



**Tecnológico Nacional de México**

**Instituto Tecnológico Nacional de Tuxtla Gutiérrez**

**Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica**

**Ingeniería Eléctrica**

**INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFECIONAL**

**“DISEÑO E INSTALACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO  
INTERCONECTADO A LA RED DE COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
EN UNA AGENCIA DE AUTOMOVILES”**

**Presenta:**

Grajales Cruz José Carlos

**Matricula:** 15270020

**ASESOR INTERNO:**

**ING. LISANDRO JIMENEZ LÓPEZ**

**ASESOR EXTERNO:**

**ING. SILVIA ARGUELLES ARTEAGA**

PERIODO DE REALIZACIÓN

AGOSTO – DICIEMBRE 2019

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 22 de julio de 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

En el entorno familiar no se puede ser perfecto, pero si están llenos de amor por las personas que consideras tu familia, muy probablemente esto no se ve reflejado evidentemente, pero más allá de lo que como observadores podemos ver, existen muchos sentimientos involucrados, momentos que suceden en nuestro interior que no podemos darnos cuenta con facilidad ya que es algo tangible, pero lo que si podemos evidenciar y afirmar son nuestros logros y actos que obtenemos por todas esas personas que estuvieron apoyando en toda circunstancia; lo mejor que podemos hacer es agradecer a los responsables de todas estas victorias, gracias a cada persona que cada mañana despierta con la motivación y la incentivación para hacer de su familia un equipo de vida independiente y lograr forjar un carácter de manera correcta y con ello lograr ser un gran ciudadano, y sobre todo en tener muy en claro que están forjando el futuro no solo de un mundo, sino el futuro de un ser humano que logrará éxito en su vida gracias a todo los esfuerzos.

## **RESUMEN**

La energía fotovoltaica constituye una importante alternativa en la producción de electricidad no solo en zonas aisladas sino en centros poblados conectados a redes de distribución. Debido a la prolongada exposición de los módulos a los factores atmosféricos y a la radiación, se observa una disminución en su producción de potencia. Esto se debe a un conjunto de diferentes factores, principalmente desde el punto de vista óptico y eléctrico.

En este reporte se logrará observar de qué manera funciona un sistema fotovoltaico conectado a la red de un servicio de electricidad; las ventajas que se lograran tanto en economía como en el medio ambiente ya que es una energía limpia y no genera daños en el medio ambiente.

# CONTENIDO

## INDICE

<b>1. Introducción</b>	<b>6</b>
1.1 Antecedentes	7
1.2 Estado del arte	8
1.3 Objetivos	10
1.4 Metodología	11
1.5 Justificación	13
<b>2. Fundamento teórico</b>	<b>14</b>
2.1 El sol	14
2.1.1 Energía solar	14
2.1.2 Radiación solar	14
2.1.3 Insolación	15
2.2 Hora solar pico	15
2.3 Energía solar térmica	16
2.3.1 Sistema solar térmico	16
2.4 Efecto fotovoltaico	17
2.4.1 Celda fotovoltaica	18
2.4.2 Panel fotovoltaico	19
2.5 Sistema solar fotovoltaico	20
2.6 Transferencia de calor	22
2.7 Panel o módulo fotovoltaico	23
2.8 Componentes de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red	24
2.9 Transformador tipo seco	31
2.10 Interruptor termomagnético (ITM)	33
2.11 Conceptos claves de un sistema fotovoltaico	34
<b>3. Desarrollo</b>	<b>37</b>
3.1 Descripción de carga total de la agencia de automóviles	37
3.2 Zona de instalación del sistema fotovoltaico	38
3.3 Cotización	40
3.4 Cálculo del sistema fotovoltaico	41
3.4.1 Cálculo de la cantidad de módulos fotovoltaicos	42
3.5 Selección de un inversor y string's (cadenas)	43
3.6 Fichas técnicas	46
3.6.1 Ficha técnica del módulo fotovoltaico	46
3.6.2 Ficha técnica del inversor central	48
3.6.3 Ficha técnica del transformador	52
3.6.4 Ficha técnica de gabinete para interruptor en caja moldeada	53
3.6.5 Ficha técnica del ITM (Interruptor termomagnético)	53
3.7 Montaje de estructura	54
3.8 Conexión y componentes del inversor central	61
3.9 Conexión de transformador	64
3.10 Cálculo del calibre e interruptor en CA-CD	65
3.11 Diagrama unifilar	68
<b>4. Resultados y conclusión</b>	<b>69</b>

