



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CHICOLOAPAN

Ingeniería en Energías Renovables

Diseño e implementación de un Sistema Fotovoltaico
Interconectado a la Red de 7.2 kW de potencia generada en la
parroquia San Jorge Mártir.

Tesis profesional
Que para obtener el Grado de
Ingeniero en Energías Renovables

P R E S E N T A

González Martínez Víctor.

Director: Mtro. Marco Antonio Lozano Vinalay



Chicoloapan de Juárez, Estado de México de agosto de 2025

Presentación y directorio de los asesores

El presente trabajo realizado bajo de la modalidad de Tesis profesional, titulado “Diseño e implementación de un Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red de 7.2 kW de potencia generada en la parroquia San Jorge Martín” y que ha sido realizado por el alumno **González Martínez Víctor** con matrícula 19020047 ha sido aprobado al igual que aceptado como requisito para obtener el grado de **Licenciatura** en:

Ingeniería en Energías Renovables

Director:

Mtro. Marco Antonio Lozano Vinalay

Revisor

Dra. Elba Cinthya García Estrada

Revisor

Dr. Michael Josué Rojas García

I. Agradecimientos

Quisiera poder agradecer a todas las personas que me ayudaron incondicionalmente a mejorar y poder llegar hasta este punto de mi vida tanto con sus palabras de aliento y consuelo en los días tan difíciles que tuve durante mi camino estudiando la ingeniería de energías renovables. Por parte de mi familia tuve las palabras y apoyo de mi madre, el apoyo de mi padre y mis hermanos, de mi abuelita tuve su comprensión y cariño y también tuve el apoyo incondicional del mi tío Víctor quien ha sido un segundo padre para mí.

Por parte de la escuela tuve la ayuda de muchas personas tales como mi jefe de carrera, el profesor Trujano quien me enseñó a mejorar mis conocimientos de softwares tales como AutoCAD, el profesor Sergio Díaz me enseñó a investigar más y a portarme de una forma más profesional, del profesor Jorge Antonio me ayudo a como comprender cualquier problema matemático y, por último, pero no menos importante a mi tutor académico Marco Antonio Lozano Vinalay quien me atendió y ayudo en los momentos en los que tenía cualquier tipo de dificultad académica además de apoyarme en cualquier dificultad que tuviese en la empresa Sociedad Interamericana de energía solar.

Por parte de la empresa tuve la mejor información de un sistema fotovoltaico interconectado al sistema eléctrico nacional ya fuese dándonos clases digitales, clases presenciales, dándonos acceso a un manual con las normativas necesarias para el territorio mexicano, llevándonos a prácticas para poder entender la parte real y dándonos la oportunidad de trabajar en diferentes instalaciones fotovoltaicas, entre otras cosas.

Hay muchas personas que quisiera colocar en este agradecimiento, pero son tantas que no podría escribir, pero aquí están las personas quienes me ayudaron de tal forma que cambiaron mi vida de tal forma que pude llegar hasta este momento.

II. Resumen

Para poder llevar a cabo un proyecto fotovoltaico interconectado a la red, se deben de tener los conocimientos necesarios para que el sistema fotovoltaico sea eficiente, confiable y rentable a largo plazo, tanto por la normativa como por la parte técnica de la instalación.

Para poder iniciar con la parte del dimensionamiento, se debe llevar a el un análisis de los datos del sitio, el retorno de inversión y aspectos normativos.

Ya que para poder interconectarse a la red nacional se deben de llevar bastantes normativas y estándares mexicanos, como las Normas Oficiales Mexicanas y las de la Comisión Federal de Electricidad, por mencionar algunas.

También se deben de seguir normativas y estándares internacionales tales como el National Electrical Code, el Institute of Electrical and Electronics Engineers y la International Electrotechnical Commission, entre otras.

Estas normativas son muy importantes para un sistema fotovoltaico interconectado a la red, ya que, al trabajar con equipos de corriente directa, puede haber muchas complicaciones como incendios por sobre corriente, daño de electrodomésticos por sobrevoltaje, entre otras cosas, y las normativas nos indican cómo evitar estos problemas y asegurar la eficiencia de nuestros sistemas interconectados a la red.

Dicho lo anterior, para realizar un buen diseño se deben de realizar cálculos para determinar el número de módulos fotovoltaicos, así como la selección del inversor de cadena que se va a usar, además de calcular las protecciones de sobre corriente, tanto por la parte de la corriente alterna como de la directa, etc.

Y por parte del análisis económico del retorno de inversión, se tiene que tomar en cuenta el costo de la instalación. Se debe determinar el valor de la energía generada con base en el precio actual de la electricidad o el valor que la energía solar generada proporcionaría al propietario del sistema. Se pueden calcular el valor económico de la energía generada por el sistema fotovoltaico.

También se debe considerar que considerar el mantenimiento para evitar daños a los componentes eléctricos de nuestro sistema interconectado a la red, tales como realizar un buen ponchado de un conector, transportar correctamente los módulos fotovoltaicos, asegurar los módulos fotovoltaicos con el torque que se requiera, etc.

Después de aprender todo lo antes dicho, se puede trabajar en un sistema interconectado a la red como el que se llevó a cabo en la Parroquia San Jorge Mártir, ubicada por Villas de Aragón, donde se instaló una capacidad instalada de 7.2 kW.

III. Abstract

To carry out a grid-tied photovoltaic project, it is necessary to have the required knowledge to ensure that the photovoltaic system is efficient, reliable, and cost-effective in the long term, both from a regulatory and a technical installation standpoint.

To begin the sizing phase, an analysis of the site data, return on investment, and regulatory aspects must be conducted. This is essential because, in order to connect to the national grid, several regulations and standards must be followed—such as the Mexican Official Standards (Normas Oficiales Mexicanas) and those established by the Federal Electricity Commission (Comisión Federal de Electricidad), among others.

International standards must also be followed, including those from the National Electrical Code (NEC), the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), and the International Electrotechnical Commission (IEC), among others. These regulations are crucial for a grid-tied photovoltaic system because, when working with direct current (DC) equipment, there can be many complications, such as fires due to overcurrent, damage to household appliances caused by overvoltage, and other issues. The regulations guide us on how to prevent these problems and ensure the efficiency of our grid-tied systems.

With that said, in order to create a good design, calculations must be performed to determine the number of photovoltaic modules needed, as well as to select the string inverter to be used. Overcurrent protection must also be calculated for both the alternating current (AC) and direct current (DC) sides, among other factors.

From the economic analysis perspective, the return on investment must take into account the installation cost. The value of the energy generated should be determined based on the current price of electricity or the value that the solar-generated energy would provide to the system owner. It is possible to calculate the economic value of the energy generated by the photovoltaic system.

Maintenance must also be considered to avoid damage to the electrical components of the grid-tied system. This includes proper crimping of connectors, correct transportation of photovoltaic modules, securing the modules with the required torque, and so on.

Once all the above is understood, one can work on a grid-tied system like the one installed at the Parish of Saint George Martyr (Parroquia San Jorge Mártir), located near Villas de Aragón, where a total installed capacity of 7.2 kW was achieved.

Contenido

I.	Agradecimientos.....	3
II.	Resumen	4
III.	Abstract.....	6
1.	Introducción.....	10
2.	Antecedentes.....	12
2.1	Tecnología solar	12
2.2	La industria solar en el mundo	23
2.3	Instalaciones fotovoltaicas en el mundo.....	26
2.4	Instalaciones fotovoltaicas en México	28
3.	Marco teórico.....	17
3.1	La radiación solar	17
3.2	Horas solares pico	18
3.3	Orientación e inclinación	19
3.4	Módulos fotovoltaicos.....	20
3.5	Inversores	23
4.	Planteamiento del problema	26
5.	Hipótesis	27
6.	Objetivos.....	27
6.	Objetivos generales.....	27
6.	Objetivos específicos.....	27
7.	Metodología.....	28
7.1	Análisis del consumo promedio del edificio	28
7.2	Cálculo de potencia fotovoltaica y numero de módulos fotovoltaicos.....	29
7.3	Corrección de temperatura.....	32

7.4	Voltaje máximo de entrada del inversor.....	33
7.5	Dimensionamiento del circuito fuente del sistema (DC).....	35
7.5.1	Calculo de corriente máxima del circuito fuente de salida del circuito fotovoltaico	35
7.6	Cálculo de dispositivos contra sobre corriente (DC).....	36
7.6.1	Cálculo de conductores del circuito fuente fv	37
7.7	Cálculo de dispositivos contra sobre corriente (AC).....	39
7.7.1	Dimensionamiento de conductores del circuito de salida (AC)	40
7.8	Simulación del sistema fotovoltaico.....	41
7.9	Instalación del sistema.....	44
7.9.1	Importancia de los medios de sujeción en sistemas de montaje según las normas mexicanas	45
7.10	Instalación de las protecciones contra sobre corriente (DC)	53
7.11	Instalación del inversor de cadena.....	55
7.12	Instalación de las protecciones contra sobre corriente (AC)	59
8.	Resultados y discusión	61
8.1.	Sobre la discusión.....	66
9.	Conclusiones.....	68
10.	Referencias	71

1. Introducción

Dada la creciente demanda de energía eléctrica a nivel mundial, ha sido necesario innovar en diversos aspectos relacionados con su generación, distribución y consumo. Esto ha impulsado el desarrollo y la adopción de fuentes de energía limpia, tales como la eólica, la hidroeléctrica, la geotérmica, entre otras. Estas tecnologías representan una alternativa sostenible frente a los métodos convencionales basados en combustibles fósiles, permitiendo satisfacer las necesidades energéticas actuales sin comprometer el medio ambiente ni la disponibilidad de recursos para futuras generaciones.

La implementación e innovación de estos tipos de energías amigables con el planeta a dado la oportunidad de que tengamos la oportunidad de que vallamos reduciendo nuestras emisiones de **CO₂** y reducir el daño a la capa de ozono.

A diferencia de las fuentes convencionales de energía, como el carbón, el gas natural o el petróleo, que liberan grandes cantidades de gases de efecto invernadero durante su extracción, procesamiento y consumo, la generación de electricidad a través de sistemas fotovoltaicos no produce emisiones directas de CO₂. Esta característica convierte a la energía solar en una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

En el siguiente trabajo se va a profundizar en la energía solar, ya que ha sido la energía con la cual se trabajó en “**Sociedad Interamericana de Energía Solar**”.

La energía solar fotovoltaica es una fuente innovadora y sostenible para la generación de energía eléctrica aprovechando las ondas electromagnéticas del sol. Utiliza módulos fotovoltaicos que convierten directamente la energía solar en electricidad, sin emisiones contaminantes ni agotamiento de recursos naturales. Esta tecnología limpia y renovable contribuye a reducir la dependencia de combustibles fósiles, disminuyendo la huella de carbono y promoviendo la transición hacia un futuro más respetuoso con el medio ambiente.

Las partes que conforman un sistema fotovoltaico se compone de diversas partes esenciales que colaboran para convertir la radiación solar en electricidad de manera eficiente. En primer lugar, los protagonistas son los paneles solares, encargados de captar la luz del sol y transformarla en corriente eléctrica. Estos paneles están montados sobre estructuras diseñadas para su sujeción y orientación óptima, asegurando una exposición adecuada al sol.

Para asegurar que la electricidad generada sea utilizable en hogares y negocios, se incorpora un inversor, que convierte la corriente continua producida por los paneles en corriente alterna. Asimismo, se incluye un sistema de montaje resistente para asegurar la fijación segura de los paneles. El sistema cuenta con un medidor que registra la cantidad de electricidad generada y, si hay excedentes se puedan convertir en saldo a favor para poder usarlo en tiempo no mayor a doce meses.

Un sistema fotovoltaico interconectado a la red combina de manera eficiente paneles solares, inversores, estructuras de montaje y medidores para generar electricidad sostenible y contribuir a la red eléctrica de manera colaborativa. Este enfoque promueve el uso de energía limpia y renovable, contribuyendo al desarrollo de comunidades más sostenibles.

2. Antecedentes

2.1 Tecnología Solar

La información proporcionada por la IEA (International Energy Agency) las tecnologías solares se pueden clasificar en pasivas o activas según como capturan, convierten y distribuyen la energía solar. Las tecnologías activas que son las incluyen el uso de paneles fotovoltaicos y colectores solares térmicos para recolectar la energía. Entre las técnicas pasivas, se encuentran diferentes técnicas enmarcadas en la arquitectura bioclimática: la orientación de los edificios al Sol, la selección de materiales con una masa térmica favorable o que tengan propiedades para la dispersión de luz, así como el diseño de espacios mediante ventilación natural.

En 2011, la IEA afirmó que “El desarrollo de tecnologías solares limpias, baratas e inagotables supondrá un enorme beneficio a largo plazo. Aumentará la seguridad energética de los países mediante el uso de una fuente de energía local, inagotable y, aún más importante, independientemente de importaciones, aumentará la sostenibilidad, reducirá la contaminación, disminuirá los costes por la mitigación del cambio climático, y evitará el aumento excesivo de los precios de los combustibles fósiles. Estas ventajas son globales. De esta manera, los costes para su incentivo y desarrollo deben ser considerados inversiones; deben ser realizadas de forma correcta y ampliamente difundidas” [1]. Es por lo que nosotros debemos tomar una iniciativa para hacer el aprovechamiento de este recurso y no solo ayudarnos a nosotros sino al medio ambiente, tanto para la República mexicana como a nivel mundial. La fuente de energía solar más desarrollada en la actualidad es la energía solar fotovoltaica. Según informes de la organización ecologista Greenpeace, la energía solar fotovoltaica podría suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030 [2].

Gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el coste de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras celdas solares comerciales, aumentando a su vez la eficiencia,

y su coste medio de generación eléctrica ya es competitivo con las energías no renovables en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red. Otras tecnologías solares, como la energía solar termoeléctrica están reduciendo sus costes también de forma considerable [3].

2.2 La industria solar en el mundo

A nivel mundial, el aprovechamiento de las energías renovables ha crecido de manera importante en los últimos años. La volatilidad de los precios de los combustibles convencionales, la lucha contra el cambio climático y la búsqueda de nuevas oportunidades de negocio son algunos de los factores que han impulsado este crecimiento. A nivel mundial, la capacidad instalada para generación eléctrica a partir de energías renovables alcanzó aproximadamente 4 448 GW a finales de 2024, con adiciones récord de 585 GW durante ese mismo año. Las inversiones en el sector también crecieron, superando los 2 billones de dólares en la transición energética en 2024, y alcanzaron alrededor de 1,8 – 2,1 billones en inversiones exclusivamente en energía limpia en 2023 y 2024 [4], [5].

En este contexto, la energía solar ha jugado un papel cada vez más relevante: su capacidad instalada es la tercera más importante dentro de las energías renovables para la generación de potencia eléctrica, con 227 GW —por debajo de la hidroeléctrica, que cuenta con muchos años de desarrollo, y la energía eólica, que ha registrado un crecimiento sostenido desde la década de 1990 [6]. En el componente de generación de calor, la energía solar cuenta con una capacidad de 435 GW térmicos. Durante 2015, las inversiones en tecnología solar para la generación de electricidad y calor, superaron a las de energía eólica y solamente se encuentran por debajo de la energía hidroeléctrica —que presenta costos de capital elevados—.

2.3 Instalaciones fotovoltaicas en el mundo

Las instalaciones fotovoltaicas (FV) han experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, debido al aumento de la preocupación por el cambio climático, la necesidad de diversificar las fuentes de energía y la evolución de la tecnología solar. Desde los primeros desarrollos tecnológicos en el siglo XIX hasta los avances más recientes, la energía solar ha demostrado ser una de las fuentes de energía renovable más prometedoras.

La tecnología fotovoltaica, que convierte la luz solar directamente en electricidad, tiene sus orígenes en 1839, cuando el físico francés Edmond Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico [7]. Sin embargo, no fue sino hasta la mitad del siglo XX que los avances en la ciencia de los materiales y la electrónica permitieron la creación de celdas solares eficientes. En 1954, los investigadores de Bell Labs en los Estados Unidos desarrollaron la primera célula fotovoltaica de silicio de alta eficiencia, que marcó un hito en la tecnología fotovoltaica moderna [8].

A lo largo de las décadas, la tecnología fotovoltaica ha mejorado significativamente en términos de eficiencia y coste. A principios de los años 2000, la reducción de los costos de producción y la adopción de políticas gubernamentales favorables, como los incentivos fiscales y las tarifas de alimentación, impulsaron la expansión de las instalaciones solares en diversas partes del mundo [9]. Durante este período, países como Alemania, Japón y los Estados Unidos se destacaron como los principales impulsores del mercado fotovoltaico. En particular, Alemania, con su ambiciosa Energiewende, se convirtió en uno de los líderes mundiales en la instalación de sistemas fotovoltaicos [10].

Más recientemente, China ha emergido como el mayor productor e instalador de sistemas fotovoltaicos, consolidando su liderazgo global en el sector. El país ha invertido fuertemente en la investigación y desarrollo de tecnologías solares, lo que ha contribuido a una disminución dramática en los costos de los paneles solares. En 2020,

China representó más del 30% de la capacidad fotovoltaica instalada globalmente [11]. Este crecimiento ha sido impulsado por políticas de apoyo del gobierno chino, que incluyen subsidios a la producción y la instalación de sistemas solares [12].

Las instalaciones fotovoltaicas también han comenzado a integrarse en aplicaciones más innovadoras, como sistemas solares flotantes y soluciones de almacenamiento de energía combinadas. Estas innovaciones están ampliando las posibilidades de la energía solar, especialmente en regiones donde la tierra disponible es limitada o las condiciones climáticas son adversas [13].

En resumen, las instalaciones fotovoltaicas han pasado de ser una tecnología experimental a convertirse en una solución clave para la transición energética global. Los avances en la tecnología, los esfuerzos gubernamentales y el compromiso con la sostenibilidad han permitido que la energía solar fotovoltaica se convierta en un pilar fundamental de las estrategias energéticas a nivel mundial.

En 2020, China representó más del 30% de la capacidad fotovoltaica instalada globalmente [14].

Este crecimiento ha sido impulsado por políticas de apoyo del gobierno chino, que incluyen subsidios a la producción y la instalación de sistemas solares [15].

