,913,348 | 1,364 | 620,742 | 294 | 21 | 1,658 |
| 22 | 2,914,712 | 1,468 | 621,036 | 263 | 22 | 1,731 |
| 23 | 2,916,180 | 1,479 | 621,299 | 242 | 23 | 1,721 |
| 24 | 2,917,659 | 1,523 | 621,541 | 273 | 24 | 1,796 |
| 25 | 2,919,182 | 1,359 | 621,814 | 253 | 25 | 1,612 |
| 26 | 2,920,541 | 1,199 | 622,067 | 244 | 26 | 1,443 |
| 27 | 2,921,740 | 1,225 | 622,311 | 220 | 27 | 1,445 |
| 28 | 2,922,965 | 1,134 | 622,531 | 255 | 28 | 1,389 |
| 29 | 2,924,099 | 1,460 | 622,786 | 271 | 29 | 1,731 |
| 30 | 2,925,559 | 1,458 | 623,057 | 511 | 30 | 1,969 |
| 1 | 2,927,017 | | 623,568 | | 31 | |
| 1 | 2,822,353 | | 600,843 | | 1 | |
| | | 38,637 | | 7,974 | | 46,611 |

| Mayo | LECTURAS | CONSUMO KWH | LECTURAS | CONSUMO KWH | Consumo Total Diario | |
|------|-----------------|-------------|-----------|-------------|----------------------|--------|
| Dias | Maq. Lavandería | | Alumbrado | | | |
| 1 | 2,927,017 | 1,419 | 623,309 | 259 | 1 | 1,678 |
| 2 | 2,928,436 | 1,369 | 623,568 | 232 | 2 | 1,601 |
| 3 | 2,929,805 | 1,302 | 623,800 | 288 | 3 | 1,590 |
| 4 | 2,931,107 | 1,175 | 624,088 | 288 | 4 | 1,463 |
| 5 | 2,932,282 | 1,442 | 624,376 | 283 | 5 | 1,725 |
| 6 | 2,933,724 | 1,899 | 624,659 | 462 | 6 | 2,361 |
| 7 | 2,935,623 | 926 | 625,121 | 65 | 7 | 991 |
| 8 | 2,936,549 | 1,582 | 625,186 | 263 | 8 | 1,845 |
| 9 | 2,938,131 | 1,329 | 625,449 | 259 | 9 | 1,588 |
| 10 | 2,939,460 | 1,205 | 625,708 | 253 | 10 | 1,458 |
| 11 | 2,940,665 | 1,110 | 625,961 | 225 | 11 | 1,335 |
| 12 | 2,941,775 | 1,276 | 626,186 | 253 | 12 | 1,529 |
| 13 | 2,943,051 | 1,411 | 626,439 | 270 | 13 | 1,681 |
| 14 | 2,944,462 | 1,282 | 626,709 | 280 | 14 | 1,562 |
| 15 | 2,945,744 | 1,356 | 626,989 | 290 | 15 | 1,646 |
| 16 | 2,947,100 | 1,012 | 627,279 | 244 | 16 | 1,256 |
| 17 | 2,948,112 | 1,646 | 627,523 | 338 | 17 | 1,984 |
| 18 | 2,949,758 | 1,081 | 627,861 | 260 | 18 | 1,341 |
| 19 | 2,950,839 | 1,345 | 628,121 | 259 | 19 | 1,604 |
| 20 | 2,952,184 | 1,445 | 628,380 | 312 | 20 | 1,757 |
| 21 | 2,953,629 | 1,551 | 628,692 | 312 | 21 | 1,863 |
| 22 | 2,955,180 | 1,551 | 629,004 | 289 | 22 | 1,840 |
| 23 | 2,956,731 | 1,461 | 629,293 | 266 | 23 | 1,727 |
| 24 | 2,958,192 | 1,152 | 629,559 | 270 | 24 | 1,422 |
| 25 | 2,959,344 | 1,633 | 629,829 | 332 | 25 | 1,965 |
| 26 | 2,960,977 | 1,131 | 630,161 | 290 | 26 | 1,421 |
| 27 | 2,962,108 | 929 | 630,451 | 224 | 27 | 1,153 |
| 28 | 2,963,037 | 1,176 | 630,675 | 242 | 28 | 1,418 |
| 29 | 2,964,213 | 1,559 | 630,917 | 262 | 29 | 1,821 |
| 30 | 2,965,772 | 1,526 | 631,179 | 265 | 30 | 1,791 |
| 31 | 2,967,298 | 1,079 | 631,444 | 278 | 31 | 1,357 |
| | 2,968,377 | | 631,722 | | 1 | 0 |
| | | 41,360 | | 8,413 | | 49,773 |