<b>4.1 Diseño en sketchUp</b>	<b>69</b>
<b>4.2 Evidencia de proyecto terminado</b>	<b>70</b>
<b>4.3 Conclusión</b>	<b>85</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>86</b>
<b>Anexos</b>	<b>87</b>

## 1. Introducción

La Energía solar, el término de energía solar se refiere al aprovechamiento de la energía que proviene del Sol, se trata de un tipo de energía renovable la cual es obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo, en dispositivos ópticos o de otro tipo.

La energía solar, además de ser inagotable es abundante: la cantidad de energía que el Sol vierte diariamente sobre la Tierra es diez mil veces mayor que la que se consume al día en todo el planeta. Es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente  $1000 \text{ W/m}^2$  en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiación. La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar. Sin reflexiones o refracciones intermedias.

La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones. La irradiación directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de  $1354 \text{ W/m}^2$ .

## **1.1 Antecedentes**

México es uno de los países con mayor incidencia solar en el mundo, debido a su ubicación geográfica con una insolación media de  $5 \text{ kWh/m}^2$  al día, el potencial en México es de los más altos del mundo, lo cual puede ser aprovechado para generar energía eléctrica con el uso de sistemas fotovoltaicos con un mercado potencial favorable para hacerlo un gran negocio; sin embargo, esta tecnología tiene una penetración mínima en México.

Además, es el elemento que puede presentar más fallas en la red, ya que está expuesta por su longitud a las condiciones climatológicas y ambientales. El 95% de las fallas ocurren de una fase a tierra, o bien, por descargas atmosféricas, o por problemas de aislamiento, contaminación, animales, hilos de guarda caídos y por vandalismo, ya que con esta se garantizan la seguridad, estabilidad y calidad de su operación.

Es por esto, que el presente trabajo se enfoca en resolver la forma de seleccionar el mejor equipo de instalación, la protección apropiada y el mantenimiento debido que se debe tener en este tipo de sistemas, se demostrara que este sistema está enfocado en dar excelentes resultados al cliente y demostrar que este sistema es la mejor opción para el ahorro económico y el ahorro energético en su centro de servicio.

## 1.2 Estado del arte

Jhon Sebastián Gálviz garzón y Robinson Gutiérrez Gallego, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Implementan un proyecto de sistema fotovoltaico que beneficie a la población del corregimiento de Nazareth en el departamento de la Guajira, el cual pueda representar una alternativa de solución para la Deficiencia energética que padece la región con un análisis de sostenibilidad y retorno de inversión con el cual se espera evidenciar la rentabilidad del proyecto y atraer la inversión de capital. [1].

Héctor Domínguez González, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Proponen un sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE para la generación de energía eléctrica en el COBAEV 35 Xalapa, analizando las reformas energéticas para establecer el marco normativo del proyecto y llevando a cabo un diagnóstico energético de segundo orden para establecer los parámetros del diseño. [2].

Universidad Carlos III de Madrid, escuela politécnica superior departamento de ingeniería eléctrica. Plantean una Instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial, el método para este proyecto es el diseño de una instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial de dimensiones definidas. Se tiene el diseño de la planta de tal manera que se obtenga, en diferentes condiciones ambientales. [3].

Susana M. Bitar S. y Fernando Chamas B., Colegio de Estudios Superiores de Administración –CESA-. Realizan un estudio de factibilidad técnico/financiera para la comercialización de paneles solares en el mercado de Colombia enfocado al sector industrial identificando la tecnología más adecuada para ello, también identifican la tecnología de células fotovoltaicas más adecuadas para el entorno colombiano y su potencial de retorno económico. [4].