Estas innovaciones están ampliando las posibilidades de la energía solar, especialmente en regiones donde la tierra disponible es limitada o las condiciones climáticas son adversas [16].

2.4 Instalaciones fotovoltaicas en México

México ha experimentado un crecimiento significativo en el sector de la energía solar fotovoltaica en las últimas décadas, debido a la abundante radiación solar que recibe el país, así como al interés en diversificar su matriz energética hacia fuentes más limpias. El desarrollo de las instalaciones fotovoltaicas en México ha estado marcado por varias políticas y reformas que han incentivado la inversión en energía renovable.

Uno de los principales avances fue la Reforma Energética de 2013, que abrió el sector energético a la inversión privada y estableció un marco legal favorable para el desarrollo de las energías renovables, incluyendo la solar fotovoltaica [17]. A partir de esta reforma, México comenzó a implementar subastas de energía eléctrica que favorecieron la participación de empresas en proyectos de energías renovables, incluidas las instalaciones fotovoltaicas. Este mecanismo de subastas ha sido crucial para el aumento de la capacidad instalada de energía solar, ya que ha permitido la firma de contratos de largo plazo con tarifas competitivas para la energía solar fotovoltaica [18].

En 2014, la capacidad instalada de energía solar en México era aún limitada, pero se observaba un crecimiento sostenido. Según un informe de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), en 2015 la capacidad instalada de energía fotovoltaica en México superó los 2 GW, lo que posicionó al país como uno de los principales actores en el mercado latinoamericano [19]. Este crecimiento estuvo impulsado por los costos cada vez más bajos de los sistemas fotovoltaicos, que han hecho que la energía solar sea más competitiva frente a otras fuentes de generación de electricidad [19].

El 2018 marcó un hito importante cuando México alcanzó los 4 GW de capacidad instalada de energía fotovoltaica, consolidándose como uno de los líderes en la región. Este avance se reflejó tanto en instalaciones a gran escala como en sistemas solares en tejados para aplicaciones residenciales y comerciales [20]. Además, el país ha atraído importantes inversiones internacionales en proyectos fotovoltaicos, convirtiéndose en un destino clave para el capital en el sector de energías renovables [21].

En resumen, las instalaciones fotovoltaicas en México han experimentado un crecimiento robusto, favorecido por políticas públicas, reformas legales y la caída en los costos de la tecnología solar. El país se ha posicionado como uno de los líderes en la región, con un panorama alentador para seguir expandiendo su capacidad instalada en los próximos años.

3. Marco teórico

3.1 La radiación solar.

La radiación solar es la principal fuente de energía para la Tierra y desempeña un papel crucial en el equilibrio térmico del planeta. Esta energía, emitida por el Sol, se propaga en forma de ondas electromagnéticas y llega a la superficie terrestre como radiación directa y difusa. La magnitud de la radiación solar incidente sobre un punto de la superficie terrestre depende de diversos factores, entre ellos la latitud, la hora del día, la estación del año y las condiciones atmosféricas [22].

Dependiendo de cómo llegue la luz solar a la superficie terrestre, se puede clasificar en tres tipos de radiación:

- Radiación solar directa: es aquella que incide sobre una superficie con un ángulo único y preciso. La radiación solar se dirige de forma directa a nuestra superficie terrestre, pero por los gases y las partículas que se encuentran en nuestra atmósfera se puede desviar esta energía [23].
- Radiación solar difusa: se puede definir como la radiación dispersada por la atmósfera en varias direcciones. Ocurre cuando los rayos solares son dispersados por las diferentes partículas en la atmósfera, nubes o reflexiones en la superficie terrestre [24].
- Radiación solar reflejada: Es la radiación que llega a la Tierra después de ser reflejada por diferentes superficies como el agua, la nieve o las superficies reflectantes [25].

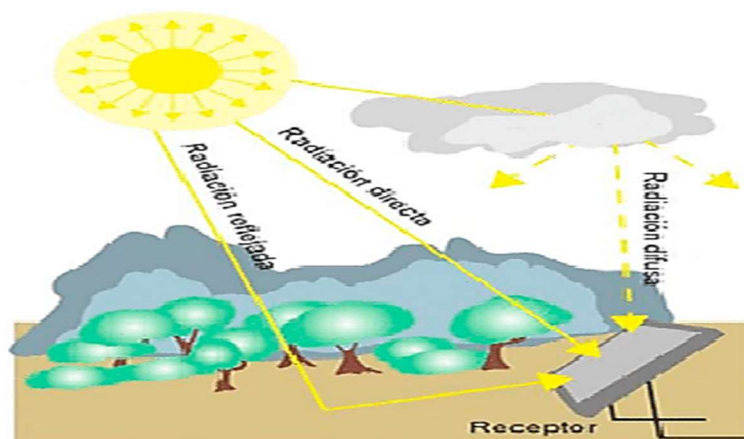


Imagen 1: Tipos de radiación solar sobre un plano inclinado [26].

3.2 Horas solares pico.

Es un parámetro fundamental para el dimensionado de los sistemas fotovoltaicos se corresponde al número de horas en las que cada metro cuadrado de superficie captadora, obtiene de modo constante 1000 W de energía [27]. Los módulos fotovoltaicos se caracterizan bajo unas condiciones determinadas que son tomadas como referencia y que se denominan Condiciones Estándar de Medida. Estas son: Características Principales:

1. Intensidad Máxima de Radiación:
Las horas solares pico son aquellas en las que la radiación solar alcanza su máxima intensidad. Durante este período, los rayos solares inciden más directamente sobre la superficie terrestre [28].
2. Optimización para la Generación Solar:
Estas horas son críticas para la generación de energía solar, ya que la intensidad solar máxima permite obtener la mayor cantidad de energía posible de los paneles fotovoltaicos [28].
3. Ubicación Geográfica Variable:
La duración y el momento de las horas solares pico varían según la ubicación geográfica y la época del año. Las regiones cercanas al ecuador tienden a tener horas solares picos más consistentes durante todo el año [29].
4. Impacto en la Eficiencia Energética:
Aprovechar las horas solares pico es fundamental para maximizar la eficiencia de los sistemas de energía solar. La orientación adecuada de los paneles solares y la capacidad de seguir la trayectoria solar son estrategias clave [30].

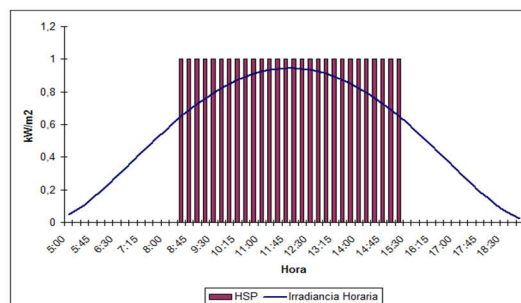


Imagen 2: Grafica de como calcular las horas solares pico [31].

3.3 Orientación e inclinación.

La localización de cualquier punto sobre la corteza terrestre está determinada por un sistema de coordenadas en la cual intervienen dos clases de ángulos [32].

1. Azimut:

Es la dirección de una línea imaginaria entre los cuatro puntos cardinales, el ángulo de acimut es la dirección de la brújula que señala de donde proviene la luz del sol. Al mediodía solar, el sol siempre está directamente al sur en el hemisferio norte y directamente al norte en el hemisferio sur [33].

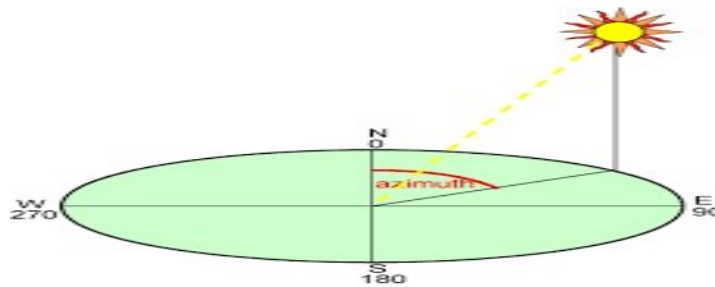


Imagen 3: Ángulos del azimut [34].

Cada tipo de azimut tiene una medida diferente, dependiendo del cuadrante en el que se encuentre el primero mide de 0 a 90 grados, el segundo mide de 0 a 180 grados, en el tercero es de 0 a 270 grados y por último es de 0 a 360 grados.

2. Inclinación:

El término inclinación. Se refiere al ángulo entre la superficie del módulo fotovoltaico y un plano horizontal (como un poste, el suelo o un techo). Para capturar la radiación solar de una manera óptima y con máxima eficiencia, los rayos solares deben golpear los paneles fotovoltaicos perpendicularmente, en un ángulo de 90 grados [35].

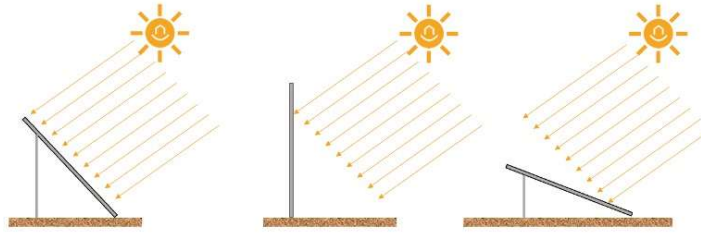


Imagen 4: Ejemplos de inclinación [36].

Sin embargo, esta inclinación óptima depende de la latitud, la ubicación y las estaciones del año. Para los paneles solares fijos, como los que se llevó a cabo, es importante resaltar que su inclinación no se puede ser ajustar. Por lo tanto, el ángulo de inclinación elegido en el momento de la instalación debe ser optimizado en función de la latitud y la ubicación para maximizar la captura de energía solar disponible en esa región. Así que, aunque la inclinación es fija, está configurada para aprovechar al máximo la energía solar disponible para la iluminación.

3.4 Módulo fotovoltaico.

El desarrollo de los módulos fotovoltaicos ha tenido contribuciones de varios investigadores a lo largo del tiempo. Sin embargo, se le atribuye al Russell Ohl el descubrimiento del efecto fotovoltaico en 1940. Ohl trabajaba en los laboratorios Bell Telephone y, mientras investigaba semiconductores, notó que cuando la luz golpeaba la unión de un semiconductor, generaba corriente eléctrica [37].

En 1954, Bell Labs desarrolló la primera celda solar eficiente utilizando silicio cristalino. Tres científicos, Gerald Pearson, Calvin Fuller y Daryl Chapin, fueron fundamentales en este avance y crearon la primera célula solar práctica capaz de convertir la luz solar en electricidad de manera eficiente. Estos eventos marcaron el inicio de la era moderna de la energía solar [38].

Pero después de lo ya antes dicho surgen las siguientes dos preguntas, ¿qué es un módulo fotovoltaico? ¿Y cómo es que funciona?

El componente básico de un módulo fotovoltaico es la célula fotovoltaica; estos convierten la energía solar en electricidad. La potencia de salida dependerá de la cantidad de energía incidente en la superficie de la célula y de la temperatura de funcionamiento de la célula fotovoltaica. La potencia de salida de una sola celda puede suministrar cargas pequeñas como calculadoras o relojes, pero para que sean útiles en proyectos de alta demanda de energía, estas celdas deben disponerse en conexiones en serie y en paralelo [39].

Por su parte se componen de los siguientes componentes:

- Marco de aluminio: el marco del módulo solar está conformado por aluminio anodizado, un material conocido por sus propiedades anticorrosivas. La función del marco es proporcionar puntos de fijación y proteger de la tensión mecánica y térmica los demás componentes del módulo solar [40].
- Cubierta transparente de vidrio templado: está fabricado de vidrio templado, un material resistente y duradero capaz de soportar el deterioro, el agua, el vapor y la suciedad. Esta cubierta tiene como función principal reducir el reflejo hasta un 90 % para permitir el máximo paso de la radiación hacia las celdas solar [40].
- Capa encapsulante de EVA: es una fina capa encapsulante de Etileno acetato de vinilo; este material es mejor conocido como EVA y entre sus propiedades destaca la baja degradación ante la luz solar y su gran capacidad para transmitir la radiación [40].
- Celdas fotovoltaicas: están compuestas por silicio y pueden ser monocristalinas o policristalinas según sea su pureza. La función de las celdas fotovoltaicas es una sola convertir la radiación solar en energía eléctrica [40].
- Cubierta posterior: es una capa aislante y puede estar fabricada de fibra de vidrio, espuma rígida de poliuretano o poliestireno expandido. Su función es proteger el módulo fotovoltaico de la radiación UV y brindar aislamiento eléctrico [40].
- Caja de conexión: se encuentra ubicada atrás del módulo y está fabricada en material de plástico resistente a la humedad y suciedad. La función de la caja es proteger la interconexión de los conjuntos de celdas y albergar los diodos de

derivación, cuyos garantizan que el flujo de corriente fluya en una sola dirección, aun cuando alguna de las celdas presente algún inconveniente [40].



Imagen 5: partes de un módulo fotovoltaico [41].

3.5 Inversores.

La elección adecuada del inversor es crucial para garantizar el rendimiento, la seguridad y la rentabilidad de un sistema fotovoltaico interconectado a la red. Los inversores son dispositivos encargados de convertir la corriente continua (CC) generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (CA), compatible con la red eléctrica. La selección del tipo de inversor debe basarse en varios factores técnicos y normativos.

Tipos de Inversores

Existen diferentes tipos de inversores, cada uno con características específicas:

- **Inversores de cadena (string inverters):** Convierte la corriente continua (CC) de múltiples paneles conectados en serie en corriente alterna (CA) usando un solo dispositivo central [42].

Ventajas:

- Menor coste por potencia instalada.
- Mayor simplicidad y mantenimiento centralizado.
- Alta eficiencia general en instalaciones homogéneas sin sombra.

Desventajas:

- El rendimiento cae si algún panel en la cadena se ve afectado.
 - No permiten monitoreo individual de paneles.
-
- **Microinversores:** Un microinversor es un dispositivo pequeño instalado detrás de cada panel solar que convierte la corriente continua (CC) generada localmente en corriente alterna (CA), lista para uso doméstico o inyección a la red. Es diferente a los inversores de cadena que agrupan múltiples paneles en una sola unidad [43].
-
- **Inversores híbridos:** Los inversores híbridos son dispositivos multifuncionales que integran la conversión de corriente continua (proveniente de paneles solares) a corriente alterna para consumo, y gestionan simultáneamente el

almacenamiento en baterías y la interacción con la red eléctrica. Pueden operar tanto en modo conectado a la red como en modo isla (aislado) durante cortes del suministro [44].

Factores Técnicos a Considerar

Al seleccionar un inversor, se deben evaluar los siguientes aspectos:

- **Potencia nominal:** Debe coincidir con la capacidad total de los módulos fotovoltaicos. Se recomienda que la potencia pico de los paneles no supere en más del 30% la potencia nominal del inversor [45].
- **Eficiencia de conversión:** Un inversor eficiente maximiza la energía aprovechable. Se recomienda una eficiencia superior al 95% para garantizar un buen rendimiento [46].
- **Número de MPPT:** Inversores con múltiples MPPT permiten una mayor flexibilidad en el diseño, especialmente en instalaciones con sombras parciales o módulos orientados en diferentes direcciones [47].
- **Compatibilidad con almacenamiento:** Si se planea integrar baterías, es esencial elegir inversores híbridos compatibles con el sistema de almacenamiento deseado [48].

Normativas y Certificaciones

En México, los inversores deben cumplir con normativas nacionales e internacionales para garantizar su seguridad y compatibilidad con la red eléctrica:

- **NOM-001-SEDE-2012:** Establece los requisitos para instalaciones eléctricas en México, incluyendo sistemas fotovoltaicos.
- **IEEE 1547:** Estándar que especifica los requisitos para la interconexión de sistemas de generación distribuida con la red eléctrica [49].
- **UL 1741:** Certificación que asegura que los inversores cumplen con los requisitos de seguridad eléctrica [50].

- **IEC 61727:** Homologación internacional para interfaz de sistemas fotovoltaicos conectados a red, compatible con requerimientos de calidad de servicio eléctrico
- **IEC 62116:** Evalúa la capacidad del inversor para detección de isla (anti-islanding).

4. Planteamiento del problema

Actualmente, en la ubicación especificada donde se pretende instalar un sistema fotovoltaico de 7.2 kW de potencia generada, se identifican los siguientes problemas:

- **Elevado costo de la electricidad:** La tarifa eléctrica representa un gasto considerable para el usuario final, impactando la rentabilidad de su actividad económica o el presupuesto familiar. Se considera elevado en México principalmente cuando el usuario es clasificado por la CFE como DAC (Doméstico de Alto Consumo), lo que ocurre si su consumo promedio bimestral (cada dos meses, evaluado sobre los últimos 12 meses) supera el límite de la tarifa doméstica correspondiente a su región
- **Dependencia de la red eléctrica:** En países con redes vulnerables como México (bajo margen de reserva de empleo y cortes programados), las soluciones como un sistema fotovoltaico más baterías ofrecen protección inmediata frente a interrupciones frecuentes.
- **Impacto ambiental:** La generación de electricidad a partir de fuentes convencionales, como el carbón, el petróleo y el gas natural, contribuye significativamente a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y al cambio climático. Estos combustibles fósiles, al ser quemados para producir energía, liberan grandes cantidades de CO₂ y otros contaminantes, lo que incrementa el calentamiento global y deteriora la calidad del aire. Además, su extracción y transporte pueden causar daños ecológicos y sociales considerables.
En contraste, los sistemas fotovoltaicos ofrecen una alternativa más limpia y sostenible. Durante su operación, generan electricidad sin emisiones directas de GEI, lo que ayuda a mitigar el cambio climático y mejora la calidad del aire. Aunque la fabricación de paneles solares implica algunas emisiones, estas son significativamente menores en comparación con las generadas por las plantas de energía convencionales.
- **Aprovechamiento insuficiente de recursos renovables:** La zona donde se instalará el sistema fotovoltaico cuenta con una irradiación 5,400 Wh/m² que favorece significativamente el rendimiento de un sistema fotovoltaico, ya que determina la cantidad de energía que los paneles pueden convertir en

electricidad, que no está siendo aprovechada para la generación de energía limpia.