| Junio | LECTURAS | CONSUMO KWH | LECTURAS | CONSUMO KWH | Consumo Total Diario | |
|-------|-----------------|-------------|-----------|-------------|----------------------|--------|
| Dias | Maq. Lavandería | | Alumbrado | | | |
| 1 | 2,968,377 | 1,125 | 631,722 | 244 | 1 | 1,369 |
| 2 | 2,969,502 | 1,250 | 631,966 | 293 | 2 | 1,543 |
| 3 | 2,970,752 | 1,338 | 632,259 | 291 | 3 | 1,629 |
| 4 | 2,972,090 | 1,503 | 632,550 | 211 | 4 | 1,714 |
| 5 | 2,973,593 | 1,605 | 632,761 | 254 | 5 | 1,859 |
| 6 | 2,975,198 | 1,493 | 633,015 | 217 | 6 | 1,710 |
| 7 | 2,976,691 | 1,101 | 633,232 | 283 | 7 | 1,384 |
| 8 | 2,977,792 | 1,155 | 633,515 | 263 | 8 | 1,418 |
| 9 | 2,978,947 | 1,210 | 633,778 | 260 | 9 | 1,470 |
| 10 | 2,980,157 | 1,190 | 634,038 | 293 | 10 | 1,483 |
| 11 | 2,981,347 | 1,295 | 634,331 | 270 | 11 | 1,565 |
| 12 | 2,982,642 | 1,290 | 634,601 | 255 | 12 | 1,545 |
| 13 | 2,983,932 | 1,234 | 634,856 | 236 | 13 | 1,470 |
| 14 | 2,985,166 | 1,108 | 635,092 | 217 | 14 | 1,325 |
| 15 | 2,986,274 | 881 | 635,309 | 214 | 15 | 1,095 |
| 16 | 2,987,155 | 807 | 635,523 | 260 | 16 | 1,067 |
| 17 | 2,987,962 | 1,166 | 635,783 | 216 | 17 | 1,382 |
| 18 | 2,989,128 | 1,290 | 635,999 | 245 | 18 | 1,535 |
| 19 | 2,990,418 | 1,375 | 636,244 | 259 | 19 | 1,634 |
| 20 | 2,991,793 | 908 | 636,503 | 179 | 20 | 1,087 |
| 21 | 2,992,701 | 977 | 636,682 | 245 | 21 | 1,222 |
| 22 | 2,993,678 | 1,449 | 636,927 | 261 | 22 | 1,710 |
| 23 | 2,995,127 | 1,293 | 637,188 | 219 | 23 | 1,512 |
| 24 | 2,996,420 | 1,197 | 637,407 | 293 | 24 | 1,490 |
| 25 | 2,997,617 | 1,369 | 637,700 | 262 | 25 | 1,631 |
| 26 | 2,998,986 | 1,275 | 637,962 | 258 | 26 | 1,533 |
| 27 | 3,000,261 | 1,380 | 638,220 | 243 | 27 | 1,623 |
| 28 | 3,001,641 | 1,168 | 638,463 | 276 | 28 | 1,444 |
| 29 | 3,002,809 | 1,092 | 638,739 | 273 | 29 | 1,365 |
| 30 | 3,003,901 | 1,318 | 639,012 | 537 | 30 | 1,855 |
| 31 | 3,005,219 | | 639,549 | | 31 | 0 |
| | | | | | 1 | 0 |
| | | 36,842 | | 7,827 | | 44,669 |

| Julio | LECTURAS | CONSUMO KWH | LECTURAS | CONSUMO KWH | Consumo Total Diario | |
|-------|-----------------|-------------|-----------|-------------|----------------------|--------|
| Dias | Maq. Lavandería | | Alumbrado | | | |
| 1 | 3,005,219 | 1,176 | 639,274 | 275 | 1 | 1,451 |
| 2 | 3,006,395 | 1,242 | 639,549 | 240 | 2 | 1,482 |
| 3 | 3,007,637 | 1,170 | 639,789 | 279 | 3 | 1,449 |
| 4 | 3,008,807 | 1,264 | 640,068 | 257 | 4 | 1,521 |
| 5 | 3,010,071 | 1,191 | 640,325 | 272 | 5 | 1,463 |
| 6 | 3,011,262 | 1,202 | 640,597 | 247 | 6 | 1,449 |
| 7 | 3,012,464 | 1,385 | 640,844 | 261 | 7 | 1,646 |
| 8 | 3,013,849 | 1,287 | 641,105 | 257 | 8 | 1,544 |
| 9 | 3,015,136 | 1,392 | 641,362 | 265 | 9 | 1,657 |
| 10 | 3,016,528 | 1,571 | 641,627 | 291 | 10 | 1,862 |
| 11 | 3,018,099 | 1,476 | 641,918 | 307 | 11 | 1,783 |
| 12 | 3,019,575 | 1,026 | 642,225 | 261 | 12 | 1,287 |
| 13 | 3,020,601 | 1,427 | 642,486 | 257 | 13 | 1,684 |
| 14 | 3,022,028 | 1,431 | 642,743 | 224 | 14 | 1,655 |
| 15 | 3,023,459 | 1,352 | 642,967 | 255 | 15 | 1,607 |
| 16 | 3,024,811 | 1,431 | 643,222 | 262 | 16 | 1,693 |
| 17 | 3,026,242 | 1,541 | 643,484 | 282 | 17 | 1,823 |
| 18 | 3,027,783 | 1,461 | 643,766 | 267 | 18 | 1,728 |
| 19 | 3,029,244 | 1,499 | 644,033 | 283 | 19 | 1,782 |
| 20 | 3,030,743 | 1,417 | 644,316 | 261 | 20 | 1,678 |
| 21 | 3,032,160 | 1,592 | 644,577 | 308 | 21 | 1,900 |
| 22 | 3,033,752 | 1,466 | 644,885 | 276 | 22 | 1,742 |
| 23 | 3,035,218 | 1,733 | 645,161 | 297 | 23 | 2,030 |
| 24 | 3,036,951 | 1,614 | 645,458 | 288 | 24 | 1,902 |
| 25 | 3,038,565 | 1,611 | 645,746 | 267 | 25 | 1,878 |
| 26 | 3,040,176 | 1,536 | 646,013 | 319 | 26 | 1,855 |
| 27 | 3,041,712 | 1,250 | 646,332 | 288 | 27 | 1,538 |
| 28 | 3,042,962 | 1,511 | 646,620 | 301 | 28 | 1,812 |
| 29 | 3,044,473 | 1,683 | 646,921 | 281 | 29 | 1,964 |
| 30 | 3,046,156 | 1,654 | 647,202 | 319 | 30 | 1,973 |
| 31 | 3,047,810 | 1,796 | 647,521 | 323 | 31 | 2,119 |
| | 3,049,606 | | 647,844 | | 1 | 0 |
| | | 44,387 | | 8,570 | | 52,957 |