Adán Bárcena Maldonado y Sotero Bárcena Maldonado, Universidad nacional autónoma de México. Proponen Estudiar la factibilidad técnica y viabilidad económica de un sistema de autoabastecimiento eléctrico con base a paneles fotovoltaicos en una casa habitación en el Municipio de Tlayacapan, Estado de Morelos. Analizando diferentes configuraciones de sistemas fotovoltaicos a diferentes voltajes de trabajo, con y sin baterías y paneles de diferente calidad. [5].



En este proyecto se propone un sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE para obtener un ahorro en una estación de servicio que reside en Tuxtla Gutiérrez Chiapas, en lo propuesto se utilizará inversores centrales marca ABB como equipo principal para llevar a cabo el ciclo de un sistema fotovoltaico, de mismo modo se tendrá todo lo relevante a conocer de un sistema fotovoltaico y el resultado del proyecto ya con todo el equipo en funcionamiento. [6].

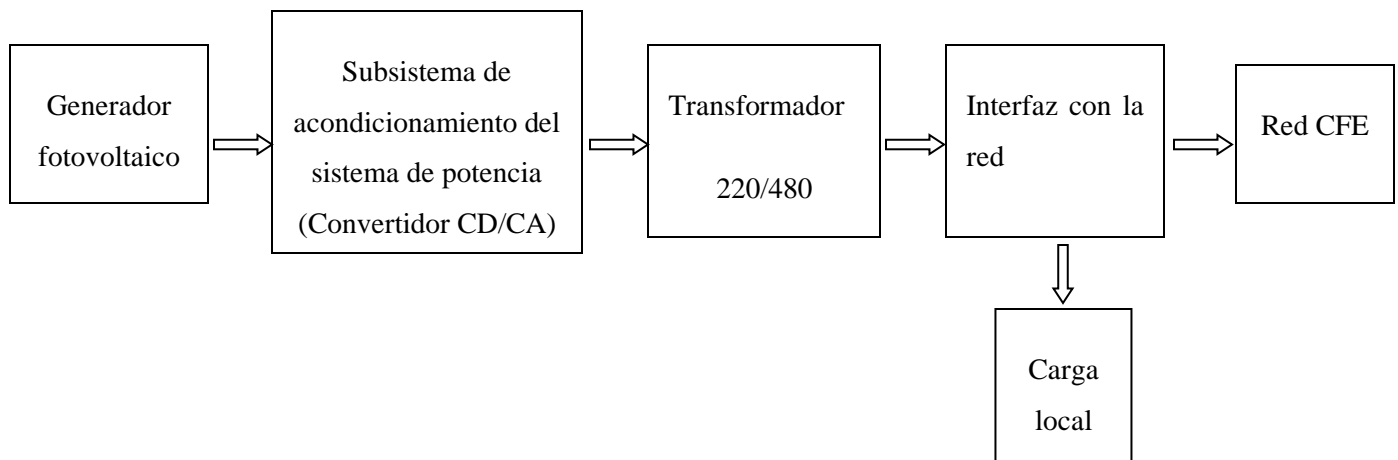
### **1.3 Objetivos**

Diseñar e instalar un sistema fotovoltaico interconectado a la red de Comisión Federal de Electricidad en la agencia de automóviles, “MAZDA”; de acuerdo a la NOM-001- SEDE, para abatir la demanda energética de 16,827 KWH.

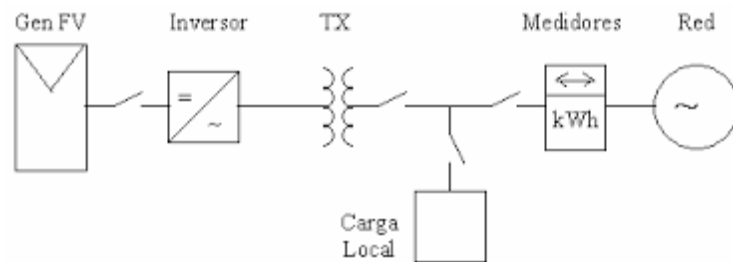
Objetivos específicos:

- Analizar las reformas energéticas para establecer el marco normativo del proyecto.
- Realizar un diagnóstico energético de segundo orden para establecer los parámetros del diseño.
- Proponer el sistema fotovoltaico como una opción energética para la agencia de automóviles “MAZDA”, de acuerdo a la NOM-001-SEDE.