5. Hipótesis

Se podrá establecer una metodología de diseño para la implementación de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red en México —que incluya dimensionamiento técnico (radiación, orientación, componentes, protecciones), cumplimiento energético-normativo (NOM, CFE-G0100-04, normas internacionales como IEEE 1547 y UL 1741/IEC 61727/62116) y análisis de retorno de. Dicha metodología permitirá asegurar instalaciones seguras, eficientes, normativamente conformes y económicamente viables, capaces de reducir significativamente el consumo eléctrico proveniente de la red de CFE.

6. Objetivos

6.1. Objetivo general.

Desarrollar una metodología integral para el diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red en México, que garantice la seguridad, eficiencia, conformidad normativa y análisis de retorno de inversión del sistema, contribuyendo así a la reducción del consumo eléctrico proveniente de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

6.2. Objetivos específicos.

- Dimensionar el sistema fotovoltaico de interconexión a la red.
- Diseñar el sistema eléctrico cumpliendo el Artículo 690-8 de la NOM-001-SEDE-201.
- Instalar e integrar adecuadamente el inversor de cadena, incluyendo su conexión conforme a normativas, así como la implementación y puesta en marcha de un sistema de monitoreo en tiempo real.
- Validar la metodología propuesta mediante su aplicación en un caso de estudio real o simulado que permita evaluar su funcionalidad y beneficios en términos de ahorro energético y retorno económico.

7. Metodología

7.1. Análisis del consumo promedio del edificio.

La metodología se llevó a cabo en tres etapas; se realizó un análisis del consumo promedio en el edificio, a la par se realizaron los cálculos del diseño del sistema, de igual manera la tercera etapa consiste en realizar una simulación en un software con los datos realizados en el dimensionamiento previamente realizando los cuales se describen a continuación:

Para poder llevar a cabo el análisis del consumo promedio se tuvieron que ver las lecturas registradas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE):



Imagen 6: Grafica de como calcular los Kwh anuales.

Después de identificar las lecturas que ofreció la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se realizaron las sustituciones de las fórmulas que se aprecian a continuación para poder determinar el consumo promedio del edificio:

Formulas ocupada para determinar el consumo promedio.

$$\text{Consumo anual} = \sum 6 \text{ bimestres (Kwh)},,,,,,,,,,,,,,(1)$$

$$\text{Consumo bimestral} = \text{consumo anual (Kwh)} / 6,,,,,,,,,,,,,(2)$$

$$\text{Consumo diario} = \text{consumo anual (Kwh)} / 365,,,,,,,,,,,,,(3)$$

Sustitución de las fórmulas.

$$\begin{aligned} \text{Consumo anual} &= 1950\text{Kwh} + 1406\text{Kwh} + 1603\text{Kwh} + 1958\text{Kwh} + 2321\text{Kwh} + \\ &2219\text{Kwh} = 11,097 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

$$\text{Consumo bimestral} = (11,097\text{Kwh}) / 6 = 1849.5 \text{ Kwh}$$

$$\text{Consumo mensual} = (11,097\text{kwh}) / 12 = 924.5 \text{ Kwh}$$

$$\text{Consumo diario} = (11,097 \text{ Kwh}) / 365 = 30.402 \text{ Kwh}$$

7.2. Cálculos de potencia fotovoltaica y número de módulos fotovoltaicos.

Después de determinar el consumo diario del edificio se deben de calcular la potencia fotovoltaica con los siguientes criterios.

Cálculo de la Potencia del Sistema Solar:

- Interamericana solar proporciono la fórmula (4) que se puede apreciar. Después se realizaron la sustitución de datos por los datos del lugar dónde se va a hacer la instalación.

$$P_{fv} = \frac{Ec*Fs}{Hsp*ns} = Kw,,,,,,,,,,,,,(4)$$

Para poder obtener los valores que requiere la fórmula de la imagen 8 se requieren los siguientes aspectos:

- Energía consumo día: Este dato fue el primer paso que se realizó así que se sabe que el dato es igual a 30.402 Kwh.
- Factor de seguridad: se determinó con un valor de uno ya que se le pidió ayuda a la empresa interamericana solar y esta determino que ese factor era el indicado para trabajar.
- Hora solar pico: este dato se obtuvo por medio de una tabla de datos de la nasa que identifico que la irradiancia promedio de la parroquia era de 5,400 Wh/m².

$$HSP = \frac{5,400 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ Wh/m}^2} = 5.4, \text{,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,} (5)$$

- Eficiencia del sistema: Este factor es esencial para calcular la cantidad real de energía que un sistema fotovoltaico puede producir en función de la radiación solar recibida. Esto es fundamental para prever ahorros en la factura de electricidad o para planificar la inversión en sistemas de energía renovable.

Factor	Eficiencia	Explicación
Eficiencia de los módulos.	0.90	Los módulos tienen una eficiencia reducida por factores como envejecimiento fallos en el diseño.
Perdidas por temperatura	0.95	Perdidas debidas a temperaturas superiores a 25°C.
Perdidas por suciedad y sombreado.	0.92	Perdidas debido a sombreado parcial o acumulación de polvo en los paneles.

Eficiencia del inversor	0.96	Perdida de eficiencia en la conversión de corriente directa a alterna.
Perdidas en cables	0.98	Perdidas menores debido a la resistencia de los cables.
Pérdidas totales		1

Tabla 1. Tabla de pérdidas del sistema fotovoltaico.

Después de realizar la sustitución de los datos se realizó el cálculo de la potencia fotovoltaica necesaria para poder suministrar la energía que requiere el sistema.

$$HSP = \frac{5,400 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ Wh/m}^2} = 5.4, \dots, (6)$$

Nota: para este arreglo se pidió que solo se requería que la parroquia llegará a tarifa 1 se dejó una potencia fotovoltaica de 7.2 kw.

7.2 Determinación del Número de módulos:

- Se debe de selecciona módulos fotovoltaicos con una potencia nominal que se alinee con la potencia del sistema calculado. El número de módulos requerido se obtiene mediante la fórmula (7).

$$No. \text{ Módulos} = \frac{\text{Potencia fv en watts}}{\text{potencia de modulos fotovoltaicos stc}}, \dots, (7)$$

Después de las sustituciones se obtuvo que se requerían 16 Módulos fotovoltaicos para poder satisfacer la demanda energética del sistema.

$$No. \text{ Módulos} = \frac{7,200 \text{ W}}{450 \text{ W}} = 16 \text{ Módulos fotovoltaicos}$$

7.3 Corrección de voltaje por temperatura.

La corrección de voltaje por temperatura en un sistema fotovoltaico es una parte crucial para asegurar que el sistema funcione de manera eficiente bajo diferentes condiciones ambientales, pero es indispensable tomar en cuenta este dato ya que en el artículo 690-7 de la norma oficial mexicana de electricidad.

Importancia de cubrir el artículo 690-7:

- **Compensación de la Variación del Voltaje con la Temperatura:**

Los paneles solares tienen un coeficiente de temperatura, lo que significa que su voltaje de salida varía con los cambios de temperatura. Por lo cual la corrección de voltaje por temperatura ajusta los cálculos para prever cómo la temperatura afecta el rendimiento de los paneles.

- **Optimización del Diseño del Sistema:**

Al momento de diseñar un sistema fotovoltaico, es crucial tener en cuenta la variación del voltaje debido a los cambios de temperatura.

Esto garantiza que:

- 1) Los inversores y otros componentes eléctricos estén dimensionados correctamente para manejar el rango de voltajes esperados.
- 2) Se eviten sobretensiones o sub tensiones que puedan dañar el equipo o reducir la eficiencia del sistema.

- **Garantizar el Cumplimiento del Punto de Máxima Potencia (MPP):**

Los sistemas fotovoltaicos están diseñados para operar cerca del punto de máxima potencia (MPP), donde generan la máxima energía. La corrección por temperatura asegura que el sistema pueda ajustarse dinámicamente para seguir el MPP a pesar de las variaciones de temperatura.

7.4 Voltaje máximo de entrada del inversor.

El sistema consta de 2 strings de 8 módulos cuales están distribuidos de la siguiente manera.

- MPPT 1, 1 strings de 8 módulos fotovoltaicos
- MPPT 2, 1 string de 8 módulos fotovoltaicos

Se calcula calculan el número de paneles por strings en base al máximo voltaje de entrada en el inversor el cual es de 420 vcd.

Se calcula un Nuevo voltaje de circuito abierto considerando el factor temperatura con los criterios del articulo 690-7.

$$Voc\ max = Voc * [1 + (T\ min - T\ stc) * Tk\ Voc] ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,(8)$$

Voc: Voltaje de circuito abierto

Tmin: Temperatura mínima registrada en la zona

Tstc: Condiciones de prueba estándar del modulo

***Tk Voc: Coeficiente de temperatura del módulo en
circuito abierto***

Después de checar los datos de la placa del módulo fotovoltaico se debe de sustituir los valores requeridos para sustituir los valores de la fórmula (8).

$$Voc\ máx = 49.6 \times [1 + (-7.5^{\circ}C - 25^{\circ}C) \times -0.29\%/^{\circ}C]$$

$$Voc\ máx = 49.6 \times [1 + (-32.5^{\circ}C) (-0.25\%/^{\circ}C)]$$

$$Voc\ máx = 49.6 \times [1 + (8.125\%/100)]$$

$$V_{oc} \text{ máx} = 49.6 \times 1.0812$$

$$V_{oc} \text{ máx} = 53.65 \text{ voc (string 1 y string 2)}$$

Por último, debemos de determinar el voltaje máximo que permite la entrada del inversor este resultado se obtiene por medio de la fórmula (9).

$$N \text{ max de MF} = V_{\text{max del inversor}} / V_{\text{max del Voc}}, \dots, (9)$$

Al sustituir las variables de la formula con los valores obtenidos por la fórmula de la imagen 10 y los datos de la ficha técnica del inversor se determina cuantos módulos fotovoltaicos permite el inversor.

$$N \text{ max de MF} = 600 \text{ V} / 53.65 \text{ voc} = 11 \text{ modulos fotovoltaico}$$

Después de corroborar que el voltaje de corrección de temperatura de los módulos fotovoltaicos comprobamos que el inversor puede trabajar con el voltaje de los 8 módulos sin sufrir ningún tipo de problema.

$$V \text{ máx del inversor (600V)} \geq V \text{ máx del Voc (429.2V)}.$$

7.5 Dimensionamiento del circuito fuente del sistema (DC).

La norma que se tomó para poder realizar los dimensionamientos para las protecciones de corriente alterna fue la NOM-001-SEDE-2012 ya que las normas

oficiales mexicanas son de carácter obligatorio en el territorio donde se llevó a cabo la instalación.

Para realizar un dimensionamiento adecuado de la salida del circuito fuente del sistema fotovoltaico se deben seguir los siguientes pasos:

7.5.1 Cálculo de corriente máxima del circuito fuente de salida del circuito fotovoltaico.

Se debe de calcular la corriente máxima de la salida del circuito fuente esto sirve para poder saber el amperaje se va inyectar a la red se debe de seguir la fórmula (10).

$$\text{Corriente máxima} = 1.25 * (\text{corriente de cortocircuito del panel} \times \text{No. Cadenas en paralelo}) \quad (10)$$

Para obtener la corriente máxima del panel para poder identificar la mejor ampacidad del dispositivo de protección contra sobre corriente se deben sustituir las variables de la fórmula de la imagen (11) con los valores del módulo fotovoltaico y del número de cadenas del sistema.

$$\text{Corriente maxima} = 1.25 * (11.53 \text{ A} \times 1) = 14.41 \text{ A} \quad (11)$$

Para poder determinar el amperaje de operación que requiere el dispositivo de protección contra sobre corriente que requiere el sistema se requiere seguir el siguiente paso.

7.6 Cálculo de dispositivos de protección contra sobre corriente (DC).

Este paso se debe seguir ya que los dispositivos de protección contra sobre corriente es un carácter que se piden en artículo 690-9 (b) de la Nom-001-SEDE-2012 (se tiene que seguir la fórmula 12).

$$DPSC = I_{max} \times 1.25, \text{,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,, (12)}$$

DPSC: Dispositivos de protección contra sobre corriente

I_{max}: Corriente máxima

Para poder identificar el amperaje optimo que tiene que soportar el dispositivo de protección contra sobre corriente para poder proteger el inversor del sistema y para ello se debe de sustituir las variables de la fórmula 11.

$$DPSC = 14.41A \times 1.25 = 18.01A$$

Como en el resultado de la fórmula para el cálculo de protección contra sobre corriente (DPCS) nos dio un numero decimal tenemos que ver el artículo 220-5b de la Nom-001-SEDE-2012.

220-5b: Cuando los cálculos den como resultado un numero en decimal se permitirá redondear al amperaje más cercano.

En el caso del arreglo se requiere dos disyuntores con un rango de operación de 18A para poder proteger la corriente de salida de las dos cadenas, pero como los disyuntores comerciales proporcionado por el distribuidor no son de 18A se escogieron dos disyuntores de 20A.

7.6.1 Cálculos de conductores del circuito fuente FV.

Para poder elegir un conductor que satisfaga las necesidades del sistema se debe de seguir la tabla que indica 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012 tomando la corriente en condiciones de prueba estándar del módulo fotovoltaico multiplicándolo con el 125%.

Tabla 310-15(b)(16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C*

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
		TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW- LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW- 2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
0.824	18"	—	—	14	—	—	—
1.31	16"	—	—	18	—	—	—
2.08	14"	15	20	25	—	—	—
3.31	12"	20	25	30	—	—	—
5.26	10"	30	35	40	—	—	—
8.37	8	40	50	55	—	—	—
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205

Tabla 2. 310-15(b)(16) aplica para cables instalados en tubo (Conduit) y directamente enterrados.

Para poder determinar el calibre del conductor se debe de seguir la fórmula 13 para poder evitar daños en el cable conductor de la salida de las cadenas de los módulos fotovoltaico.

$$I_{mp\ conductor\ 60^{\circ}C} \geq 1.25 * Corriente\ maxima \text{ ,,,,,,,,,,,,,,} (13)$$

Al sustituir las variables de la fórmula 12 se identificó que el calibre necesario para el circuito es de 12 AWG ya que la ampacidad del cable es mayor que la corriente máxima de salida de las cadenas.

$$30\ A\ (Ampacidad\ 10\ AWG\ 60^{\circ}C) \geq 1.25(14.41\ A)$$

$$30\ A\ (Ampacidad\ 10\ AWG\ 60^{\circ}C) \geq 18.01\ A$$

Con los resultados de la fórmula 12 se determina que el cable calibre 10 AWG es suficiente para aguantar la corriente del arreglo por lo cual no habrá ningún tipo de problema a la instalación.

7.7 Cálculo de dispositivos de protección contra sobre corriente (CA).

Para poder determinar el dispositivo de protección contra sobre corriente para la entrada del inversor se debe de seguir los requisitos del artículo 690-8 a) 3) la norma oficial mexicana-001- SEDE -2012.

Para determinar el amperaje de operación de la protección de salida del inversor se debe de seguir la fórmula 14.

$$DPSC = 1.25 * 31.7 A = 39.2 A, (14)$$

Al llevar a cabo la sustitución de la fórmula de la imagen 21 se puede calcular que el sistema requiere un dispositivo de protección contra sobre corriente con un rango de operación de 40 A para poder asegurar la protección del tablero de distribución del edificio.

DATOS DE SALIDA

Potencia máxima de salida a 240 V	7600 VA
Potencia máxima de salida a 208 V	7600 VA
Rango de frecuencia	45 - 66 Hz
Frecuencia nominal de operación	60 Hz
Distorsión armónica total	< 5 %
Máxima corriente de salida continua a 240 V	31,7 A

Imagen 7. Datos de salida del inversor.

Por lo cual se optó por instalar un interruptor termomagnético con una capacidad de 40 A de dos polos a 220 V bidireccional para asegurar la correcta interconexión.

7.7.1 Dimensionamiento de conductores del circuito de salida (AC).

Para poder determinar el dispositivo de protección contra sobre corriente para la salida del inversor se debe de seguir los requisitos del artículo 690-8 a) 3) la norma oficial mexicana-001- SEDE -2012.

Para poder calcular el calibre del cable se debe de seguir la fórmula 13 para poder asegurar la integridad del sistema eléctrico del lugar de instalación.

$$40 A (\text{Ampacidad } 8 \text{ AWG } 60^{\circ}C) \geq 1.25(31.7 A)$$

$$40 A (\text{Ampacidad } 8 \text{ AWG } 60^{\circ}C) \geq 39.6 A$$

Después de realizar los cálculos para determinar el calibre del cable para llevar a cabo la interconexión se determinó que el calibre 8 AWG es el calibre más óptimo para este sistema por lo cual se ocuparan 4 cables ya que el inversor tiene salida bifásica.

7.8 Simulación del sistema fotovoltaico.

Después se realizó un diseño detallado del sistema, teniendo en cuenta la ubicación de los módulos fotovoltaicos, orientación, inclinación y otros factores específicos del lugar.

Se tomaron las dimensiones del lugar donde se llevaría a cabo la instalación se tomó en cuenta el área total de instalación, la inclinación del plano horizontal de referencia, la orientación, las dimensiones de los obstáculos que creen sombras y la distancia hasta el tablero general de distribución.

Después de tener los datos anteriores se metieron a una plataforma software llamada helioscope para poder realizar un análisis del sistema para poder checar la viabilidad del proyecto.



Imagen 8. Diseño por el software helioscope.

Al poder observar los datos que nos proporcionó el simulador del software se pudo observar que el sistema no tiene ningún problema de sombra por lo cual se puede llevar a cabo el arreglo sin problemas atmosférico y asegurar la eficiencia del sistema fotovoltaico.

Posterior mente se revisan los datos de la producción de energía producida del sistema para poder corroborar la viabilidad del proyecto.