| Agosto | LECTURAS | CONSUMO KWH | LECTURAS | CONSUMO KWH | Consumo Total Diario | |
|--------|-----------------|-------------|-----------|-------------|----------------------|--------|
| Dias | Maq. Lavandería | | Alumbrado | | | |
| 1 | 3,049,606 | 1,752 | 647,844 | 305 | 1 | 2,057 |
| 2 | 3,051,358 | 1,674 | 648,149 | 282 | 2 | 1,956 |
| 3 | 3,053,032 | 1,645 | 648,431 | 296 | 3 | 1,941 |
| 4 | 3,054,677 | 1,645 | 648,727 | 316 | 4 | 1,961 |
| 5 | 3,056,322 | 1,683 | 649,043 | 315 | 5 | 1,998 |
| 6 | 3,058,005 | 1,665 | 649,358 | 304 | 6 | 1,969 |
| 7 | 3,059,670 | 1,735 | 649,662 | 344 | 7 | 2,079 |
| 8 | 3,061,405 | 1,610 | 650,006 | 305 | 8 | 1,915 |
| 9 | 3,063,015 | 1,549 | 650,311 | 297 | 9 | 1,846 |
| 10 | 3,064,564 | 1,374 | 650,608 | 278 | 10 | 1,652 |
| 11 | 3,065,938 | 1,477 | 650,886 | 291 | 11 | 1,768 |
| 12 | 3,067,415 | 1,581 | 651,177 | 335 | 12 | 1,916 |
| 13 | 3,068,996 | 1,613 | 651,512 | 294 | 13 | 1,907 |
| 14 | 3,070,609 | 1,407 | 651,806 | 320 | 14 | 1,727 |
| 15 | 3,072,016 | 1,454 | 652,126 | 322 | 15 | 1,776 |
| 16 | 3,073,470 | 1,458 | 652,448 | 277 | 16 | 1,735 |
| 17 | 3,074,928 | 1,335 | 652,725 | 276 | 17 | 1,611 |
| 18 | 3,076,263 | 1,277 | 653,001 | 274 | 18 | 1,551 |
| 19 | 3,077,540 | 1,543 | 653,275 | 310 | 19 | 1,853 |
| 20 | 3,079,083 | 1,559 | 653,585 | 326 | 20 | 1,885 |
| 21 | 3,080,642 | 1,542 | 653,911 | 319 | 21 | 1,861 |
| 22 | 3,082,184 | 1,368 | 654,230 | 261 | 22 | 1,629 |
| 23 | 3,083,552 | 1,261 | 654,491 | 301 | 23 | 1,562 |
| 24 | 3,084,813 | 1,227 | 654,792 | 276 | 24 | 1,503 |
| 25 | 3,086,040 | 1,266 | 655,068 | 296 | 25 | 1,562 |
| 26 | 3,087,306 | 1,367 | 655,364 | 273 | 26 | 1,640 |
| 27 | 3,088,673 | 1,419 | 655,637 | 316 | 27 | 1,735 |
| 28 | 3,090,092 | 1,403 | 655,953 | 305 | 28 | 1,708 |
| 29 | 3,091,495 | 1,448 | 656,258 | 301 | 29 | 1,749 |
| 30 | 3,092,943 | 1,473 | 656,559 | 307 | 30 | 1,780 |
| 31 | 3,094,416 | 1,323 | 656,866 | 302 | 31 | 1,625 |
| | 3,095,739 | | 657,168 | | | 0 |
| | | 46,133 | | 9,324 | | 55,457 |

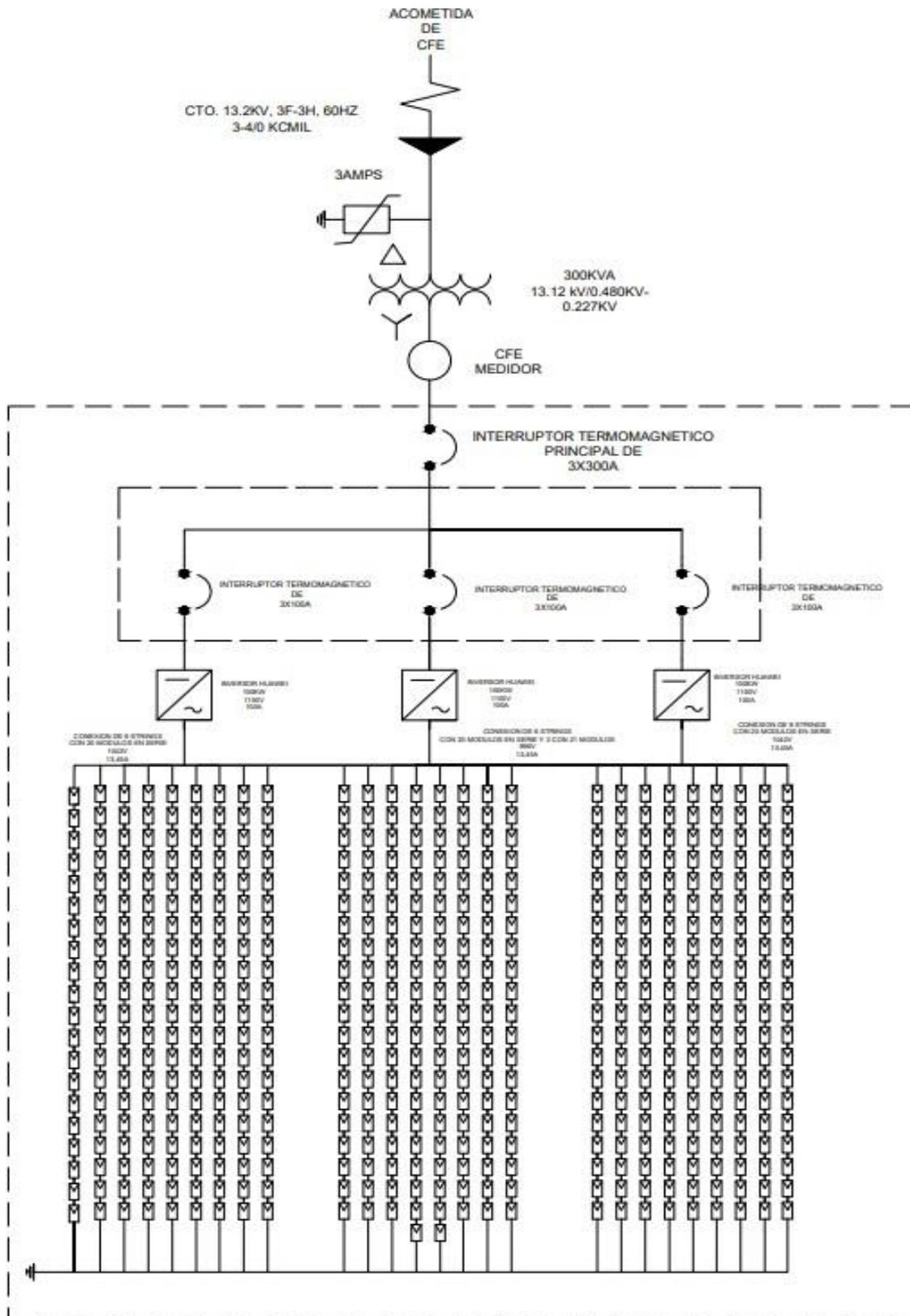
| Septiembre | LECTURAS | CONSUMO KWH | LECTURAS | CONSUMO KWH | Consumo Total Diario | |
|------------|-----------------|---------------|-----------|--------------|----------------------|---------------|
| Dias | Maq. Lavandería | | Alumbrado | | | |
| 1 | 3,095,739 | 1,329 | 657,168 | 280 | 1 | 1,609 |
| 2 | 3,097,068 | 1,273 | 657,448 | 276 | 2 | 1,549 |
| 3 | 3,098,341 | 1,244 | 657,724 | 308 | 3 | 1,552 |
| 4 | 3,099,585 | 666 | 658,032 | 284 | 4 | 950 |
| 5 | 3,100,251 | 1,975 | 658,316 | 266 | 5 | 2,241 |
| 6 | 3,102,226 | 1,111 | 658,582 | 248 | 6 | 1,359 |
| 7 | 3,103,337 | 1,288 | 658,830 | 284 | 7 | 1,572 |
| 8 | 3,104,625 | 1,218 | 659,114 | 224 | 8 | 1,442 |
| 9 | 3,105,843 | 1,189 | 659,338 | 263 | 9 | 1,452 |
| 10 | 3,107,032 | 1,239 | 659,601 | 275 | 10 | 1,514 |
| 11 | 3,108,271 | 1,272 | 659,876 | 285 | 11 | 1,557 |
| 12 | 3,109,543 | 1,147 | 660,161 | 245 | 12 | 1,392 |
| 13 | 3,110,690 | 1,151 | 660,406 | 216 | 13 | 1,367 |
| 14 | 3,111,841 | 1,244 | 660,622 | 242 | 14 | 1,486 |
| 15 | 3,113,085 | 1,083 | 660,864 | 238 | 15 | 1,321 |
| 16 | 3,114,168 | 1,470 | 661,102 | 278 | 16 | 1,748 |
| 17 | 3,115,638 | 1,443 | 661,380 | 272 | 17 | 1,715 |
| 18 | 3,117,081 | 1,327 | 661,652 | 227 | 18 | 1,554 |
| 19 | 3,118,408 | 1,256 | 661,879 | 219 | 19 | 1,475 |
| 20 | 3,119,664 | 237 | 662,098 | 150 | 20 | 387 |
| 21 | 3,119,901 | 1,227 | 662,248 | 213 | 21 | 1,440 |
| 22 | 3,121,128 | 965 | 662,461 | 263 | 22 | 1,228 |
| 23 | 3,122,093 | 1,042 | 662,724 | 259 | 23 | 1,301 |
| 24 | 3,123,135 | 1,241 | 662,983 | 283 | 24 | 1,524 |
| 25 | 3,124,376 | 1,215 | 663,266 | 270 | 25 | 1,485 |
| 26 | 3,125,591 | 1,209 | 663,536 | 264 | 26 | 1,473 |
| 27 | 3,126,800 | 176 | 663,800 | 141 | 27 | 317 |
| 28 | 3,126,976 | 1,036 | 663,941 | 247 | 28 | 1,283 |
| 29 | 3,128,012 | 874 | 664,188 | 279 | 29 | 1,153 |
| 30 | 3,128,886 | 200 | 664,467 | 123 | 30 | 323 |
| 31 | 3,129,086 | | 664,590 | | 1 | 0 |
| | | 33,347 | | 7,422 | | 40,769 |