## 1.4 Metodología



*Figura 1.4 Diagrama de proceso*



*Figura 1.4.1 Diagrama eléctrico*



*Figura 1.4.2 Diagrama de funcionamiento real*

En la figura 1.1, describe el proceso que se llevará a cabo en el presente proyecto. En este diagrama se presenta los pasos característicos del sistema de una forma breve y fácil de entender que conlleva desde la generación de energía hasta el término del trabajo del sistema que es la devolución de energía limpia a CFE, en este diagrama se entenderá cómo funciona el sistema que se presenta.

En los últimos bloques menciona la interfaz de la red, ahí se considera nuestros interruptores que son los que nos dejan interactuar con la estación de servicio y la red de CFE, del mismo modo en esos pasos se llevan a cabo el suministro tanto de la estación de servicio como a CFE, la implementación del sistema es fácil de entender y funciona.

Los otros dos diagramas son de igual forma referentes al de la figura 1.1 pero con diferencia a lo eléctrica y en forma real con componentes y demás, en pocas palabras una forma más fácil de entender y más animado, presentando algunos componentes en tiempo real y así conocer como son en realidad, y el diagrama eléctrico es para conocer como se ve su simbología.

## **1.5 Justificación**

Para la gran mayoría de los mexicanos, la electricidad es algo que siempre está disponible, se presiona un interruptor y algo se prende, se conecta un artefacto electrodoméstico y éste funciona, sin estar conscientes que detrás de estas simples acciones hay un largo camino, una gran infraestructura que puede ser afectada por factores climáticos, políticos, económicos o sociales.

Cabe destacar que la electricidad debe ser generada, transportada, distribuida, medida y facturada; pero todo este proceso requiere de un sistema eléctrico que debe mantenerse al día, donde se incluye personal especializado y alta tecnología en materiales y equipos, tal como lo manifiesta la Estrategia Nacional de Energía 2012-2026 "Fomentar la seguridad, la eficiencia económica, productividad y sustentabilidad ambiental esenciales de la visión a largo plazo".

Todo esto es para reflexionar y pensar en la necesidad de no malgastar este recurso, ni los que la hacen posible. En vista de esto el gobierno y algunas empresas particulares están emprendiendo planes, programas económicos y energéticos, con la finalidad de aumentar las reservas existentes y disminuir el uso desproporcionado que se tiene de la energía eléctrica, como es el caso del presente trabajo que enmarca dentro de sus lineamientos la integración de un sistema fotovoltaico en una estación de servicio.

El desarrollo de este proyecto impactara en el ámbito tecnológico, con el uso de celdas fotovoltaicas para reducir el consumo de energía eléctrica de una forma eficiente, bajo costo y de una forma sencilla de entender, también impacta de manera social, garantizando a los usuarios calidad en el suministro de energía y calidad del sistema, además que el cliente podrá monitorear si el sistema está garantizándole lo propuesto.

## 2. Fundamento teórico

### 2.1 El sol

Es una esfera de gases inmensamente calientes que emana energía constante al exterior, su masa representa el 99.86% del total del sistema solar, es una esfera 109 veces el diámetro de la tierra, 70% de su peso es hidrogeno, 28% es helio, 1.5% es carbono, nitrógeno y oxígeno y el 0.5% restante son otros elementos. Su energía viene de reacciones termonucleares que ocurren en su centro, donde la temperatura es entre 15 y 25 millones de grados centígrados.

#### 2.1.1 Energía solar

La energía solar es la energía contenida en la radiación solar que es transformada mediante los correspondientes dispositivos, en forma de energía térmica o energía eléctrica, para su consumo posterior allá donde se necesite.