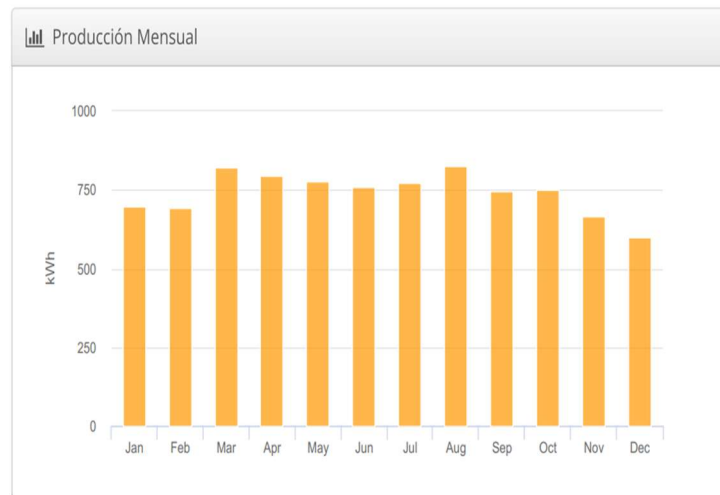


Imagen 9. Producción anual de la simulación de helioscope.

Después de que se realizó el diseño del software helioscope y poder apreciar los que los resultados son favorables se realizó después el diagrama unifilar para poder determinar la lista de materiales que se requería para poder llevar a cabo la instalación del sistema fotovoltaico.

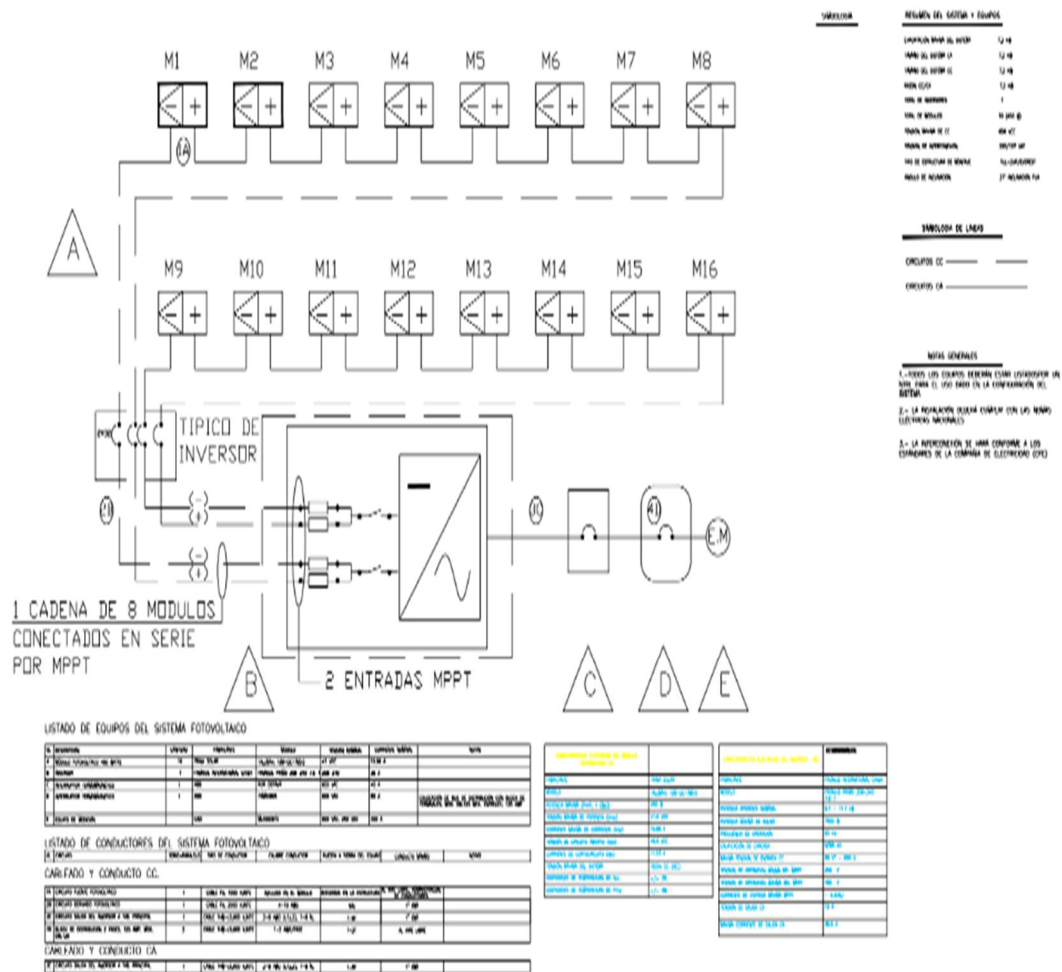


Imagen 10. Diagrama unifilar del sistema.

El diagrama unifilar aparte de ser una gran ayuda a los instaladores del sistema es una parte necesaria para poder firmar el contrato con la comisión federal de electricidad por lo cual se debe de hacer respetando la simbología de la Nom-001-SEDE-2012.

7.9 Instalación del sistema.

Después de que se realizó el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se pudo proceder con el siguiente paso que es llevar a cabo la instalación del sistema siguiendo las indicaciones que interamericana proporciona en sus capacitaciones.

Este tipo de sistema genera electricidad a partir de la radiación solar mediante paneles fotovoltaicos y la inyecta directamente al sistema eléctrico del inmueble, complementando o reemplazando el consumo de energía proveniente de la red pública.

Los principales componentes del sistema son:

- Módulos Fotovoltaicos.
Tipo: Monocristalinos / Policristalinos
- Inversor.
Convierte la corriente continua (DC) generada por los paneles en corriente alterna (AC) sincronizada con la red.
- Estructura de Montaje.
Soportes metálicos resistentes a condiciones climáticas, fijados sobre techo o suelo.
- Sistema de Monitoreo.
Permite visualizar la generación en tiempo real.
- Cableado y Protecciones Eléctricas.
Cables DC y AC, protecciones contra sobre corriente, sobretensión, y sistema de puesta a tierra.
- Medidor Bidireccional.
Mide tanto la energía consumida de la red como la inyectada por el sistema fotovoltaico.

7.9.1 Importancia de los medios de sujeción en sistemas de montaje según las normas mexicanas.

Con el auge de los sistemas de energía solar en México, el trabajo sobre estructuras fotovoltaicas se ha vuelto cada vez más frecuente, especialmente en techos, azoteas y campos abiertos. Esta tendencia no solo implica innovación tecnológica, sino también nuevos retos en materia de seguridad laboral. Una de las decisiones más críticas en este ámbito es la correcta elección del tipo de anclaje, elemento fundamental para prevenir caídas durante la instalación, mantenimiento o inspección de paneles solares. Esta decisión está regulada por la NOM-009-STPS-2011, que establece los lineamientos mínimos para la protección en trabajos en altura.

En las estructuras fotovoltaicas, no todos los anclajes son iguales ni sirven para los mismos fines. La variedad de superficies —desde láminas metálicas hasta losas de concreto o estructuras elevadas— exige la selección cuidadosa del tipo de anclaje más adecuado. Los anclajes permanentes son ideales para sistemas instalados de forma fija y donde se realizarán mantenimientos recurrentes, mientras que los anclajes temporales o portátiles son más útiles en instalaciones de corta duración o en zonas donde no es viable perforar o modificar la estructura.

La NOM-009-STPS-2011 señala que los puntos de anclaje deben soportar una carga mínima de 5,000 libras-fuerza (22.2 kN) por trabajador conectado, a menos que el sistema esté certificado para una resistencia menor. Esta capacidad debe ser garantizada a través de una evaluación estructural previa, la cual permita determinar la resistencia del soporte y del tipo de anclaje a utilizar.

Entre los tipos de anclaje más comunes en instalaciones fotovoltaicas se encuentran:

1. Anclajes mecánicos para concreto o acero

Estos anclajes se fijan directamente a una superficie estructural mediante expansión o pernos. Se usan cuando se puede perforar el techo o la estructura sin comprometer su integridad.

Ejemplos:

- Pernos de expansión (tipo wedge) para concreto: Se insertan en orificios perforados en la losa del techo para fijar líneas de vida horizontales o bases de anclaje.
- Anclajes tipo “eye bolt” atornillados a vigas metálicas: Comúnmente usados para techos de estructuras de acero donde se instalan rieles de montaje para paneles solares.
- Placas de anclaje con pernos pasantes: Ideales para instalación permanente en techos industriales de concreto.

2. Anclajes químicos

Utilizan resinas epóxicas para fijar varillas o pernos en superficies donde se requiere una fijación sólida sin expansión que cause daño estructural.

Ejemplos:

- Varillas roscadas adheridas con resina epóxica en concreto: Útiles en techos antiguos donde los métodos de expansión pueden generar grietas.
- Sistemas Hilti HIT-HY o similares: Proveen anclajes de alta resistencia en concreto sin generar tensiones que comprometan la superficie.

3. Anclajes de contrapeso

No requieren perforación ni modificación estructural. Usan su propio peso para mantener un punto de anclaje seguro.

Ejemplos:

- Sistemas de anclaje con lastre (peso muerto): Estructuras con bloques de concreto o acero (como el sistema Kee Anchor) que se colocan sobre techos planos sin fijación permanente.
- Placas de anclaje con balasto incorporado: Usadas comúnmente en techos con membrana impermeable donde no se puede perforar.

La elección del tipo de anclaje también debe considerar la compatibilidad con el sistema de sujeción, la movilidad necesaria del trabajador y las condiciones ambientales del sitio, como presencia de viento o humedad.

En conclusión, los tipos de anclaje no son una solución estándar, sino una decisión técnica que debe basarse en las características de la estructura fotovoltaica, el entorno de trabajo y los riesgos asociados. Cumplir con las normas mexicanas, como la NOM-009-STPS-2011, y seleccionar el tipo correcto de anclaje no solo protege vidas, sino que refleja el compromiso de las empresas con la seguridad, la eficiencia operativa y la sostenibilidad.

El primer paso que se realizó para poder llevar a cabo la instalación fue realizar las perforaciones para poder colocar el taquete químico que se recomendó instalar para poder tener un anclaje óptima para evitar los daños por sujeción.

Pasos para instalación de taquete químico de la marca enjot:

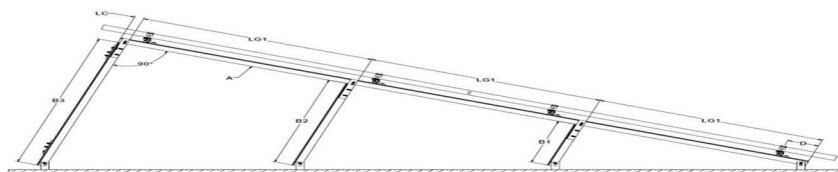
- Realizar las marcas de los puntos de perforación donde se va a llevar a cabo la fijación de la base.
- Realizar la perforación en la losa con una broca adecuada para los espárragos donde se va llevar a cabo el anclaje.
- Se realiza la limpieza de las perforaciones para permitir que el químico tenga una correcta adherencia a la superficie de fijación.
- Cepillar y limpiar nuevamente para evitar cualquier tipo de impureza que evite la correcta fijación del taquete.
- Aplicar el taquete químico siguiendo las especificaciones del fabricante junto con los espárragos de acero inoxidable que proporciona el fabricante.
- Colocar el elemento de fijación donde se van a sujetar los rieles de la estructura donde se va a instalar los módulos fotovoltaicos.

- Colocar una junta elástica, empaque de teflón o de neopreno para evitar la corrosión o par galvánico.



Imagen 11. Ejemplo de una correcta instalación del taquete químico.

El segundo paso para poder realizar la instalación se realizaron los cortes de los rieles de aluminio anodizado para poder realizar el armado de la base donde se fijarán los módulos fotovoltaicos siguiendo las hojas de cálculo del fabricante ya que en este arreglo se optó por una estructura prefabricada ya que esta tiene rieles con un grado marino que evita el par galvánico y es muy resistente.



Dimensión	Descripción	Vertical
		72 Celdas
A	Long. Riel N-S	3.76
B1	Long. Pata 1	0.43
B2	Long. Pata 2	0.86
B3	Long. Pata 3	1.04
D	Dist. Riel E-O	0.19
LC	Volado Trasero	0.11
LG 1	Dist. Soporte N-S 1	1.17

Imagen 12. Dimensiones proporcionadas por la empresa K2 sistema.

Ya que si no se siguen las medidas de cortes establecidas por el fabricante puede afectar la inclinación de los módulos fotovoltaicos por lo cual se puede comprometer la eficiencia del sistema.



Imagen 13. Ejemplo de cómo realizar los cortes.

El paso número tres consta de realizar el armado de la estructura metálica tomando en cuenta las instrucciones del fabricante para evitar daños estructurales por la fuerza de succión del viento.



Imagen 14. Ejemplo del proceso de armado de la base.

Ya que un mal armado puede provocar comprometer la estructura de la base y por consiguiente traer problemas a los módulos fotovoltaicos, a las conexiones de los módulos, etc.

Este paso se debe de seguir tomando en cuenta el torque que establece el fabricante ya que así se asegura la sujeción del sistema y evita problemas con ráfagas de viento fuertes.

TORQUE DE LAS PIESAS DE SUJECIÓN (K2 system).		
PIEZAS	FUNCIÓN	TORQUE (NM)
Mid Clamp Silver	Brindar sujeción a los módulos en la parte media del módulo fotovoltaico.	16.3 Nm
End Clamp	Brindar sujeción a los módulos en la parte final del módulo fotovoltaico.	14 Nm
T-Bolts M10	Tornillería para unir la estructura.	3.9 Nm
Climber Set tornillo Allen M8	Pieza especial para tirantes traseros de la estructura.	16.0 Nm
Everest Ground Lug	Sujeción de la puesta a tierra del equipo(base).	13.55Nm
Climber Set tornillo Allen M8	Medio de sujeción del riel de sujeción de los módulos.	16.0 Nm

Tabla 2. Torque para las piezas de la estructura

El cuarto paso consistió en llevar a cabo la instalación de los módulos fotovoltaicos sobre la estructura siguiendo las instrucciones del fabricante y la orientación del diseño realizado en el software helioscope.



Imagen 15. Proceso de instalación de los módulos.

Una vez que los rieles y soportes están instalados y asegurados, es hora de colocar los módulos fotovoltaicos.

Posicionamiento de los módulos.

Coloca los módulos solares sobre los rieles de forma que los agujeros de fijación de los módulos coincidan con las ranuras de los rieles K2.

- Asegúrate de dejar un espacio adecuado entre los módulos para permitir la expansión térmica y el drenaje de agua si es necesario.

Fijación de los módulos a los rieles.

- Los módulos fotovoltaicos se fijan a los rieles usando un sistema de fijación que generalmente incluye clips o abrazaderas.
- Coloca las abrazaderas en los bordes de cada módulo y asegúralas a los rieles con los tornillos correspondientes. Asegúrate de que la fijación sea lo suficientemente firme para evitar cualquier movimiento, pero sin apretar demasiado para no dañar el módulo.

Pasos para fijar los medios de sujeción del marco del módulo.

- Coloca las abrazaderas de modo que el panel solar se sujete firmemente sin que la presión directa sobre el marco del módulo sea excesiva.
- Utiliza las tuercas y tornillos adecuados para fijar las abrazaderas a los rieles, asegurando que el módulo quede firmemente sujetado.

Verificación de la alineación.

- Usa una **cinta métrica** o **calibrador** para verificar que los módulos estén correctamente alineados.
- Asegúrate de que la instalación sea recta y nivelada, tanto de manera horizontal como vertical.

Revisión y ajuste de la instalación.

- **Comprobación de las fijaciones:** Asegúrate de que todos los tornillos y fijaciones estén apretados correctamente, pero sin exceder el torque recomendado en el manual.
- **Asegurar la correcta ventilación:** Los paneles fotovoltaicos deben estar instalados con suficiente espacio entre ellos para permitir la circulación de aire y evitar el sobrecalentamiento.
- **Revisión de la seguridad:** Revisa que no haya cables sueltos ni elementos que puedan generar peligro.

Comprobación final.

- **Comprobación de estabilidad:** Asegúrate de que los módulos estén firmemente sujetos a la base K2 Systems y que no haya movimiento.
- **Revisión del sistema completo:** Verifica que el sistema esté instalado conforme a los planos y que todos los elementos estén asegurados correctamente.
- **Inspección de calidad:** Finalmente, realiza una inspección visual para confirmar que todos los módulos estén bien alineados, sin daños y que la estructura sea estable.

7.10 Instalación de sistema de protección contra sobre corriente (DC).

El primer paso para poder instalar los sistemas de protección contra sobre corriente se deben de conectar los módulos en conexión en paralelo ya que en este sistema se ocupa esta conexión ya que lleva un inversor de cadenas.

La conexión en serie se realiza conectando cada panel entre sí de manera directa formando una especie “cadena”, es decir, se conecta el polo positivo de un módulo fotovoltaico con el polo negativo del siguiente y así sucesivamente, acumulando el voltaje de todas ellas a la salida y creando un circuito en serie [51].

Características de la conexión en serie:

- Los paneles están conectados unos a otros, por lo que el fallo en uno de ellos afecta al funcionamiento completo de la planta.
- Se suma el voltaje de todos y cada uno de los paneles solares.
- Los amperios de corriente eléctrica permanecen iguales y constantes. Ni aumentan, ni disminuyen.

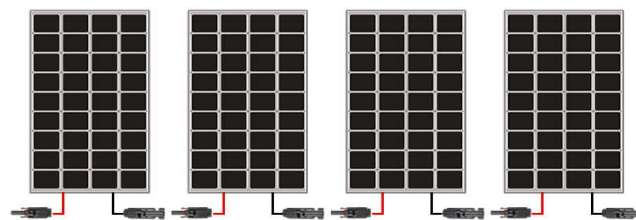


Imagen 16. Ejemplo de conexión en serie [52].

Para para posteriormente poder llevar a cabo la instalación de los dispositivos de protección después se llevó a cabo la conexión en serie de las dos cadenas de módulos contra sobre corriente.



Imagen 16. Procesos de instalación de los módulos a los DCPS de corriente directa.

El paso siguiente fue llevar a cabo la conexión de la caja de DCPS de corriente directa hacia los seguidores del punto de máxima potencia del inversor de cadena de la marca Fronius (dicho proceso se llevó a cabo con las protecciones sin energía para poder evitar cualquier tipo de accidentes) [53].