| Octubre | LECTURAS | CONSUMO KWH | LECTURAS | CONSUMO KWH | Consumo Total Diario | |
|---------|-----------------|---------------|-----------|--------------|----------------------|---------------|
| Dias | Maq. Lavandería | | Alumbrado | | | |
| 1 | 3,129,126 | 1,128 | 664,608 | 246 | 1 | 1,374 |
| 2 | 3,130,254 | 1,217 | 664,854 | 253 | 2 | 1,470 |
| 3 | 3,131,471 | 1,121 | 665,107 | 275 | 3 | 1,396 |
| 4 | 3,132,592 | 226 | 665,382 | 153 | 4 | 379 |
| 5 | 3,132,818 | 1,147 | 665,535 | 250 | 5 | 1,397 |
| 6 | 3,133,965 | 1,135 | 665,785 | 259 | 6 | 1,394 |
| 7 | 3,135,100 | 956 | 666,044 | 258 | 7 | 1,214 |
| 8 | 3,136,056 | 755 | 666,302 | 222 | 8 | 977 |
| 9 | 3,136,811 | 1,187 | 666,524 | 225 | 9 | 1,412 |
| 10 | 3,137,998 | 947 | 666,749 | 266 | 10 | 1,213 |
| 11 | 3,138,945 | 299 | 667,015 | 139 | 11 | 438 |
| 12 | 3,139,244 | 988 | 667,154 | 241 | 12 | 1,229 |
| 13 | 3,140,232 | 925 | 667,395 | 266 | 13 | 1,191 |
| 14 | 3,141,157 | 1,092 | 667,661 | 282 | 14 | 1,374 |
| 15 | 3,142,249 | 1,226 | 667,943 | 262 | 15 | 1,488 |
| 16 | 3,143,475 | 1,379 | 668,205 | 247 | 16 | 1,626 |
| 17 | 3,144,854 | 1,205 | 668,452 | 271 | 17 | 1,476 |
| 18 | 3,146,059 | 1 | 668,723 | 1 | 18 | 2 |
| 19 | 3,146,060 | 1 | 668,724 | 1 | 19 | 2 |
| 20 | 3,146,061 | 2,183 | 668,725 | 653 | 20 | 2,836 |
| 21 | 3,148,244 | 1,263 | 669,378 | 266 | 21 | 1,529 |
| 22 | 3,149,507 | 1,179 | 669,644 | 278 | 22 | 1,457 |
| 23 | 3,150,686 | 1,195 | 669,922 | 268 | 23 | 1,463 |
| 24 | 3,151,881 | 319 | 670,190 | 159 | 24 | 478 |
| 25 | 3,152,200 | 1,372 | 670,349 | 263 | 25 | 1,635 |
| 26 | 3,153,572 | 1,172 | 670,612 | 238 | 26 | 1,410 |
| 27 | 3,154,744 | 1,102 | 670,850 | 276 | 27 | 1,378 |
| 28 | 3,155,846 | 1,313 | 671,126 | 265 | 28 | 1,578 |
| 29 | 3,157,159 | 1,188 | 671,391 | 273 | 29 | 1,461 |
| 30 | 3,158,347 | 1,085 | 671,664 | 284 | 30 | 1,369 |
| 31 | 3,159,432 | | 671,948 | | 1 | 0 |
| | | 30,306 | | 7,340 | 1 | 37,646 |