El elemento encargado de captar la radiación solar y transformarla en energía útil es el panel solar. Los paneles solares pueden ser de distintos tipos dependiendo del mecanismo escogido para el aprovechamiento de la energía solar:

- Mediante captadores solares térmicos (energía solar térmica).
- Mediante módulos fotovoltaicos (energía solar fotovoltaica).
- Sin ningún elemento externo (energía solar pasiva).

#### 2.1.2 Radiación solar

La radiación solar que alcanza la tierra puede aprovecharse por medio del calor que genera y a través de la absorción por medio de dispositivos, como por ejemplo, un panel fotovoltaico. La radiación solar presenta variaciones según el horario, la latitud y las condiciones atmosféricas, considerando optimas condiciones el valor de la irradiación es de  $100 \text{ W/m}^2$  en la superficie terrestre.

La radiación solar, al atravesar la atmosfera, sufre una modificación en su espectro como consecuencia del efecto de filtro que ejerce la masa atmosférica. La mayor parte de la radiación ultravioleta es absorbida por el ozono en la alta atmósfera, mientras la región visible de onda corta es dispersada por las moléculas de aire, dándole al cielo

su característico tono azul.

La radiación se clasifica como directa y difusa, considerando también la suma de ambas que se conoce como radiación global. Si es directa llega a la superficie de la tierra directamente con un valor de  $1353 \text{ W/m}^2$ , que corresponde a la constante solar, y se mide con un pirheliómetro, mientras que, si es difusa se ve afectada por fenómenos de reflexión y refracción, además de los efectos de las nubes y otros elementos terrestres y atmosféricos, y se mide con un pirómetro o un albedómetro.

Radiación Directa = B

Radiación Difusa = D

Albedo = R

$B + D + R = G$

G = Radiación Global

### **2.1.3 Insolación**

Insolación = H

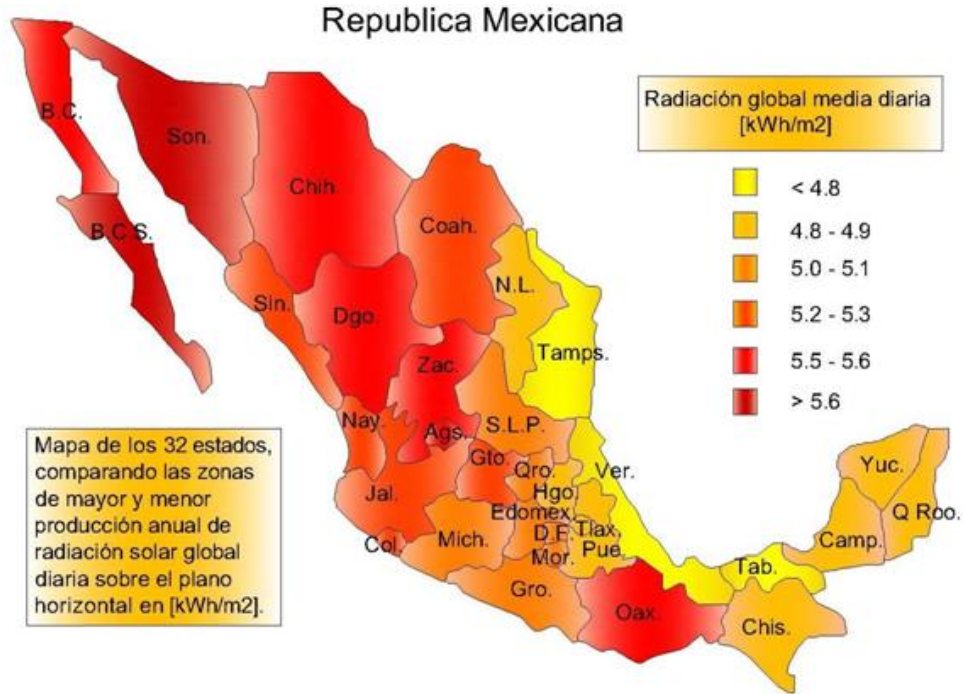
Es la cantidad de energía solar que recibe un área determinada, durante un periodo de tiempo dado. Se mide en kilowatt – hora por metro cuadrado, ( $\text{kWh/m}^2$ ). Los datos de insolación se presentan comúnmente como valores de promedio diario para cada mes, donde, la irradiancia máxima es la disponible al medio día solar de cualquier día dado, sin importar la estación del año. El medio día solar, es la hora en la que el sol llega a su apogeo durante su trayectoria a través del cielo.