Ubicación de los disyuntores

- **Disyuntores en corriente continua (CD):** Se instalan entre los **paneles solares y el inversor**. Su función es proteger el circuito del lado DC en caso de sobre corrientes o cortocircuitos.

Selección adecuada del disyuntor

- Debe ser **bipolar** o **unipolar**, según la configuración del sistema (positivo y negativo si es CD).
- El valor del disyuntor debe ser al menos el **125% de la corriente máxima** que entregará el arreglo fotovoltaico.
- En sistemas con múltiples cadenas (strings), cada uno puede requerir protección individual.

Instalación y seguridad

- Instalar en **cajas estancas** o gabinetes con grado IP adecuado para exteriores si es necesario.
- Asegurar que estén **claramente rotulados** y accesibles.
- Los disyuntores deben poder **accionarse manualmente** para realizar mantenimientos seguros.

7.11 Instalación del inversor de cadena.

Instalar un inversor para un sistema solar fotovoltaico es una tarea técnica que debe realizarse siguiendo las instrucciones específicas del fabricante y asegurando el cumplimiento de las normativas locales de seguridad eléctrica. A continuación, se detallan los pasos generales para realizar la instalación, pero es fundamental que un electricista certificado o un técnico especializado supervise o realice la instalación si no tienes experiencia en este tipo de trabajo [54].



Imagen 18. Instalación del inversor de cadena.

1. Preparativos previos

- Verificar los componentes: Asegúrate de tener todo el equipo necesario, incluyendo el inversor Fronius, cables, disyuntores, caja de conexiones, y demás componentes del sistema fotovoltaico.

- **Seleccionar el lugar adecuado:** El inversor debe instalarse en un lugar seco, ventilado y protegido de la humedad. Asegúrate de que el área elegida tenga suficiente espacio para la instalación y mantenimiento.
- **Revisar la normativa local:** Verifica los requisitos de instalación según las normativas de tu país o región, especialmente las relacionadas con la conexión a la red eléctrica.

2. Instalación de la base del inversor

- **Montaje de la base o soporte:** La mayoría de los inversores Fronius vienen con un soporte de pared. Utiliza el soporte adecuado para tu modelo y coloca el inversor en la pared con los pernos, asegurándote de que quede nivelado y a la altura adecuada para facilitar las conexiones.
- **Fijar el inversor a la base:** Una vez colocado el soporte, fija el inversor a la base de manera segura utilizando los tornillos o sistemas de fijación proporcionados por el fabricante.

3. Conexión de los paneles solares al inversor

- **Conectar los cables de corriente continua (CC):** Los paneles solares generan electricidad en corriente continua, que debe ser conectada al inversor a través de la parte de entrada.
 - Utiliza cables adecuados para corriente continua con el grosor recomendado.
 - Conecta el cable positivo (+) y negativo (-) desde los paneles al inversor, siguiendo las indicaciones en el manual del inversor.
- **Verificar polaridad y conexiones:** Asegúrate de que las conexiones sean correctas, ya que una mala conexión puede dañar el inversor o reducir su eficiencia.

4. Conexión a la red eléctrica

- **Instalar un interruptor de desconexión:** Según las normativas locales, debe instalarse un interruptor de desconexión para separar el inversor de la red eléctrica en caso de mantenimiento o emergencias.

- Conectar la salida del inversor a la red: El inversor Fronius tendrá una salida de corriente alterna (CA) que se conecta a la red eléctrica de tu hogar o a la red pública (en sistemas conectados a la red). Esta conexión debe realizarse mediante un cable adecuado y con un disyuntor para proteger el sistema.
- Verificar la conexión a tierra: Asegúrate de que todas las conexiones a tierra estén correctamente realizadas, tanto para el inversor como para los paneles solares. La correcta conexión a tierra es crucial para la seguridad.

5. Prueba de funcionamiento

- Verificar la salida de energía: Enciende el inversor y verificar que esté generando electricidad a partir de los paneles solares. Comprobando las lecturas en la pantalla del inversor.
- Verificar la conexión a la red eléctrica: Asegúrate de que la energía generada por el sistema esté siendo correctamente inyectada a la red eléctrica (si es un sistema conectado a la red) o esté siendo utilizada para consumo en el lugar de instalación (hogar, comercio y/o empresa).

6. Revisión final y seguridad

- Revisión de seguridad: Asegúrate de que todas las conexiones sean seguras, que no haya cables sueltos y que no haya riesgos de cortocircuitos.
- Verificar el funcionamiento del sistema: Durante el primer día de operación, revisa que el sistema esté funcionando de manera correcta, asegurándote de que el inversor esté mostrando la cantidad adecuada de producción de energía.

Posterior a la conexión de la parte de corriente directa se realizó la instalación de corriente alterna del inversor hacia la caja de interconexión para después montar la parte electrónica del inversor.



Imagen 19. Procesos para la instalación del inversor.

El último paso para finalizar la instalación del inversor Fronius se realizó la puesta en marcha y monitoreo del inversor siguiendo las instrucciones del fabricante.

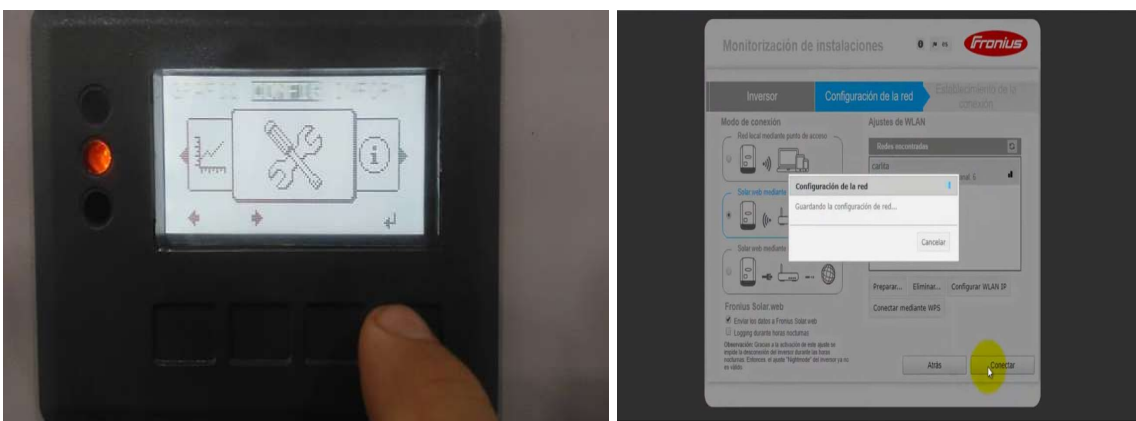


Imagen 20, procesos para llevar a cabo el monitoreo.

5. Configuración del inversor

- Configurar parámetros básicos: Una vez conectado, sigue las instrucciones del manual para configurar el inversor, como la fecha, hora y parámetros específicos del sistema (como el tipo de conexión a la red o la configuración de los paneles solares).
- **Conectar al monitor de rendimiento (opcional):** Muchos inversores Fronius permiten la monitorización remota del rendimiento del sistema a través de una
- app o plataforma web. Si tienes esta opción, sigue los pasos para conectarlo a tu red Wi-Fi o Ethernet.
-

7.12 Instalación de sistema de protección contra sobre corriente (AC).

Los breakers de corriente alterna (CA) son esenciales en un sistema fotovoltaico porque protegen el sistema eléctrico y garantizan la seguridad de las personas y los equipos [39].

funciones principales:

- Protege el circuito de salida del inversor (lado AC).
- Permite desconexión segura en mantenimientos o emergencias.
- Sirve como punto de corte entre el inversor y el tablero principal (o la red pública).
- En sistemas híbridos, también puede proteger cargas críticas o salidas de respaldo.

Pero antes de su instalación se deben de tomar en cuenta los parámetros eléctricos de los breakers son importantes para saber cuándo va actuar y cómo proteger un sistema. Si eliges mal esos parámetros, el breaker puede fallar en proteger, o incluso estropear el sistema.

Parámetros eléctricos importantes de los breaks.

Parámetro	Consideración
Voltaje	Debe coincidir con el de salida del inversor: 120V, 240V, 208V, 480V, etc.
Corriente nominal	$\geq 125\%$ de la corriente máxima de salida del inversor. Ej: si el inversor da 30A, usar breaker de 40A.
Tipo de polos	1P (monofásico), 2P (bifásico 240V), 3P (trifásico).
Curva de disparo	Tipo C o D (para cargas inductivas como motores o inversores).
Capacidad de ruptura	Según cortocircuito disponible en el punto de instalación (en kA).

Tabla 3: Parámetros a considerar al momento de instalar breaks para (AC).

Al final se debe de instalar los breaks de (AC) para poder concluir con los pasos para poder poner en marcha el sistema fotovoltaico asegurando la seguridad del punto de interconexión del sistema

Pasos para la instalación:

Paso 1: Seguridad

- Des energizar todo el sistema.
- Verificar con multímetro que no hay tensión.
- Etiquetar “trabajo en curso”.

Paso 2: Montaje del breaker

- Asegúrate de que sea compatible con el riel del tablero (DIN o de tornillo).
- Insertar el breaker en el espacio asignado dentro del tablero.

Paso 3: Conexión de conductores

- Conectar:
 - Salida de fase(s) del inversor → entradas del breaker.
 - Salida del breaker → hacia el tablero principal o cargas.
- Conectar neutro y tierra a las barras correspondientes.
- Usar terminales adecuados y apretar con torque especificado por el fabricante.

Paso 4: Etiquetado

- Etiquetar el breaker: “Salida inversor FV”, “Back-up”, “Red Pública”, etc.

6. Verificación y prueba

- Revisar continuidad de los cables con breaker abierto.
- Energizar el sistema progresivamente.
- Medir voltaje de salida en el breaker.
- Confirmar ausencia de calentamiento o ruidos.
- Probar disparo manual del breaker (si es posible)

8. Resultados y discusión

Después de que se llevaron a cabo los pasos necesarios para poder llevar a cabo un sistema fotovoltaico interconectado a la red nacional se pueden admirar los siguientes resultados:

- Poder comprobar la factibilidad de implementar una energía renovable:

Al estar conectados a la red, los sistemas fotovoltaicos pueden utilizar la red eléctrica como respaldo en caso de que la generación solar sea insuficiente, asegurando así un suministro estable y confiable.

- Reducción de las facturas eléctricas:

Al generar electricidad a partir de la energía solar, los propietarios de sistemas fotovoltaicos interconectados pueden reducir o eliminar sus facturas de electricidad al utilizar la energía generada y, en algunos casos, vender el exceso a la red.

Periodo	Demanda kW	Consumo total kWh	Factor potencia %	Factor carga %	Precio medio (MXN)
ABR 22		2,219			3.4765
JUN 22		1,252			3.6487
AGO 22		1,529			3.6251
OCT 22		1,455			3.6584
DIC 22		1,882			3.6607
FEB 23		2,319			3.6351
ABR 23		1,509			3.7391
MAY 23		107			4.2463
JUN 23		0			0.0000
JUL 23		0			0.0000
AGO 23		0			0.0000
SEP 23		0			0.0000
OCT 23		0			0.0000

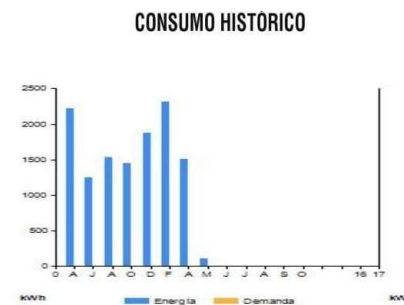


Imagen 21. Graficas del consumo posterior de la instalación del sistema fotovoltaico.

- Retorno de la Inversión (ROI):

Los sistemas interconectados a menudo tienen tiempos de retorno de la inversión más rápidos, ya que pueden aprovechar la red como un "medio de almacenamiento virtual" para el excedente de energía generada.

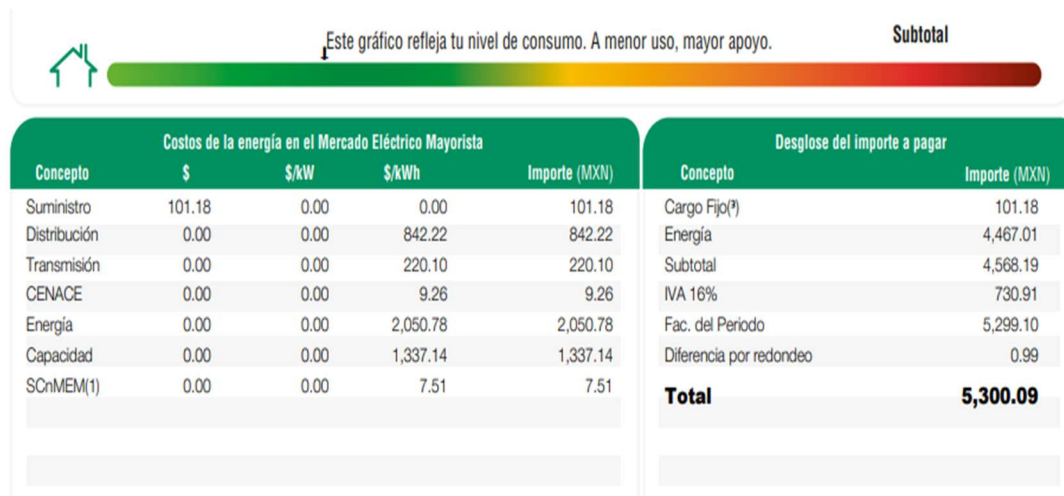


Imagen 22. costo de la factura antes de la instalación fotovoltaica.

Costos de la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista					Desglose del importe a pagar	
Concepto	\$	\$/kW	\$/kWh	Importe (MXN)	Concepto	Importe (MXN)
Suministro	58.25	0.00	0.00	58.25	Cargo Fijo(9)	58.25
Distribución	0.00	0.00	0.00	0.00	Energía	0.00
Transmisión	0.00	0.00	0.00	0.00	Subtotal	58.25
CENACE	0.00	0.00	0.00	0.00	IVA 16%	9.32
Energía	0.00	0.00	0.00	0.00	Facturación del Periodo	67.57
Capacidad	0.00	0.00	0.00	0.00	Adeudo Anterior	68.13
SCnMEM(1)	0.00	0.00	0.00	0.00	Su Pago	68.00-
Total	58.25	0.00	0.00	58.25	Total	\$67.70

Imagen 23. costos de la factura posterior a la instalación fotovoltaica.

Después de comparar las dos facturas se puede determinar con la regla de tres que ahí una reducción del 98.73 % en el pago después de implementar el sistema fotovoltaico.

Después de que se llevaron a cabo los pasos necesarios para poder llevar a cabo un sistema fotovoltaico interconectado a la red nacional se pueden admirar los siguientes resultados:

- Poder comprobar la factibilidad de implementar una energía renovable:

Al estar conectados a la red, los sistemas fotovoltaicos pueden utilizar la red eléctrica como respaldo en caso de que la generación solar sea insuficiente, asegurando así un suministro estable y confiable.

- Reducción de las facturas eléctricas:

Al generar electricidad a partir de la energía solar, los propietarios de sistemas fotovoltaicos interconectados pueden reducir o eliminar sus facturas de electricidad al utilizar la energía generada y, en algunos casos, vender el exceso a la red.

Imagen 25. Grafica del consumo anterior a la instalación fotovoltaico.



Imagen 24. Graficas del consumo posterior de la instalación del sistema fotovoltaico.

- Retorno de la Inversión (ROI):

Los sistemas interconectados a menudo tienen tiempos de retorno de la inversión más rápidos, ya que pueden aprovechar la red como un "medio de almacenamiento virtual" para el excedente de energía generada.

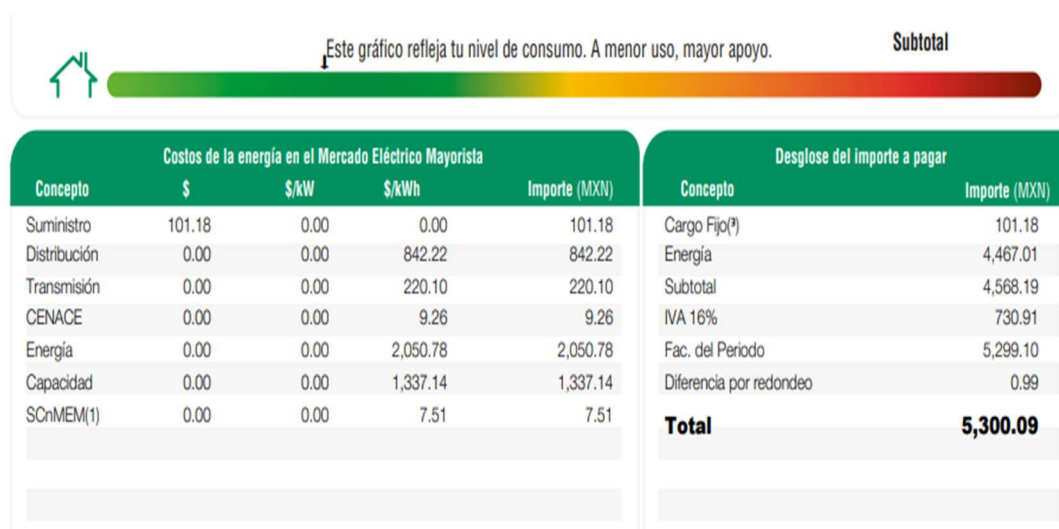


Imagen 25. costo de la factura antes de la instalación fotovoltaica.

Costos de la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista					Desglose del importe a pagar	
Concepto	\$	\$/kW	\$/kWh	Importe (MXN)	Concepto	Importe (MXN)
Suministro	58.25	0.00	0.00	58.25	Cargo Fijo(%)	58.25
Distribución	0.00	0.00	0.00	0.00	Energía	0.00
Transmisión	0.00	0.00	0.00	0.00	Subtotal	58.25
CENACE	0.00	0.00	0.00	0.00	IVA 16%	9.32
Energía	0.00	0.00	0.00	0.00	Facturación del Periodo	67.57
Capacidad	0.00	0.00	0.00	0.00	Adeudo Anterior	68.13
SCnMEM(1)	0.00	0.00	0.00	0.00	Su Pago	68.00-
Total	58.25	0.00	0.00	58.25	Total	\$67.70

Imagen 26. costos de la factura posterior a la instalación fotovoltaica.