| Noviembre | LECTURAS | CONSUMO KWH | LECTURAS | CONSUMO KWH | Consumo Total Diario | |
|-----------|-----------------|---------------|-----------|--------------|----------------------|---------------|
| Dias | Maq. Lavandería | | Alumbrado | | | |
| 1 | 3,160,648 | 1,183 | 672,247 | 256 | 1 | 1,439 |
| 2 | 3,161,831 | 1,219 | 672,503 | 248 | 2 | 1,467 |
| 3 | 3,163,050 | 1,286 | 672,751 | 286 | 3 | 1,572 |
| 4 | 3,164,336 | 1,140 | 673,037 | 277 | 4 | 1,417 |
| 5 | 3,165,476 | 1,225 | 673,314 | 291 | 5 | 1,516 |
| 6 | 3,166,701 | 1,275 | 673,605 | 282 | 6 | 1,557 |
| 7 | 3,167,976 | 1,055 | 673,887 | 314 | 7 | 1,369 |
| 8 | 3,169,031 | 986 | 674,201 | 228 | 8 | 1,214 |
| 9 | 3,170,017 | 1,111 | 674,429 | 259 | 9 | 1,370 |
| 10 | 3,171,128 | 1,313 | 674,688 | 257 | 10 | 1,570 |
| 11 | 3,172,441 | 1,208 | 674,945 | 249 | 11 | 1,457 |
| 12 | 3,173,649 | 1,131 | 675,194 | 281 | 12 | 1,412 |
| 13 | 3,174,780 | 1,182 | 675,475 | 270 | 13 | 1,452 |
| 14 | 3,175,962 | 1,026 | 675,745 | 270 | 14 | 1,296 |
| 15 | 3,176,988 | 1,086 | 676,015 | 302 | 15 | 1,388 |
| 16 | 3,178,074 | 1,054 | 676,317 | 257 | 16 | 1,311 |
| 17 | 3,179,128 | 1,012 | 676,574 | 245 | 17 | 1,257 |
| 18 | 3,180,140 | 956 | 676,819 | 303 | 18 | 1,259 |
| 19 | 3,181,096 | 1,083 | 677,122 | 303 | 19 | 1,386 |
| 20 | 3,182,179 | 1,174 | 677,425 | 230 | 20 | 1,404 |
| 21 | 3,183,353 | 1,317 | 677,655 | 282 | 21 | 1,599 |
| 22 | 3,184,670 | 934 | 677,937 | 238 | 22 | 1,172 |
| 23 | 3,185,604 | 895 | 678,175 | 231 | 23 | 1,126 |
| 24 | 3,186,499 | 948 | 678,406 | 207 | 24 | 1,155 |
| 25 | 3,187,447 | 998 | 678,613 | 227 | 25 | 1,225 |
| 26 | 3,188,445 | 1,179 | 678,840 | 273 | 26 | 1,452 |
| 27 | 3,189,624 | 1,167 | 679,113 | 232 | 27 | 1,399 |
| 28 | 3,190,791 | 1,073 | 679,345 | 272 | 28 | 1,345 |
| 29 | 3,191,864 | 828 | 679,617 | 259 | 29 | 1,087 |
| 30 | 3,192,692 | | 679,876 | | 30 | 0 |
| 1 | | | | | 1 | 0 |
| | | | | | 1 | 0 |
| | | 32,044 | | 7,629 | | 39,673 |

| Diciembre | LECTURAS | CONSUMO KWH | LECTURAS | CONSUMO KWH | Consumo Total Diario | |
|-----------|-----------------|-------------|-----------|-------------|----------------------|--------|
| Dias | Maq. Lavandería | | Alumbrado | | | |
| 1 | 3,193,520 | 723 | 680,128 | 257 | 1 | 980 |
| 2 | 3,194,243 | 751 | 680,385 | 286 | 2 | 1,037 |
| 3 | 3,194,994 | 1,088 | 680,671 | 239 | 3 | 1,327 |
| 4 | 3,196,082 | 1,352 | 680,910 | 271 | 4 | 1,623 |
| 5 | 3,197,434 | 972 | 681,181 | 263 | 5 | 1,235 |
| 6 | 3,198,406 | 967 | 681,444 | 255 | 6 | 1,222 |
| 7 | 3,199,373 | 940 | 681,699 | 253 | 7 | 1,193 |
| 8 | 3,200,313 | 995 | 681,952 | 255 | 8 | 1,250 |
| 9 | 3,201,308 | 1,075 | 682,207 | 240 | 9 | 1,315 |
| 10 | 3,202,383 | 1,379 | 682,447 | 241 | 10 | 1,620 |
| 11 | 3,203,762 | 1,292 | 682,688 | 274 | 11 | 1,566 |
| 12 | 3,205,054 | 1,551 | 682,962 | 283 | 12 | 1,834 |
| 13 | 3,206,605 | 1,196 | 683,245 | 264 | 13 | 1,460 |
| 14 | 3,207,801 | 644 | 683,509 | 155 | 14 | 799 |
| 15 | 3,208,445 | 1,262 | 683,664 | 285 | 15 | 1,547 |
| 16 | 3,209,707 | 1,283 | 683,949 | 298 | 16 | 1,581 |
| 17 | 3,210,990 | 1,359 | 684,247 | 269 | 17 | 1,628 |
| 18 | 3,212,349 | 1,201 | 684,516 | 263 | 18 | 1,464 |
| 19 | 3,213,550 | 1,236 | 684,779 | 290 | 19 | 1,526 |
| 20 | 3,214,786 | 1,291 | 685,069 | 269 | 20 | 1,560 |
| 21 | 3,216,077 | 1,297 | 685,338 | 268 | 21 | 1,565 |
| 22 | 3,217,374 | 1,415 | 685,606 | 268 | 22 | 1,683 |
| 23 | 3,218,789 | 1,520 | 685,874 | 251 | 23 | 1,771 |
| 24 | 3,220,309 | 1,544 | 686,125 | 282 | 24 | 1,826 |
| 25 | 3,221,853 | 1,475 | 686,407 | 275 | 25 | 1,750 |
| 26 | 3,223,328 | 1,617 | 686,682 | 259 | 26 | 1,876 |
| 27 | 3,224,945 | 1,602 | 686,941 | 268 | 27 | 1,870 |
| 28 | 3,226,547 | 1,759 | 687,209 | 275 | 28 | 2,034 |
| 29 | 3,228,306 | 1,682 | 687,484 | 265 | 29 | 1,947 |
| 30 | 3,229,988 | 1,860 | 687,749 | 277 | 30 | 2,137 |
| 31 | 3,231,848 | 1,633 | 688,026 | 544 | 1 | 2,177 |
| | 3,233,481 | | 688,570 | | 1 | 0 |
| | | 39,961 | | 8,442 | | 48,403 |