### **2.2 Hora solar pico**

La Hora Solar Pico, es frecuentemente utilizada para realizar cálculos fotovoltaicos. De forma sencilla decimos que la Hora Solar Pico (HSP) es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie. En resumen, si en este lugar existen 5 HSP, tenemos 5 horas de sol que está transmitiendo  $1000 \text{ W/m}^2$ . Con lo cual esa superficie habrá recibido ese día  $5000 \text{ Wh/m}^2$ , que es lo mismo que recibir  $5 \text{ kWh/m}^2$ .

La Hora Solar Pico (HSP) es la energía que recibimos en horas por  $\text{m}^2$ , y esta energía no es la misma dependiendo de la localización, este dato es de gran importancia para los sistemas fotovoltaicos, la hora sol pico nos proporciona un dato de mucha importancia para el cálculo de cuantas celdas solares se necesitan en el lugar que se

requerirá la instalación.



*Figura 2.2 Hora solar pico de la república mexicana*

## 2.3 Energía solar térmica

También conocida como energía termo solar, es el aprovechamiento de la energía del sol para generar calor, por medio del uso de colectores o paneles solares térmicos básicamente nos sirve para calentar el agua u otro tipo de fluidos. El funcionamiento de la captación de energía solar térmica se basa en lo siguiente: el primer paso es captar los rayos solares mediante colectores o paneles solares, después a través de este panel solar hacemos pasar agua u otro fluido de características similares.

### 2.3.1 Sistema solar térmico

Los dispositivos de este tipo son diseñados para captar la radiación solar, transformarla en energía térmica y así elevar la temperatura de un fluido. Principalmente consta de 3 partes; el colector plano que capta la energía del sol y la transfiere al fluido, el sistema de tuberías por donde circula y el termotanque, en el cual se almacena el agua caliente, funcionan bajo el efecto termosifónico, ya que el agua caliente es más ligera que la fría, por lo tanto, tiende



a subir, debido a la diferencia de temperaturas se establece una circulación natural, sin necesidad de ningún equipo de bombeo. En función de la temperatura que puede alcanzar el fluido, se dividen en dos grupos, los de concentrador, que enfocan la energía dispersa para alcanzar temperaturas superiores a los 100°C; mientras los colectores planos, son dispositivos más simples que permiten obtener energía calórica de baja temperatura, inferiores a 100°C.

Existen colectores planos con cubierta, que se componen de una cubierta de vidrio, una placa captadora aislada térmicamente en la parte inferior y están lateralmente contenidos en una caja de metal o plástico. Mientras que los colectores al vacío, se encuentran proyectados para reducir las dispersiones de calor hacia el exterior, el calor que cada tubo de vacío capta se transfiere a la placa, que generalmente es de cobre y está dentro del tubo, por lo tanto, el líquido portador del calor se calienta y gracias al vacío, se reduce al mínimo la dispersión de calor hacia el exterior.

En su interior la presión del aire es muy reducida, de forma que impide la cesión de calor por conducción. En la fase de montaje, el aire entre el absorbedor y el vidrio de la cubierta es aspirado y hay que asegurar una hermeticidad perfecta y perdurable en el tiempo. El rendimiento de un sistema solar térmico depende de varios factores, tales como las condiciones climáticas locales, área y tipo de colector solar, carga térmica, incluso la temperatura ambiente puede influir de manera notable sobre el rendimiento del sistema.

Con un sistema adecuado a las necesidades de la casa habitación se pueden satisfacer la mayor parte de los requerimientos de agua caliente, sin tener que pagar combustible, aun cuando el costo inicial es mayor que el de un calentador común (boiler), se recupera la inversión en un plazo razonable. Además de contribuir también con la conservación del ambiente, pues al no usar combustibles fósiles, evitamos la emisión de gases de efecto invernadero.