Después de comparar las dos facturas se puede determinar con la regla de tres que ahí una reducción del 98.73 % en el pago después de implementar el sistema fotovoltaico.

8.1 Sobre la discusión

1. Importancia del Conocimiento Técnico y Normativo

Antes de iniciar un proyecto fotovoltaico interconectado a la red, es fundamental contar con una base sólida tanto técnica como normativa. Esto garantiza que el sistema sea:

- Eficiente en la generación de energía.
- Confiable en su operación diaria.
- Rentable a largo plazo.

Esto no solo permite una buena ejecución del sistema, sino también su legal operación conforme a las regulaciones del país.

2. Cumplimiento Normativo

Un sistema interconectado a la red debe cumplir con múltiples normas mexicanas e internacionales, que aseguran su seguridad y correcto funcionamiento:

- Normas Oficiales Mexicanas (NOM).
- Requisitos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- National Electrical Code (NEC).
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- International Electrotechnical Commission (IEC).

Estas normas ayudan a evitar riesgos eléctricos, como:

- Incendios por sobre corriente.
- Daños por sobrevoltaje en electrodomésticos.

3. Análisis Preliminar del Proyecto

Antes del diseño técnico, se deben evaluar aspectos esenciales:

- Análisis del sitio (ubicación, radiación solar, sombras, etc.).
- Viabilidad económica mediante el retorno de inversión (ROI).
- Factibilidad normativa.

Este análisis define la viabilidad general del proyecto.

4. Diseño Técnico del Sistema

Para asegurar un diseño eficiente, se deben realizar cálculos y selecciones clave:

- Dimensionamiento de módulos fotovoltaicos.
- Selección del inversor de cadena adecuado.
- Cálculo de protecciones eléctricas, tanto en corriente continua (CD) como en corriente alterna (CA).

El diseño correcto impacta directamente en el rendimiento y seguridad del sistema.

5. Análisis Económico del Retorno de Inversión

Es crucial evaluar el costo-beneficio del sistema, considerando:

- Costo de la instalación completa.
- Valor económico de la energía generada, ya sea por ahorro en consumo o ingresos por inyección a la red.

Esto permite determinar en cuántos años se recuperará la inversión inicial.

6. Importancia del Mantenimiento

El mantenimiento preventivo evita fallas y prolonga la vida útil del sistema:

- Ponchado correcto de conectores.
- Transporte seguro de módulos.

- Fijación adecuada con torque específico.

Un buen mantenimiento asegura tanto la eficiencia como la seguridad del sistema.

7. Ejemplo Real: Proyecto en Parroquia San Jorge Mártir

Como caso de aplicación práctica, se destaca la instalación de un sistema fotovoltaico de 7.2 kW en la Parroquia San Jorge Mártir (Villas de Aragón). Este proyecto refleja cómo un buen diseño, planeación y cumplimiento normativo pueden llevar a una instalación exitosa y funcional.

Diseñar un sistema fotovoltaico interconectado a la red no es simplemente instalar paneles solares. Requiere una combinación de conocimientos técnicos, normativos y económicos. Solo así se puede asegurar que el sistema sea eficiente, seguro y financieramente viable a lo largo del tiempo.

9. Conclusiones

Después de realizar los pasos necesarios para un sistema fotovoltaico interconectado a la red se pueden apreciar los siguientes puntos:

- **Energía Sostenible:**

Los sistemas fotovoltaicos proporcionan una fuente de energía renovable y sostenible, pudiendo reducir la dependencia de fuentes de energía fósiles y poder contribuir a la lucha contra el cambio climático.

- **Retorno de la Inversión:**

A lo largo de un tiempo no mayor a 15 años, la inversión en un sistema fotovoltaico genera ahorros significativos en las facturas de electricidad, así como un retorno de la inversión demasiado atractivo.

- **Programas de Compensación:**

En muchas regiones del país ofrecen programas de compensación, como el net metering, que permiten a los propietarios a recibir créditos o pagos por la electricidad que generan y entregan a la red eléctrica nacional.

- **Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero:**

Al utilizar la energía fotovoltaica en lugar de fuentes de energía convencionales, se contribuye a la reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ayudando a combatir el cambio climático.

En resumen, los sistemas fotovoltaicos representan una solución viable y efectiva para la generación de energía, con el potencial de transformar la forma en que obtenemos y utilizamos electricidad, promoviendo un futuro más sostenible.

10. Referencias

- [1] International Energy Agency, *Solar Energy Perspectives: Executive Summary*, 2011. [En línea].
Disponible; www.iea.org
- [2] S. Teske, "La energía solar puede dar electricidad limpia a más de 4.000 millones de personas para 2030," Greenpeace España, 1 septiembre 2008. [En línea].
Disponible;
<https://archivo.es.greenpeace.org/espana/es/news/2010/November/la-energ-a-solar-puede-dar-ele/>
- [3] El Periódico de la Energía, "La fotovoltaica ya se codea en costes con la nuclear", El Periódico de la Energía, 1 de septiembre de 2014. [En línea].
Disponible; https://elperiodicodelaenergia.com/la-fotovoltaica-ya-se-codea-en-costes-con-la-nuclear/?utm_source
- [4] International Renewable Energy Agency, "Record-Breaking Annual Growth in Renewable Power Capacity," *Renewable Capacity Statistics 2025*, Abu Dhabi, UAE, 26 March 2025. [En línea].
Disponible; https://www.irena.org/News/pressreleases/2025/Mar/Record-Breaking-Annual-Growth-in-Renewable-Power-Capacity?utm_source
- [5] BloombergNEF, "Global Clean Energy Investment Jumps 17%, Hits \$1.8 Trillion in 2023," *Energy Transition Investment Trends 2024*, New York, 30 January 2024. [En línea].
Disponible; <https://about.bnef.com/insights/clean-energy/global-clean-energy-investment-jumps-17-hits-1-8-trillion-in-2023-according-to-bloombergnef-report/?utm>
- [6] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), "La inversión en energía renovable alcanzó US\$ 288.900 millones en 2018 y superó con creces al sector de combustibles fósiles", *PNUMA*, 18 de junio de 2019. [En línea].
Disponible; <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/la-inversion-en-energia-renovable-alcanzo-us-288900?utm>
- [7] G. Gutiérrez, "La Reforma Energética y su impacto en las energías renovables en México", *Revista Energía y Futuro*, vol. 13, no. 3, pp. 45-58, 2014.
- [8] S. López, "Las subastas de energía renovable en México: Un modelo exitoso para la transición energética", *Revista de Políticas Energéticas*, vol. 10, no. 2, pp. 75-83, 2015.

[9] International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Capacity Statistics 2016*, IRENA, 2016. [En línea].
Disponible; <https://www.irena.org/Statistics>.

[10] A. Pérez, "El costo de la energía solar fotovoltaica en México y su evolución en los últimos años", *Revista de Energía Renovable*, vol. 8, no. 1, pp. 34-41, 2017. [En línea]
Comisión Reguladora de Energía (CRE), *Informe sobre el estado de las energías renovables en México*, CRE, 2018.
Disponible: <https://www.cre.gob.mx/>.

[11] J. Rodríguez, "Las inversiones internacionales en energía solar en México: Oportunidades y desafíos", *Análisis de la Energía Global*, vol. 12, no. 4, pp. 62-70, 2019.

[12] E. Becquerel, "Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires," *Annales de Chimie et de Physique*, vol. 57, no. 3, pp. 1-9, 1839.

[13] IEA Photovoltaic Power Systems Programme, "Snapshot of Global PV Markets 2021," IEA-PVPS, 2021. [En línea].
Disponible: <https://iea-pvps.org/snapshot-reports/snapshot-2021/>

[14] V. Shaw, "China finalizes 2020 solar subsidy policy," *PV-magazine International*, Apr. 9, 2020. [En línea].
Disponible: <https://www.pv-magazine.com/2020/04/09/china-finalizes-2020-solar-subsidy-policy/>

[15] China Climate Policy, Oxford Institute, "Background: China leads the world in deployment of solar power, with more than one-third of global capacity," *Guide to Chinese Climate Policy*, July 2022. [En línea].
Disponible: <https://chineseclimatepolicy.oxfordenergy.org/book-content/domestic-policies/renewable-power/solar-power/>

[16] SENER y IRENA, *Renewable Energy Prospects: Mexico*, Abu Dhabi / Ciudad de México: IRENA & SENER, 2016. [En línea].
Disponible: <https://www.irena.org/Publications/2015/May/Renewable-Energy-Prospects-Mexico>

[17] T. Guerin, "Photovoltaic Trends Report from Selected IEA Countries," *IEA PVPS Trends 2016 in Photovoltaic Applications*, 2016. [En línea].
Disponible: <https://es.slideshare.net/turloughguerin/photovoltaic-trends-report-from-selected-iea-countries-2016?utm>

[18] IEA PVPS, "Photovoltaic Trends Report," 2016; reporta que en 2015 México alcanzó 170 MW instalados. [En línea].

Disponible: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/Trends_2016_-_mr.pdf

[19] Asolmex / pv-magazine, "Mexico reaches 4 GW milestone," *pvmagazine.com*, June 20 2019. [En línea].

Disponible: pv-magazine.com

[20] J. Zarco, "Mexico reaches 4 GW milestone," *pvmagazine International*, 20 Jun 2019. [En línea].

Disponible; <https://www.pv-magazine.com/2019/06/20/mexico-reaches-4-gw-milestone/>

[21] J. V. Pérez, "Lluvia de petrodólares sobre paneles solares," *El País*, May 25, 2025. [En línea].

Disponible; <https://elpais.com/extra/energia/2025-05-25/lluvia-de-petrodolares-sobre-paneles-solares.html>

[22] J. A. Duffie and W. A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, 4th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2013. [En línea].

Disponible;

[https://www.sku.ac.ir/Datafiles/BookLibrary/45/John%20A.%20Duffie,%20William%20A.%20Beckman\(auth.\)-](https://www.sku.ac.ir/Datafiles/BookLibrary/45/John%20A.%20Duffie,%20William%20A.%20Beckman(auth.)-Solar%20Engineering%20of%20Thermal%20Processes,%20Fourth%20Edition%20(2013).pdf)

[Solar%20Engineering%20of%20Thermal%20Processes,%20Fourth%20Edition%20\(2013\).pdf](https://www.sku.ac.ir/Datafiles/BookLibrary/45/John%20A.%20Duffie,%20William%20A.%20Beckman(auth.)-Solar%20Engineering%20of%20Thermal%20Processes,%20Fourth%20Edition%20(2013).pdf)

[23] Atlas Solarimétrico de Paraíba, *Fundamentos de la energía solar*, "Tipos de irradiancia: directa, difusa y reflejada," 2017. [En línea].

Disponible;

<https://resources.arcgis.com/es/help/main/10.2/index.html#//009z000000t9000000>

[24] Bureau of Meteorology, "Solar Radiation Glossary," *Solar Exposure Maps*, Australia: BOM, Jan. 2025. [En línea].

Disponible; <https://www.bom.gov.au/climate/austmaps/solar-radiation-glossary>

[25] M. Meyer, S. Weber y col., *Concentrating Solar Power Technology*, 2ª ed., en ScienceDirect Topics – Irradiance, Cambridge, UK: Elsevier, 2021. [En línea].

Disponible; <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/irradiance>

[26] V. Hepp, "Trayectoria solar," *HEPP Verónica | IMD 2015* (blog), Sep. 9, 2015. [En línea].

Disponible; <https://heppveronicaimd2015.wordpress.com/2015/09/09/httpwp-mep6clmb-1q/>

[27] P. F. García Martín, *Energía solar fotovoltaica para todos*, 2ª ed. Barcelona, España: Marcombo, 2018.

[28] ¿Solar Energy World, “What Are Peak Sun Hours? How Much Do Your Solar Panels Need?”, 8 jul. 2024. [En línea].
Disponibile; <https://www.solarenergyworld.com/peak-sun-hours/>

[29] Clean Energy Business Council, “Peak Sun Hours – Definition & Detailed Explanation”, 2025. [En línea].
Disponibile; <https://cleanenergybusinesscouncil.com/solar-energy-glossary/peak-sun-hours/>

[30] Go Sun, “The Role of Sunlight in Solar Energy Production”, Phoenix Blaze, 13 Mar. 2024. [En línea].
Disponibile; <https://gosun.org/solar-basics/the-role-of-sunlight-in-solar-energy-production/>

[31] V. Hepp, “Irradiancia,” *Descubriendo Fenómenos Eléctricos* (blog), Oct. 2020. [En línea].
Disponibile; <https://descubriendo-fenomenos-electricos.blogspot.com/2020/10/httpswwwwhelioesferacomirradiancia.html>

[32] V. Hepp, “Irradiancia,” *Descubriendo Fenómenos Eléctricos* (blog), Oct. 2020. [En línea].
Disponibile; <https://descubriendo-fenomenos-electricos.blogspot.com/2020/10/httpswwwwhelioesferacomirradiancia.html>

[33] Varios autores, *Tejados fotovoltaicos: Energía solar conectada a la red eléctrica*. Madrid, España: Progensa, 2005.

[34] PV Education, “Ángulo acimut,” **PVEducation**, 2025. [En línea].
Disponibile; <https://www.pveducation.org/pvcdrom/ángulo-acimut>

[35] M. A. Castro Gil, A. Colmenar Santos, J. Peire Arroba y J. del Valle-Inclán Bolaño, *La energía solar fotovoltaica. Energía y edificación. Tecnologías y sostenibilidad*. Madrid, España: UNED, 2011.

[36] “¿Por qué es importante la inclinación de los paneles solares?”, **Desenchufados**, 26 Feb. 2024. [En línea].
Disponibile; <https://desenchufados.net/importante-inclinacion-paneles-solares/>

[37] M. Á. Sánchez Maza, *Energía solar fotovoltaica*. Madrid, España: ICE Editorial, 2012.

[38] F. Jurado Melguizo, M. Á. Medina Quesada y J. de la Casa Hernández, *Generación de energía eléctrica con sistemas fotovoltaicos conectados a la red*. Madrid, España: Abecedario Editorial, 2014.

- [39] F. Jurado Melguizo, M. Á. Medina Quesada y J. de la Casa Hernández, Generación de energía eléctrica con sistemas fotovoltaicos conectados a la red. Madrid, España: Abecedario Editorial, 2014.
- [40] Findy Solar, "What are the Main Components of Solar Photovoltaic Modules?", *Findy Solar News*, 2021. [En línea].
Disponible; <https://www.findysolar.com/news/72.html>
- [41] I. Romero, C. Navntoft, N. Biurrún y D. Raggio, "Figura 10 – Estructura de los componentes que forman un módulo fotovoltaico," en *Manual de Generación Distribuida Solar Fotovoltaica*, Mar. 2019. [En línea].
Disponible; researchgate.net/figure/Figura-10-Estructura-de-los-componentes-que-forman-un-modulo-fotovoltaico_fig1_350142106
- [42] C. Pérez, "Tipos de inversores fotovoltaicos: ventajas y desventajas," *Energía y Movilidad Perú*, 2023. [En línea]
Disponible; <https://www.energiaymovilidad.pe/como-elegir-el-inversor-ideal-para-mi-instalacion-de-energia-fotovoltaica/>.
- [43] A. Gómez, "Microinversores: optimización de sistemas fotovoltaicos," *Inversores Fotovoltaicos*, 2023. [En línea].
Disponible, <https://www.inversoresfotovoltaicos.com/microinversores/>.
- [44] J. Martínez, "Inversores híbridos: integración de almacenamiento en sistemas fotovoltaicos," *Energía Solar Hoy*, 2023. [En línea].
Disponible; <https://www.energiasolarhoy.com/inversores-hibridos/>.
- [45] R. López, "Dimensionamiento de inversores en sistemas fotovoltaicos," *Ingeniería Solar*, 2023. [En línea].
Disponible; <https://www.ingenieriasolar.com/dimensionamiento-inversores/>.
- [46] M. Fernández, "Eficiencia en inversores fotovoltaicos," *Tecnología Solar*, 2023. [En línea].
Disponible; <https://www.tecnologiasolar.com/eficiencia-inversores/>.
- [47] L. Sánchez, "Importancia de los MPPT en inversores fotovoltaicos," *Energía Renovable*, 2023. [En línea].
Disponible; <https://www.energia-renovable.com/mppt-inversores/>.
- [48] F. Díaz, "Integración de almacenamiento en sistemas fotovoltaicos," *Energía y Tecnología*, 2023. Enlace
Disponible; <https://www.energia-tecnologia.com/almacenamiento-sistemas-fotovoltaicos/>.

[49] IEEE, "IEEE 1547: Estándar para la interconexión de sistemas de generación distribuida," *Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos*, 2018. [En línea].

Disponible; <https://ieeexplore.ieee.org/document/8477586>.

[50] UL, "UL 1741: Estándar para inversores fotovoltaicos," *Underwriters Laboratories*, 2019. [En línea].

Disponible; <https://www.ul.com/standards/ul-1741>.

[51] J. J. Sánchez, *Energía solar fotovoltaica: Diseño y cálculo de instalaciones*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo, 2019. [En línea].

Disponible; <https://www.paraninfo.mx/catalogo/9788428332033/instalaciones-solares-fotovoltaicas>

[52] J. J. Sánchez, *Energía solar fotovoltaica: Diseño y cálculo de instalaciones*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo, 2019. [En línea].

Disponible; <https://www.paraninfo.mx/catalogo/9788428332033/instalaciones-solares-fotovoltaicas>

[45] J. L. García, *Tecnologías fotovoltaicas y su aplicación en la edificación*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, 2017. [En línea].

Disponible; <https://www.diazdesantos.es/libros/tecnologias-fotovoltaicas-y-su-aplicacion-en-la-edificacion/>

[46] A. Luque, *Sistemas de energía solar fotovoltaica: Fundamentos y aplicaciones*. Madrid, España: Ediciones Pirámide, 2010. [En línea].

Disponible; <https://www.edicionespiramide.com/libros/ingenieria-y-arquitectura/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-fundamentos-y-aplicacione>

[47] "Uso de los breakers en sistemas fotovoltaicos," *Energía y Movilidad Perú*, 18 de enero de 2024. [En línea].