b)



c) SUN2000-100KTL-M1
Smart String Inverter



10
MPP. Seguidor



98.8% (@ 480V)
Max. Eficiencia



Gestión de
nivel de cadena



Diagnóstico inteligente
de curvas I-V admitido



MBUS
Soportado



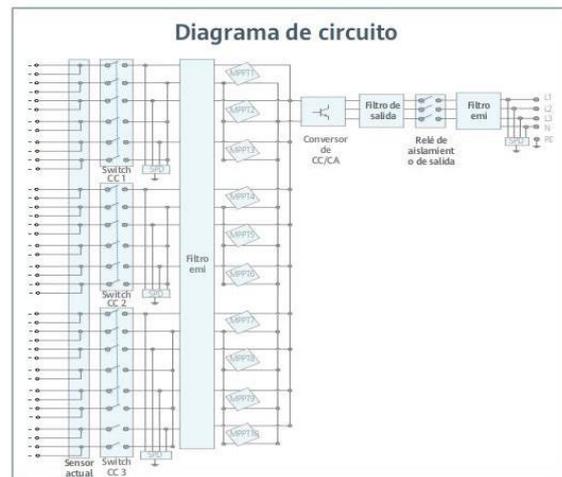
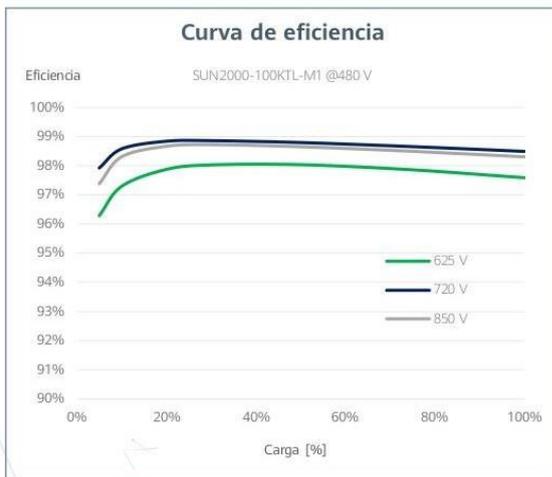
Diseño
Sin fusible



Protección contra rayos
Para DC y AC



IP66
Proteccion



SUN2000-100KTL-M1
Especificaciones técnicas

| Especificaciones técnicas | SUN2000-100KTL-M1 |
|--|--|
| Eficiencia | |
| Máxima eficiencia | 98.8% @480 V, 98.6% @380 V / 400 V |
| Eficiencia europea ponderada | 98.6% @480 V, 98.4% @380 V / 400 V |
| Entrada | |
| Tensión máxima de entrada ¹ | 1,100 V |
| Corriente de entrada máxima por MPPT | 26 A |
| Corriente de cortocircuito máxima | 40 A |
| Tensión de arranque | 200 V |
| Tensión de funcionamiento MPPT ² | 200 V ~ 1,000 V |
| Tensión nominal de entrada | 720 V @480 Vac, 600 V @400 Vac, 570 V @380 Vac |
| Cantidad de rastreadores MPP | 20 |
| Cantidad máxima de entradas por MPPT | 10 |
| Salida | |
| Potencia activa | 100,000 W |
| Max. Potencia aparente de CA | 110,000 VA |
| Max. Potencia activa de CA (cosφ = 1) | 110,000 W |
| Tensión nominal de salida | 480 V/ 400 V/ 380 V, 3W+(N)+PE |
| Frecuencia nominal de red de CA | 50 Hz / 60 Hz |
| Intensidad nominal de salida | 120.3 A @480 V, 144.4 A @400 V, 152.0 A @380 V |
| Max. intensidad de salida | 133.7 A @480 V, 160.4 A @400 V, 168.8 A @380 V |
| Factor de potencia ajustable | 0,8 capacitivo ... 0,8 inductivo |
| Distorsión armónica total máxima | < 3% |
| Protecciones | |
| Dispositivo de desconexión del lado de entrada | Sí |
| Protección anti-isla | Sí |
| Protección contra sobreintensidad de CA | Sí |
| Protección contra polaridad inversa CC | Sí |
| Monitorización a nivel de string | Sí |
| Descargador de sobretensiones de CC | Type II |
| Descargador de sobretensiones de CA | Type II |
| Detección de resistencia de aislamiento CC | Sí |
| Monitorización de corriente residual | Sí |
| Comunicación | |
| Display | Indicadores LED, Bluetooth + APP |
| RS485 | Sí |
| USB | Sí |
| Monitorización de BUS (MBUS) | Sí (transformador de aislamiento requerido) |
| Datos generales | |
| Dimensiones (W x H x D) | 1,035 x 700 x 365 mm |
| Peso (incluida ménsula de montaje) | 90 kg |
| Rango de temperatura de operación | -25°C ~ 60°C |
| Enfriamiento | Enfriamiento de aire inteligente |
| Max. Altitud de operación | 4,000 m |
| Humedad de operación relativa | 0 ~ 100% |
| Conector CC | Staubli MC4 |
| Conector CA | Terminal PG impermeable + conector OT/DT |
| Grado de protección | IP66 |
| Topología | sin transformador |
| Consumo de energía durante la noche | < 3.5 W |

Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)

Seguridad EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
Estándares de conexión a red eléctrica VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

* 1 El voltaje de entrada máximo es el límite superior del voltaje de CC. Cualquier voltaje DC de entrada más alto probablemente dañaría el inversor.