## **2.4 Efecto fotovoltaico**

La conversión de la energía solar en electricidad depende del efecto fotoeléctrico, que es la emisión de electrones de una superficie sólida cuando se irradia con emanaciones electromagnéticas. Los fotones de la luz solar, inciden sobre la celda fotovoltaica, pudiendo

ser reflejados, absorbidos o pasando a través de la misma, sin embargo, solo los fotones absorbidos pueden generar energía eléctrica, ya que la energía del fotón se transfiere a un electrón que es capaz de escapar de su posición normal.

### 2.4.1 Celda fotovoltaica

Las celdas fotovoltaicas, se componen por capas de semiconductores, que están dopados para formar la parte positiva y la parte negativa para dar lugar a la formación del campo eléctrico, pueden ser tipo “p” o tipo “n”, la razón para usar estos materiales, es que a bajas temperaturas funcionan como aislantes y al aumentar la temperatura como conductores. Las células solares están fabricadas con dos o más capas de semiconductores.

Su estructura básica es una oblea de silicio contaminada con pequeñas cantidades de fosforo y boro para crear en su superficie frontal un campo eléctrico interno. Se deposita por impresión en ambas caras un enrejado de plata y/o aluminio que se utilizan como electrodos para extraer la corriente eléctrica generada en el interior de la celda. La celda tiene un recubrimiento anti reflejante para hacerla oscura y que atrape más luz.



**Figura 2.4** Celdas de Silicio Monocristalino, Policristalino y Amorfo.

Tipo de material	Rendimiento en condiciones ideales de laboratorio	Rendimiento en paneles comerciales
Silicio Puro Monocristalino	24,70%	16%

Silicio Puro Policristalino	19,80%	14%
Silicio Amorfo	13,00%	8%
Teluro de Cadmio	16,00%	8%
Arseniuro de Galio	25,70%	20%
Diseleniuro de cobre en indio	17,00%	9%
Tandem	35,00%	No disponible en versión comercial

*Tabla 2.4 Rendimiento de los paneles según material de fabricación*

#### **2.4.2 Panel fotovoltaico**

Una celda solar fotovoltaica aislada, proporciona una potencia reducida, con el fin de obtener potencias múltiples para aparatos de media potencia, hace falta unir un cierto número de celdas en serie, con lo que se aumenta la tensión de la corriente. Un panel, colector, o también llamado modulo fotovoltaico está conformado por un conjunto de celdas que producen electricidad a partir de la luz solar que incide sobre ellos.

En un módulo fotovoltaico, hay un número determinado de celdas que al estar interconectadas producen la cantidad de electricidad que según el caso se requiere, también los módulos pueden interconectarse hasta lograr el voltaje necesario para la iluminación, el bombeo de agua, entre otros. Es importante destacar que las conexiones entre paneles se hacen e serie para alcanzar la salida de voltaje deseada y en paralelo para lograr la cantidad de corriente necesaria.

Hay 2 tipos de sistemas fotovoltaicos:

Autónomos: En este caso no hay una red de distribución pública disponible, lo que significa que la electricidad que se produce se utiliza de manera directa o utilizando un inversor, y se almacena en baterías para su uso por las noches o en periodos de escasas de luz solar. En

México, los sistemas de este tipo se han instalado por lo general, en zonas rurales aisladas de la red eléctrica.

Interconectados a la red: Este tipo de sistemas se encuentra instalado en lugares donde se cuenta con conexión a la red eléctrica disponible, dada la legislación existente en México, los excedentes generados por el sistema fotovoltaico se inyectan a la red a través de un medidor bidireccional, una ventaja importante de este tipo de sistemas es que no requiere un banco de baterías por ello, el costo disminuye y lo hace más accesible.

Los sistemas fotovoltaicos, utilizan otros dispositivos como cables para las conexiones y los inversores, los cuales sirven como convertidores electrostáticos, que por medio de componentes electrónicos de potencia, convierten la corriente directa en corriente alterna. Los paneles pueden montarse en el techo de una casa, buscando el ángulo de inclinación y la orientación adecuados.