Disponible; <https://www.energiaymovilidad.pe/uso-de-los-breakers-en-sistemas-fotovoltaicos/>

Ficha técnica de los módulos fotovoltaicos.

THE TALLMAX^M

FRAMED 144 LAYOUT MODULE



144 LAYOUT
MONOCRYSTALLINE MODULE

440-465W
POWER OUTPUT RANGE

21.3%
MAXIMUM EFFICIENCY

0~+5W
POSITIVE POWER TOLERANCE

PRODUCTS	POWER RANGE
TSM-DE17M(E)	440-465W

 **High power**

- Up to 465W front power and 21.3% module efficiency with half-cut and MBB (Multi Busbar) technology bringing more BOS savings
- Lower resistance of half-cut and good reflection effect of MBB ensure high power

 **High reliability**

- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to salt, acid and ammonia
- Mechanical performance: Up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load

 **High energy generation**

- Excellent IAM and low light performance validated by 3rd party with cell process and module material optimization
- Better anti-shading performance and lower operating temperature

Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading total solution provider for solar energy. With local presence around the globe, Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and deliver our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable brand. Trina Solar now distributes its PV products to over 100 countries all over the world. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaborations with installers, developers, distributors and other partners in driving smart energy together.

Comprehensive Products and System Certificates

IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716
 ISO 9001: Quality Management System
 ISO 14001: Environmental Management System
 ISO 45001: Greenhouse Gases Emissions Verification
 ISO 45001: Occupational Health and Safety Management System

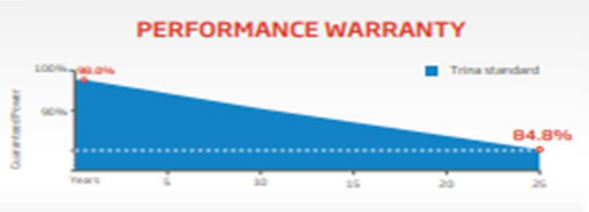






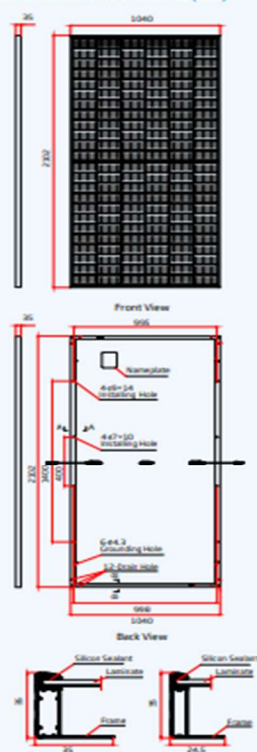
Trina solar

PERFORMANCE WARRANTY

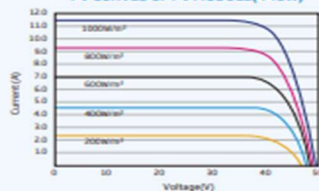


Years	Output (%)
0	100.0%
25	84.8%

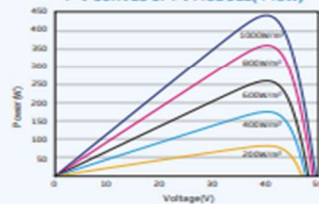
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(445W)



P-V CURVES OF PV MODULE(445W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{max} (Wp)*	440	445	450	455	460	465
Power Tolerance- P_{max} (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage- V_{mp} (V)	40.7	40.8	41.0	41.2	41.3	41.8
Maximum Power Current- I_{mp} (A)	10.82	10.90	10.98	11.06	11.13	11.14
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	49.2	49.4	49.6	49.8	50.0	50.0
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	11.39	11.46	11.53	11.61	11.68	11.69
Module Efficiency η (%)	20.1	20.4	20.6	20.8	21.0	21.3

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.

*Measuring tolerance: $\pm 3\%$.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{max} (Wp)	332	336	340	344	347	351
Maximum Power Voltage- V_{mp} (V)	38.4	38.5	38.7	38.9	39.1	39.4
Maximum Power Current- I_{mp} (A)	8.66	8.71	8.77	8.84	8.89	8.90
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	46.3	46.5	46.6	46.8	47.0	47.0
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	9.18	9.24	9.29	9.36	9.41	9.42

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	144 cells (6 × 24)
Module Dimensions	2102 × 1040 × 35 mm (82.76 × 40.94 × 1.38 inches)
Weight	24.0 kg (52.9lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA/POE
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm² (0.006 inches²), Portrait: N 280mm/P 280mm(11.02/11.02inches) Landscape: N 1400 mm/P 1400 mm (55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EVO2 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C ($\pm 2^\circ\text{C}$)
Temperature Coefficient of P_{max}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V_{oc}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I_{sc}	0.04%/°C

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85 °C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
2% first year degradation
0.55% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 31 pieces
Modules per 40' container: 682 pieces

Ficha técnica del inversor.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS PRIMO

El inversor comunicativo para una administración optimizada de energía



Sistema de instalación SnapInverter



Comunicación de datos integrada



Diseño SuperFlex



Dynamic Peak Manager



Smart Grid & Certificación NEC 2014



Comunicación de datos abierta



AFCI Integrado

Con rangos de potencia desde 3.8 kW a 15 kW, el Fronius Primo es el inversor compacto monofásico sin transformador, ideal para aplicaciones residenciales y comerciales de pequeña escala. Su diseño está basado en el sistema de instalación SnapInverter, el cual permite instalaciones y reparaciones sencillas y seguras.

El Fronius Primo tiene características únicas como dos seguidores de máxima potencia, alto voltaje de sistema, un amplio rango de voltaje de entrada y puede instalarse en interior y exterior. Como función estándar incluye interfaces Wi-Fi® y SunSpec Modbus para monitoreo y registro de datos, interrupción de circuito por falla de arco (AFCI) probada en campo, certificación NEC 2014 y la plataforma en línea para monitoreo móvil Solar.web. Está diseñado para adaptarse a requerimientos futuros, por lo cual ofrece una solución completa a los cambios de normativas e innovaciones técnicas del mañana.

DATOS TÉCNICOS

DATOS GENERALES	FRONIUS PRIMO 3.8 - 8.2	FRONIUS PRIMO 10.0
Dimensiones (ancho x alto x largo)	42.9 x 62.7 x 20.6 centímetros	51.1 x 72.4 x 20.60 centímetros
Peso (kg)	21.5	37.4
Envoltorio	NEMA 4X	
Consumo durante la noche	< 1 W	
Tecnología del inversor	Sin transformador	
Enfriamiento	Ventilador de velocidad variable	
Instalación	Interior y exterior	
Temperatura ambiente admisible	-40 a 55°C	-40 a 60°C
Humedad relativa admisible	0 - 100 % (sin condensación)	
Terminales de conexión CD	2x CD+ 1, 2x CD- 2 y 4x CD- terminales de tornillo para cable de cobre (sólido / trenzado / trenzado fino) o aluminio (sólido / trenzado)	4x CD+ 1, 2x CD- 2 y 6x CD- terminales de tornillo para cable de cobre (sólido / trenzado / trenzado fino) o aluminio (sólido / trenzado)
Terminales de conexión de CA	Terminal de tornillo 12-6 AWG	
Certificados y cumplimiento de estándares	UL 1741-2015, UL1998 (para funciones: AFCI, RCMU monitorización de aislamiento), IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1-2003, ANSI/IEEE C62.41, FCC Parte 15 A y B, NEC 2014 Artículo 690, C22. 2 No. 107.1-01 (septiembre 2001), UL1699B Issue 2-2013, CSA TIL M-07 Issue 1-2013	

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	ESTÁNDAR PARA TODOS LOS MODELOS PRIMO
APCI	Si
Desconexión de CD	Si
Polaridad inversa de CD	Si
Protección contra fallas de tierra con interruptor de monitor de aislamiento	Si

DATOS DE ENTRADA CD	PRIMO 3.8-1	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 7.6-1	PRIMO 8.2-1	PRIMO 10.0-1
Potencia FV recomendada (kWp)	3.0 - 5.7	4.0 - 7.5	4.8 - 9.0	6.1 - 11.4	6.6 - 12.3	8.0 - 15.0
Corriente de corto circuito máxima por terminal	36 A					15 A / 36 A
Máxima corriente MPPT 1 / MPPT 2 (usando kit de conector CD)	18 A / 18 A					33.0 A / 18.0 A
Máxima CD total	36 A / 36 A					51 A
Máxima corriente de corto circuito del arreglo FV	2 x 22.5 A					49.5 A / 27.0 A
Rango de tensión operación	80 V* - 600 V					
Máxima tensión de entrada	600 V					
Tensión de entrada nominal	410 V	420 V				655 V
Tamaño de conductor admisible de CD	AWG 14 - AWG 6 cobre directo, AWG 6 aluminio directo, AWG 4 - AWG 2 cobre o aluminio con bus de conexiones					AWG 14 - AWG 6 cobre directo, AWG 6 aluminio directo, AWG 4 - AWG 2 cobre o aluminio con bus de conexiones
Rango de tensión MPP	200 - 480 V	240 - 480 V		250 - 480 V	270 - 480 V	220 - 600 V**
Número de MPPT	2					

* Voltaje de inicio fue mejorado de 150 a 80 V desde el No. de Serie 26170960

** Voltaje recomendado para instalaciones residenciales

DATOS DE SALIDA CA	PRIMO 3.8-1	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 7.6-1	PRIMO 8.2-1	PRIMO 10.0-1
Máxima potencia de salida						
240	3800W	5000 W	6000 W	7600 W	8200 W	10005 W
220	3800W	5000 W	6000 W	7600 W	7900 W	9995 W
208	3800 W	5000 W	6000 W	7600 W	7900 W	9995W
Máxima corriente de salida						
240	15.8 A	20.8 A	25.0 A	31.7 A	34.2 A	41.6 A
220	17.3 A	22.7 A	27.3 A	34.5 A	37.3 A	45.5 A
208	18.3 A	24.0 A	28.8 A	36.5 A	38.0 A	48.1 A
OCPD / Breaker CA recomendado						
240	20 A	30 A	32 A	40 A	45 A	60A
220	25 A	30 A	35 A	45 A	50 A	60 A
208	25 A	30 A	40 A	50 A	50 A	60 A
Máxima eficiencia	96.7 %		96.9 %		97.0 %	97.9 %
Eficiencia CEC	95.0 %	95.5 %	96.0 %		96.5 %	96 %
Tamaño de conductor de CA admisible	AWG 14 - AWG 6				AWG 10 - AWG 2 cobre (sólido/trenzado/finamente trenzado) AWG 10 cobre o AWG 8 aluminio para dispositivos de portección hasta 60 A	
Tensión de red	208 / 220 / 240 V					
Frecuencia nominal	60 Hz					
Distorsión armónica total	< 5.0 %	< 4.0 %			< 2.5 %	
Factor de potencia (cos φ)	1 (ajustable - 0.85 ind/ 0.85 cap.)					

Nota: Información válida para México, Belize, Guatemala, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Costa Rica y Panamá

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES UNIDADES DE NEGOCIO CON UN MISMO OBJETIVO: ESTABLECER LOS ESTÁNDARES MEDIANTE EL AVANCE TECNOLÓGICO.

/ Lo que comenzó en 1945 como una operación unipersonal ahora establece estándares tecnológicos en los campos de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica y carga de baterías. Hoy la compañía tiene alrededor de 3.800 empleados en todo el mundo y 1.242 patentes para el desarrollo de productos muestran el espíritu innovador dentro de la empresa. El desarrollo sostenible significa para nosotros implementar aspectos ambientales relevantes y sociales por igual con los factores económicos. Nuestro objetivo se ha mantenido constante durante todo el tiempo para ser el líder de innovación.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo, visite www.fronius.mx

Texto e imágenes según el estado técnico en el momento de la impresión. Sujeto a modificaciones. No podemos garantizar la exactitud de todos los datos a pesar de su cuidadosa edición, declinamos por ello cualquier responsabilidad. Copyright © 2021 Fronius™. Todos los derechos reservados.

Ficha técnica de la base fotovoltaica.

Dimensiones de instalación

El sistema CrossRail Tilt-Up Multi-Row es una solución completamente personalizada. La Figura 1 y tambla 1 a continuación proporcionan las dimensiones de instalación recomendadas basadas en un módulo FV estándar de 72 celdas con ubicaciones de sujeción a 1/6 de la dimensión de la orilla del módulo. Siempre asegúrese de que las dimensiones sean adecuadas para el sitio del proyecto.

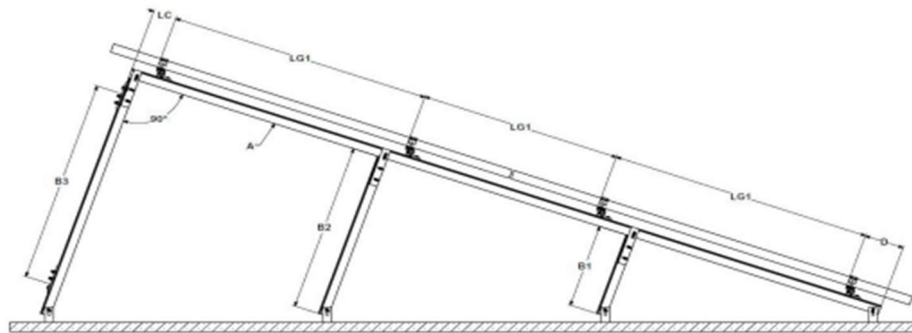


Figura 2: Dimensiones de ensamble para el sistema CrossRail Tilt-Up Multi-Row 1 Fila.

Dimensión	Descripción	Vertical
		72 Celdas
A	Long. Riel N-S	3.76
B1	Long. Pata 1	0.43
B2	Long. Pata 2	0.86
B3	Long. Pata 3	1.04
D	Dist. Riel E-O	0.19
LC	Volado Trasero	0.11
LG 1	Dist. Soporte N-S 1	1.17

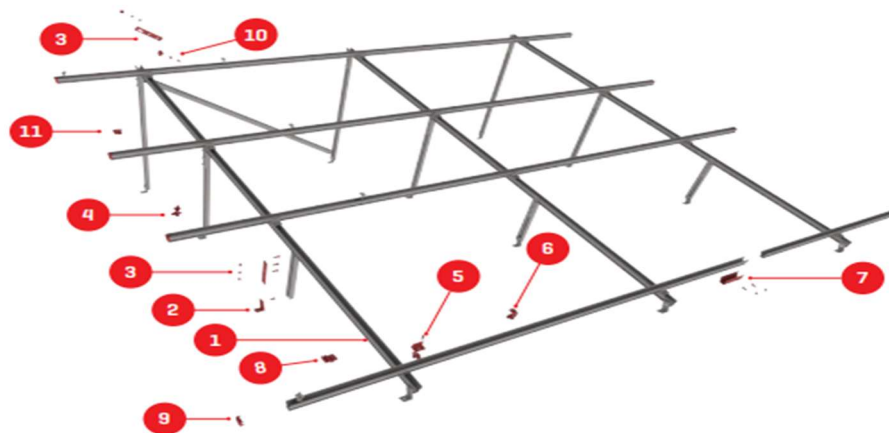
Tabla 1: Dimensiones de la instalación para una fila del CrossRail Tilt-Up Multi-Row de 2 filas.

Todas las dimensiones están en mts.

Los sistemas de inclinación de 7 grados en horizontal requieren configuraciones específicas. Vea el Paso 7.

Notas importantes:

1. Consulte siempre las instrucciones de instalación del fabricante del módulo fotovoltaico para conocer las ubicaciones de sujeción aprobadas. Las dimensiones en la Tabla 1 suponen un módulo estándar de 72 celdas con ubicaciones de sujeción de 1/6 del total del largo del módulo.
2. La posición del Riel (D) no debe exceder los 0.20 mts.
3. Las dimensiones proporcionadas en la Tabla 1 son valores sugeridos. El instalador debe verificar que las dimensiones sean apropiadas para las condiciones individuales del sitio, módulo seleccionado y la superficie del techo.
4. El instalador es responsable de cortar el riel a las longitudes "A", "B1", "B2" y "B3" de la Tabla 1.
5. Consulte la(s) Carta(s) de ingeniería del sistema CrossRail Tilt-Up Multi-Row para las cargas de reacción en cada punto de anclaje.
6. Ajuste según sus necesidades de instalación.
7. Para más información favor de solicitar la herramienta Everest con alguno de nuestros ingenieros al correo info@everest-solarsystems.mx.



1 4000674 /4000671/ 4000040



CrossRail 44-X/ 48-X o 48-XL

2 4000630



L-Foot Slotted Set

3 4000505



Tilt Connector Set

4 4000429



CrossRail End Clamp
30 - 50 mm

5 4006042/4006043-H



Climber Set w/hole

6 4000601



CrossRail Mid Clamp Silver
30-47mm

4000601-H



CrossRail Mid Clamp
Silver 13mm hex
30-47mm

7 4000385



Structural Rail Connector Set 48-X / 48-XL

8 4000006-H



Everest Ground Lug

9 4000433



End Cap
CR 48-X/48-XL

10 4000629-H



**CR Microinverter & Optimizer
Mounting Kit, 13mm Hex**

11 4000050



Yeti End Clamp

Ficha técnica de la base fotovoltaica.

VIKON®

**Cable de Cobre,
Fotovoltaico PV,
XLPE, 2000 V, 90°C**



Descripción general

Cable formado por un conductor de cobre suave, con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE).

Especificaciones

UL 4703	Outline of Investigation for Photovoltaic Wire
UL 44	Rubber-Insulated wires and cables, for cables rated RHW-2 or RHH

Principales aplicaciones

- Están diseñados para alimentar circuitos de baja tensión en instalaciones de energía solar fotovoltaica, en donde se requieran características de resistencia a la intemperie.
- Pueden instalarse en charolas o tubería conduit y en instalaciones subterráneas o expuestas a la luz solar, en lugares húmedos o secos.