* 2 Cualquier voltaje de entrada de CC más allá del rango de voltaje de funcionamiento puede provocar un funcionamiento incorrecto del inversor.

Versión No.:02-(20190512)

SOLAR.HUAWEI.COM/ES/

d) www.jinkosolar.com

Tiger Pro 72HC

535-555 Watt

MONO-FACIAL MODULE

P-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

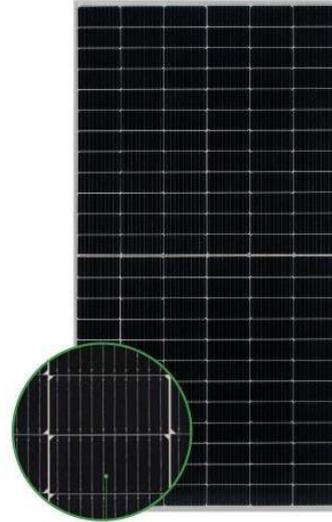
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



MBB HC Technology

Key Features



Multi Busbar Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



Reduced Hot Spot Loss

Optimized electrical design and lower operating current for reduced hot spot loss and better temperature coefficient.



Longer Life-time Power Yield

0.55% annual power degradation and 25 year linear power warranty.



Durability Against Extreme Environmental Conditions

High salt mist and ammonia resistance.



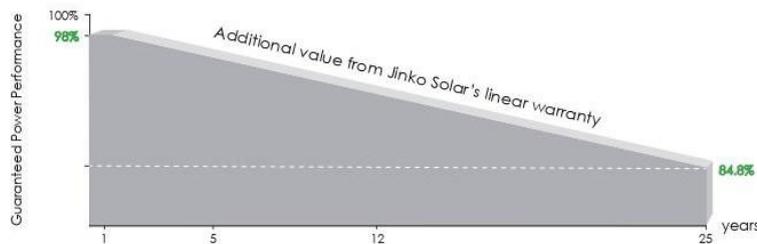
Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



POSITIVE QUALITY™
Continuous Quality Assurance

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

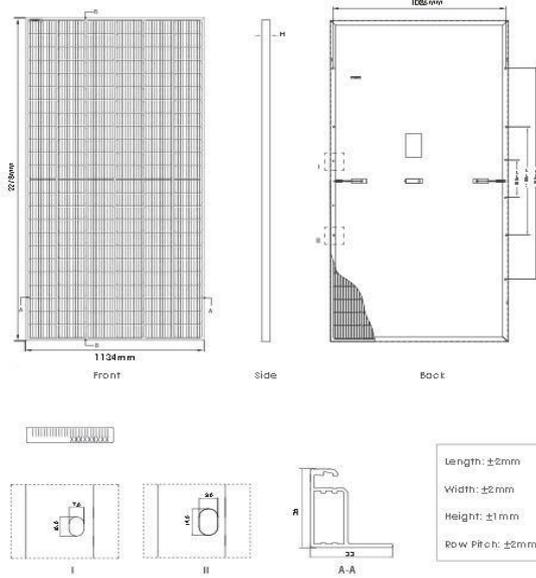


12 Year Product Warranty

25 Year Linear Power Warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years

Engineering Drawings

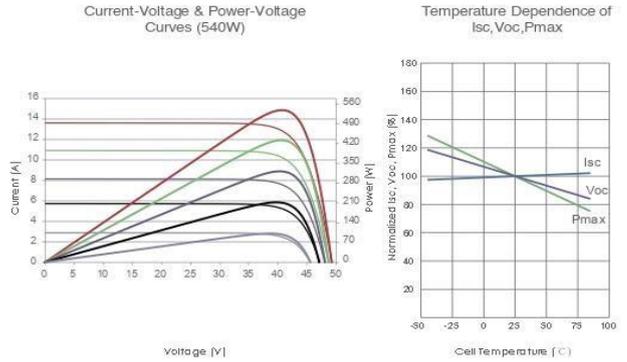


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 620pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

| | |
|---------------|---|
| Cell Type | P type Mono-crystalline |
| No. of cells | 144 (6×24) |
| Dimensions | 2278×1134×35mm (89.69×44.65×1.38 inch) |
| Weight | 28 kg (61.73 lbs) |
| Front Glass | 3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass |
| Frame | Anodized Aluminium Alloy |
| Junction Box | IP68 Rated |
| Output Cables | TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length |

SPECIFICATIONS

| Module Type | JKM535M-72HL4 | | JKM540M-72HL4 | | JKM545M-72HL4 | | JKM550M-72HL4 | | JKM555M-72HL4 | |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| | JKM535M-72HL4-V | JKM540M-72HL4-V | JKM540M-72HL4-V | JKM545M-72HL4-V | JKM545M-72HL4-V | JKM550M-72HL4-V | JKM550M-72HL4-V | JKM555M-72HL4-V | JKM555M-72HL4-V | |
| | STC | NOCT | STC | NOCT | STC | NOCT | STC | NOCT | STC | NOCT |
| Maximum Power (Pmax) | 535Wp | 398Wp | 540Wp | 402Wp | 545Wp | 405Wp | 550Wp | 409Wp | 555Wp | 413Wp |
| Maximum Power Voltage (Vmp) | 40.63V | 37.91V | 40.70V | 38.08V | 40.80V | 38.25V | 40.90V | 38.42V | 40.99V | 38.59V |
| Maximum Power Current (Imp) | 13.17A | 10.50A | 13.27A | 10.55A | 13.36A | 10.60A | 13.45A | 10.65A | 13.54A | 10.70A |
| Open-circuit Voltage (Voc) | 49.34V | 46.57V | 49.42V | 46.65V | 49.52V | 46.74V | 49.62V | 46.84V | 49.72V | 46.93V |
| Short-circuit Current (Isc) | 13.79A | 11.14A | 13.85A | 11.19A | 13.94A | 11.26A | 14.03A | 11.33A | 14.12A | 11.40A |
| Module Efficiency STC (%) | 20.71% | | 20.90% | | 21.10% | | 21.29% | | 21.48% | |
| Operating Temperature(°C) | -40°C~+85°C | | | | | | | | | |
| Maximum system voltage | 1000/1500VDC (IEC) | | | | | | | | | |
| Maximum series fuse rating | 25A | | | | | | | | | |
| Power tolerance | 0~+3% | | | | | | | | | |
| Temperature coefficients of Pmax | -0.35%/°C | | | | | | | | | |
| Temperature coefficients of Voc | -0.28%/°C | | | | | | | | | |
| Temperature coefficients of Isc | 0.048%/°C | | | | | | | | | |
| Nominal operating cell temperature (NOCT) | 45±2°C | | | | | | | | | |