Características

- Tensión máxima de operación: 600 ó 2 000 V.
- Temperatura máxima de operación en el conductor: 90°C en ambiente seco o mojado.
- Se fabrican en calibres de 2.082 a 506.7 mm² (14 AWG a 1 000 kcmil).
- Cable con características de no propagación de la flama.
- Aislamiento de polietileno de cadena cruzada libre de metales pesados (RoHS) y resistente a la luz ultravioleta.
- Disponible en varios colores.

Ventajas

- Los conductores son cables de cobre suave lo cual facilita su manejo e instalación dándoles mayor flexibilidad durante su uso.
- Satisface la prueba de resistencia a la propagación del incendio especificada por UL como tipo Charola Vertical (UL 1685) en calibres 53.48 mm² (1/0 AWG) y mayores.
- Listado con UL como tipo PV y RHW-2.
- Listado con c(UL)us como tipo RW90.
- Gran resistencia a la gasolina y aceites.
- Resistente a la luz solar.
- Pueden instalarse directamente enterrado.

CABLE VIKON® FOTOVOLTAICO PV, XLPE, 2000 V, 90°C						
Calibre	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	Espesor nominal del aislamiento	Diámetro total aproximado	Peso total aproximado	Amperaje
AWG / kcmil	mm ²		mm	mm	kg / 100m	
12	3.307	19	1.91	6.6	7	40
10	5.260	19	1.91	7.2	9	55
8	8.367	19	2.16	8.5	14	80

NOTA: Las dimensiones y pesos están sujetos a tolerancias de manufactura.

Contrato de interconexión de CFE

CONTRATO DE INTERCONEXIÓN A LAS REDES GENERALES DE DISTRIBUCIÓN PARA CENTRALES ELÉCTRICAS CON CAPACIDAD MENOR A 0.5 MEGAWATTS QUE CELEBRAN POR UNA PARTE, CFE DISTRIBUCIÓN, EN ADELANTE "EL DISTRIBUIDOR", REPRESENTADA POR _____, EN SU CARÁCTER DE APODERADO LEGAL Y POR OTRA PARTE, _____, EN ADELANTE "EL SOLICITANTE", REPRESENTADO POR _____, EN SU CARÁCTER DE _____; Y A QUIENES EN LO SUCESIVO Y DE MANERA CONJUNTA SE DENOMINARÁN COMO "LAS PARTES"; AL TENOR DE LAS SIGUIENTES DECLARACIONES Y CLÁUSULAS:

DECLARACIONES

A. Declara "El Distribuidor" que:

- I. Es una empresa productiva subsidiaria de la Comisión Federal de Electricidad, con personalidad jurídica y patrimonio propios, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 1 del Acuerdo de creación de la empresa productiva subsidiaria de la Comisión Federal de Electricidad, denominada CFE Distribución, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de marzo de 2016.
- II. Tiene por objeto realizar las actividades necesarias para prestar el Servicio Público de Distribución de energía eléctrica de conformidad con los artículos 2, 4 fracción I, 5, 26, 30, 31 y 33 de la Ley de la Industria Eléctrica y 6, 57, 58 y 59 de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad, así como para llevar a cabo, entre otras actividades, el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación y ampliación de la infraestructura necesaria para prestar el servicio público de distribución, de conformidad con lo previsto en las leyes citadas, los Términos para la estricta separación legal de la Comisión Federal de Electricidad y demás disposiciones jurídicas aplicables, generando valor económico y rentabilidad para el Estado Mexicano como su propietario, según lo dispuesto en el artículo 2 del referido Acuerdo.
- III. De conformidad con el artículo 5, fracción XVIII, del Acuerdo mencionado, para el cumplimiento de su objeto, podrá celebrar con cualquier ente público del Gobierno Federal, Estatal o Municipal y con personas físicas o morales, toda clase de actos, convenios, contratos, suscribir títulos de crédito y otorgar todo tipo de garantías reales y personales de obligaciones contraídas por sí, la Comisión Federal de Electricidad o las empresas productivas subsidiarias y empresas filiales de ésta, con sujeción a las disposiciones legales aplicables.
- IV. _____, en su carácter de Apoderado Legal, quien se identifica con _____, cuenta con las facultades legales suficientes para comparecer a la celebración del presente Contrato de Interconexión, lo que acredita con la Escritura Pública No. _____ de _____ de 20____, otorgada ante la fe del _____, Notario Público No. _____ de _____, las cuales, a la fecha de firma del presente no le han sido modificadas, revocadas o canceladas.
- V. Cuenta con el Registro Federal de Contribuyentes número CDI160330RC9 y tiene su domicilio fiscal en Paseo de la Reforma #164, Colonia Juárez, C.P. 06600, Delegación Cuauhtémoc, Ciudad de México.
- VI. Señala como domicilio convencional para todos los efectos relativos al presente Contrato de Interconexión, el ubicado en _____.

B. Declara "El Solicitante" que:

[Persona física]

- I. Es una persona física que comparece por su propio derecho y cuanta con la capacidad jurídica suficiente para contratar y obligarse en los términos, alcances, condiciones y cláusulas del presente Contrato de Interconexión y que no existe dolo, mala fe, ni vicio en su voluntad para la celebración del mismo.
- II. Se identifica con _____.
- III. (Sí) (No) _____ se adquiere el suministro de energía eléctrica para su consumo en el mismo Punto de interconexión de la Central Eléctrica.
- IV. Mediante la formalización del presente Contrato de Interconexión, manifiesta su voluntad para llevar a cabo la interconexión a las Redes Generales de Distribución, de una Central Eléctrica con una capacidad instalada (kW) _____, una tensión (voltaje) de interconexión (V) _____, con una tecnología de generación _____.
- V. Para el desarrollo de las actividades materia del presente Contrato de Interconexión, se hará uso de las instalaciones correspondientes la Contrato Mercantil de Suministro de Energía Eléctrica en _____ Tensión celebrado con _____, con RPU número _____, RMU número _____, con número _____ de cuenta _____, que se presta en el domicilio ubicado en _____, con tarifa _____, con voltaje _____.

_____, numero de fases _____, numero de hilos _____, numero de medidor _____, tipo de medidor (*electromecánico*) (*digital*) _____, tensión (voltaje) de suministro (V) _____, con carga total instalada (KVA) _____, potencia instalada (KW) _____ y una demanda contratada (KW) _____.

- VI. De conformidad con la clasificación de Centrales Eléctricas establecida en el Manual de interconexión de centrales de generación con capacidad menor a 0.5 MW, se trata de una Central Eléctrica (*Baja Tensión hasta 50kW [BT]*) (*Media Tensión hasta 250 kW [MT1]*) (*Media Tensión de 250 kW hasta 500 kW [MT2]*) _____.
- VII. Instalará una Central Eléctrica en el domicilio del Usuario Final, con una capacidad instalada (kW) _____, una tensión (voltaje) de interconexión (V) _____, con una tecnología de generación _____.
- VIII. El régimen de contraprestación asociado a la interconexión será (*Net metering*) (*Net billing*) (*Venta Total de Energía*) (*Suministrador de Servicios Calificados [libre acuerdo o Generador]*) _____.
- IX. Señala como domicilio convencional para todos los efectos relativos al presente Contrato de Interconexión, el ubicado en _____, con teléfono _____, y correo electrónico _____.

[Para el caso de que el Solicitante sea representado por una tercera persona en la firma del presente Contrato de Interconexión, se deberá anexar la correspondiente carta poder o poder notarial.]

- X. _____, en su carácter de Representante Legal, quien se identifica con _____, cuenta con las facultades legales suficientes para comparecer a la celebración del presente Contrato de Interconexión, lo que acredita con _____, las cuales, a la fecha de firma del presente no le han sido modificadas, revocadas o canceladas.

[Persona moral]

- I. Es una persona moral, constituida bajo las leyes del Estado Mexicano, con las facultades suficientes para contratar y obligarse en los términos, alcances, condiciones y cláusulas del presente Contrato de Interconexión, lo que acredita con la Escritura Pública No. _____, de _____ de _____, otorgada ante la fe del _____, Notario Público No. _____ de _____; y manifiesta que no existe dolo, mala fe, ni vicio en su voluntad para la celebración del mismo.
- II. (Si) (No) _____ se adquiere el suministro de energía eléctrica para su consumo en el mismo Punto de interconexión de la Central Eléctrica.
- III. Mediante la formalización del presente Contrato de Interconexión, manifiesta su voluntad para llevar a cabo la interconexión a las Redes Generales de Distribución, de una Central Eléctrica con una capacidad instalada (kW) _____, una tensión (voltaje) de interconexión (V) _____, con una tecnología de generación _____.
- IV. Para el desarrollo de las actividades materia del presente Contrato de Interconexión, se hará uso de las instalaciones correspondientes la Contrato Mercantil de Suministro de Energía Eléctrica en _____ Tensión celebrado con _____, con RPU número _____, RMU número _____, con número de cuenta _____, que se presta en el domicilio ubicado en _____, con tarifa _____, con voltaje _____, numero de fases _____, numero de hilos _____, numero de medidor _____, tipo de medidor (*electromecánico*) (*digital*) _____, tensión (voltaje) de suministro (V) _____, con carga total instalada (KVA) _____, potencia instalada (KW) _____ y una demanda contratada (KW) _____.
- V. De conformidad con la clasificación de Centrales Eléctricas establecida en el Manual de interconexión de centrales de generación con capacidad menor a 0.5 MW, se trata de una Central Eléctrica (*Baja Tensión hasta 50kW [BT]*) (*Media Tensión hasta 250 kW [MT1]*) (*Media Tensión de 250 kW hasta 500 kW [MT2]*) _____.
- VI. Instalará una Central Eléctrica en el domicilio del Usuario Final, con una capacidad instalada (kW) _____, una tensión (voltaje) de interconexión (V) _____, con una tecnología de generación _____.
- VII. El régimen de contraprestación asociado a la interconexión será (*Net metering*) (*Net billing*) (*Venta Total de Energía*) (*Suministrador de Servicios Calificados [libre acuerdo o Generador]*) _____.

- VIII. _____, en su carácter de Representante Legal, quien se identifica con _____, cuenta con las facultades legales suficientes para comparecer a la celebración del presente Contrato de Interconexión, lo que acredita con la Escritura Pública No. _____, de _____ de _____, otorgada ante la fe del _____, Notario Público No. _____ de _____, las cuales, a la fecha de firma del presente no le han sido modificadas, revocadas o canceladas.
- IX. Señala como domicilio convencional para todos los efectos relativos al presente Contrato de Interconexión, el ubicado en _____, con teléfono _____, y correo electrónico _____.

C. Declaran "Las Partes" que:

Que se reconocen la personalidad y facultades con que se presentan y actúan de buena fe, por lo que están de acuerdo en establecer las siguientes:

CLÁUSULAS

PRIMERA. Objeto del Contrato.

El presente Contrato de Interconexión tiene por objeto establecer los términos y las condiciones entre "Las Partes", para realizar la interconexión física entre la Central Eléctrica, y las Redes Generales de Distribución.

SEGUNDA. Obligaciones del Solicitante.

La celebración del presente Contrato de Interconexión obliga a "El Solicitante" a:

- i) Mantener en operación la Central Eléctrica, de conformidad con el Manual de interconexión de centrales de generación con capacidad menor a 0.5 MW.
- ii) En caso de no contar con un contrato de suministro de energía eléctrica asociado al Punto de interconexión, deberá cubrir los costos relacionados con la instalación del(los) medidor(es), y equipo(s) de medición (*transformadores de instrumentos*) necesarios para la interconexión.
- iii) Proporcionar el mantenimiento correspondiente a la Central Eléctrica, con base en lo señalado en los manuales del fabricante de los equipos.
- iv) No intervenir ni modificar los equipos instalados por "El Distribuidor", en caso contrario, "El Solicitante" deberá responder por los daños y perjuicios que causen a "El Distribuidor".
- v) Garantizar el acceso a las unidades de verificación o de inspección, según corresponda.
- vi) Contar con los medios de protección y desconexión que permitan interrumpir la operación de la Central Eléctrica en caso de falla o mal funcionamiento, o bien, a solicitud de "El Distribuidor", para el caso de realización de maniobras de mantenimiento de las Redes Generales de Distribución o por posibles afectaciones a la infraestructura y operación de las Redes Generales de Distribución.
- vii) Notificar a "El Distribuidor" cualquier caso fortuito o de fuerza mayor que afecte a la Central Eléctrica o infraestructura de interconexión en un plazo no mayor a 48 horas a partir de la ocurrencia del suceso.
- viii) No ceder o transferir el presente Contrato de Interconexión durante su vigencia sin la autorización de "El Distribuidor".
- ix) Notificar a "El Distribuidor", a través del Suministrador, de la intención de dar por terminado el presente Contrato con al menos veinte (20) días de anticipación a la fecha en que se requiera tener por terminado el contrato.
- x) Notificar al Suministrador sobre la celebración o conclusión del presente Contrato de Interconexión, para los efectos legales a que haya lugar.
- xi) Para el caso de migrar de un régimen de contraprestación asociado a la interconexión, distinto al elegido en el presente Contrato de Interconexión, deberá llevar a cabo la formalización de un nuevo contrato y asumir los costos correspondientes a la migración. La migración de régimen, únicamente se podrá realizar, transcurrido un año contado a partir de la formalización del presente Contrato de Interconexión en los términos señalados por las disposiciones aplicables.

TERCERA. Obligaciones de "El Distribuidor".

La celebración del presente Contrato de Interconexión obliga a "El Distribuidor" a:

- i) Cubrir los costos relacionados con la instalación del(los) medidor(es) y equipo(s) de medición (*transformadores de instrumentos*) requeridos para la interconexión de la Central Eléctrica, cuando ésta se encuentra asociada a un contrato de suministro de energía eléctrica.
- ii) Instalar el(los) medidor(es) necesario(s) y llevar a cabo la interconexión de la Central Eléctrica a las Redes Generales de Distribución, previo cumplimiento de los esquemas típicos de interconexión por parte de "El Solicitante" y mantener la interconexión física durante la vigencia del presente Contrato de

- Interconexión. Para el caso de terminación del presente Contrato de Interconexión, "El Distribuidor", podrá sustituir los equipos de medición, debiendo instalar el medidor necesario para continuar, en su caso, con el servicio de conformidad con el contrato de suministro de energía eléctrica.
- iii) Tomar lectura del(los) medidor(es) de forma periódica (*en función con el periodo de facturación*) y notificar las mismas al Suministrador en tiempo y forma.
 - iv) Mantener y operar la infraestructura de interconexión asociada a la Central Eléctrica.
 - v) Notificar con diez (10) días de anticipación al Solicitante la realización de actividades de mantenimiento a las Redes Generales de Distribución que interconecta a la Central Eléctrica en cuestión.
 - vi) Notificar a "El Solicitante" los eventos de caso fortuito o fuerza mayor que afecten la interconexión entre la Central Eléctrica y las Redes Generales de Distribución.
 - vii) Reemplazar, por motivos de falla, obsolescencia o mantenimiento, previa solicitud del Suministrador de Servicios Básicos, los medidores y equipos de medición, colocando los sellos y medidas de seguridad que sean necesarios, sin costo para el Usuario Final.
 - viii) Suspender el servicio cuando se presente cualquiera de los supuestos aplicables en el artículo 41 de la Ley de la Industria Eléctrica.

CUARTA. Especificaciones.

Las Partes se obligan a cumplir con las normas, especificaciones y demás disposiciones aplicables a los equipos, materiales, accesorios o elementos empleados para llevar a cabo la interconexión, así como las aplicables a la Generación Distribuida o Generación Limpia Distribuida y lo establecido en el presente Contrato de Interconexión.

QUINTA. Modificaciones.

Cualquier modificación al presente Contrato de Interconexión, exceptuando el cambio de régimen de contraprestación asociado a la interconexión, se deberá formalizar mediante la celebración de una adenda.

SEXTA. Transferencia del Contrato.

Los derechos y obligaciones derivados del presente Contrato de Interconexión sólo podrán transferirse totalmente, previa notificación por escrito a "El Distribuidor", a través del Suministrador, con anticipación no menor a dos meses a que esto suceda, siempre y cuando el Cesionario acredite su personalidad y demuestre el cumplimiento de los requisitos señalados para realizar la interconexión física entre la Central Eléctrica, y las Redes Generales de Distribución de conformidad con las Disposiciones Administrativas de Carácter General en Materia de Generación Distribuida y sus anexos.

SÉPTIMA. Vigencia.

El presente Contrato de Interconexión surtirá sus efectos a partir de la fecha en que se realice la interconexión física de la Central Eléctrica y tendrá una duración indefinida.

OCTAVA. Terminación del contrato.

El presente Contrato podrá darse por terminado por cualquiera de las causas siguientes:

- a. Por voluntad de "El Solicitante", previa notificación por escrito a "El Distribuidor" con anticipación no menor a veinte (20) días hábiles a la fecha en que se requiera tener por terminado el contrato.
- b. Por necesidades del servicio, previa notificación, debidamente justificada por parte de "El Distribuidor", a "El Solicitante", con anticipación no menor a veinte (20) días hábiles a la fecha en que "El Distribuidor" tenga programado efectuar sus actividades.
- c. Por la modificación o contravención a las disposiciones que establece la Ley de la Industria Eléctrica, su Reglamento o a cualquiera de las Disposiciones Legales y Administrativas aplicables.
- d. Por acuerdo entre "Las Partes".

NOVENA. Controversias.

Sin perjuicio de las acciones que procedan, las controversias que se presenten en las actividades reguladas serán resueltas mediante el procedimiento que para tal efecto establezca la Comisión Reguladora de Energía.

Leído que fue por "Las Partes", se extiende el presente Contrato de Interconexión por duplicado, considerando que en el mismo no existe mala fe, ni vicio en el consentimiento de los firmantes, ratificando cada uno de sus puntos. Lo rubrican al margen y lo firman al calce de conformidad los que en el intervinieron, en la ciudad de _____ a los _____ días del mes de _____ del año _____.

"EL SOLICITANTE"

"EL DISTRIBUIDOR"
CFE DISTRIBUCIÓN

Nombre y firma

(Carácter)

Nombre y firma

Apoderado Legal

La presente hoja de firmas forma parte del contrato de interconexión celebrado entre CFE Distribución y
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx, de xx de xxxxxxxxxxxx de 20xx que consta de xx fojas incluida ésta.