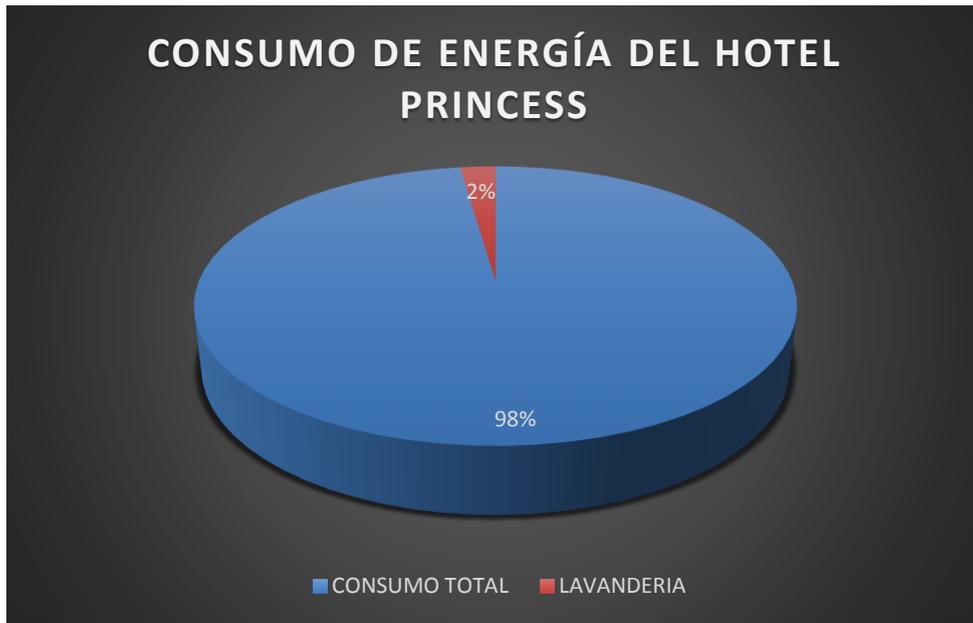
^{*}STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5
 NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

e)

| Ítem | Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Total sin IVA |
|----------|---|----------|-----------------|----------------|
| 1 | Módulo Solar Tiger Pro 72HC 535- 555 W Jinko Solar, incluye mano de obra especializada | 522 | \$5,156.35 | \$2,691,614.7 |
| 2 | Suministro e instalación de Smart String Inverter SUN2000-100KTL-M1 | 3 | \$187,577.60 | \$562,732.80 |
| 3 | Interruptor Termomagnético Square D 3X100 A Con Gabinete | 3 | \$8,258.60 | \$24,775.80 |
| 4 | Interruptor Termomagnético 3X300 A Con Gabinete | 1 | \$16,786.00 | \$16,786.00 |
| 5 | Kit montaje de soporte solar de aleación de aluminio, inclinación de 15° a 30° para paneles de 100 W a 600 W, incluye tuercas, tornillos, rieles, uniones riel, bases tipo L, sujeciones intermedias y finales, soportes de extensión, arandelas de resorte, almohadillas de goma, pernos y pies de soporte | 522 | \$1,776.60 | \$927,385.20 |
| 6 | Cable Fotovoltaico Calibre 10 50 M | 14 | \$2,238.60 | \$31,340.40 |
| 7 | Conexiones 1M Extensión Mc4 Cable Solar 10 AWG Panel Pv | 522 | \$275.78 | \$143,957.16 |
| Subtotal | | | | \$4,398,592.06 |
| IVA | | | | \$703,774.72 |
| Total | | | | \$5,102,366.78 |

f)

| | | | |
|---|------------------------------------|---|---|
| ORGANIZACION IDEAL S DE RL CV | | | TOTAL A PAGAR: |
| PLAYA REVOLCADERO SIN NUM BLVD DE LAS NACIONES Y PLAYA REVOLCADERO BLVD NAC PRINCES-GAS M ACAPULCO DE JUAREZ, GRO. C.P. 39890 | | | \$4,904,161 (CUATRO MILLONES NOVECIENTOS CUATRO MIL CIENTO SESENTA Y UN PESOS M.N.) |
| NO. DE SERVICIO : 320890901012 | | PERIODO FACTURADO: 31 JUL 22 - 31 AGO 22 | |
| RMU : 39888 89-09-30 OID6-70427 001 CFE | | | |
| TARIFA: GDMTH | NO. MEDIDOR: MX038Y | MULTIPLICADOR: 2800 | FECHA LÍMITE DE PAGO: 16 SEP 22 |
| CARGA CONECTADA kW: 4320 | DEMANDA CONTRATADA kW: 4320 | CORTE A PARTIR: 17 SEP 22 | |



La energía consumida por el área de lavandería representa el 2% del total de la energía consumida por el hotel, lo que indica que aproximadamente se pagan \$98,083.22 pesos MN mensuales de energía.

Lo que al año serían= $98,083.22 \times 12 \text{ meses} =$ **\$1,176,998.64 pesos MN anuales.**

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede calcular el periodo de recuperación de la inversión, quedando de la siguiente forma:

$$\text{PRI} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Flujos de efectivo netos anuales}} = \frac{\$5,102,366.78}{\$1,176,998.64} = 4.33 \text{ años}$$

En promedio, los paneles solares tienen un tiempo de vida útil de 20 a 25 años, lo que deja un margen de ganancias de aproximadamente 20 años en los cuales no se pagaría esta energía.

Conociendo el costo de energía anual de la lavandería y los años de vida útil del panel, se realiza una estimación del ahorro que se tendría durante este periodo de vida útil de los paneles.

AHORRO ESTIMADO
\$1,176,998.64 X 20 años= \$23,539,972.80 pesos MN