Además, requieren una estructura de soporte, la cual, está diseñada con un bastidor que sujeta el panel, un sistema de sujeción y la estructura de soporte que deben estar diseñados para soportar al menos 10 años de exposición a la intemperie y a factores ambientales, generalmente, se utiliza aluminio anodizado, acero inoxidable o hierro galvanizado, con todos los tornillos de acero inoxidable.

La razón por la cual se usan este tipo de materiales es porque el aluminio anodizado es de poco peso y mucha resistencia, mientras el acero inoxidable es resistente a un ambiente corrosivo, de calidad y largo periodo de vida, aunque a más alto costo, entonces al ver que el material es de gran utilidad y que ayuda tanto en el bajo costo como en la forma de transportar el equipo.

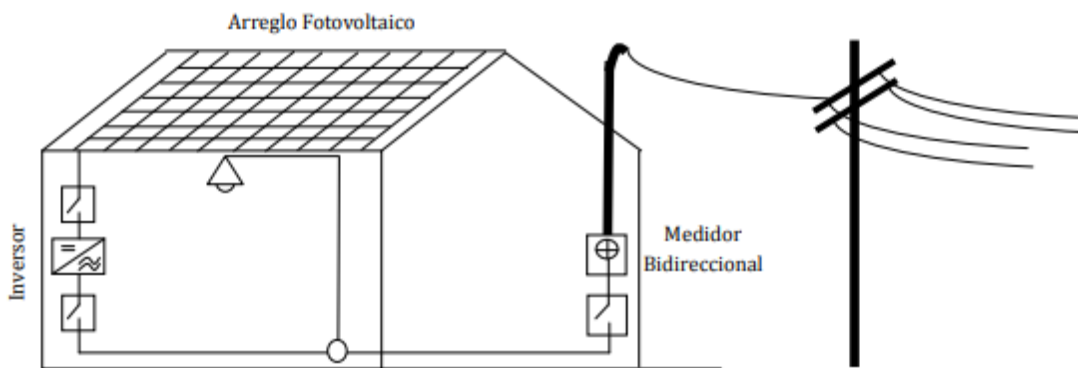
## **2.5 Sistema solar fotovoltaico interconectado a la red**

Básicamente un sistema fotovoltaico interconectado a la red se compone de un arreglo fotovoltaico que se integra por un determinado número de módulos, el cual, depende de la potencia nominal requerida en el arreglo y de la potencia pico de los módulos seleccionado. El voltaje de salida del arreglo, se obtiene mediante la conexión en serie de un número determinado de módulos y la potencia, a través de la conexión en paralelo de dichas series.

El acondicionamiento de la potencia eléctrica generada por el arreglo fotovoltaico (corriente directa), se realiza mediante un inversor, que convierte la corriente directa producida por el generador fotovoltaico a corriente alterna, en fase y a la frecuencia de la red para una conexión segura y confiable del sistema a esta. Por lo general este tipo de sistemas se instalan sobre el techo de las construcciones.

Permite proveer de mayor y mejor exposición a los rayos solares. Es importante considerar que este tipo de conexiones siguen las normas y recomendaciones de carácter general y las que ya están establecidas en particular para este tipo de aplicaciones como la IEEE Std. 1547 (IEEE, Estándar for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems).

**Figura 2.5** Diagrama Básico de un Sistema Interconectado a la Red



En la figura 2.5 podemos apreciar donde la fuente de energía que provee la electricidad a las cargas es transparente en todo momento para el usuario, dado que la calidad de la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico es similar a la de la red eléctrica convencional. Cuando existe un déficit entre la demanda de electricidad en el inmueble respecto a la generación fotovoltaica, este diferencial es cubierto con electricidad proveniente de la red eléctrica convencional.

En caso contrario, cuando se presenta un excedente entre la demanda respecto a la generación fotovoltaica, éste es directamente inyectado a la línea de distribución del proveedor del servicio eléctrico. En nuestro país la Comisión Federal de Electricidad, ofrece contratos de interconexión a la red, con la instalación de medidores de tipo bidireccional, los cuales,

registran tanto la energía que entra al servicio como la energía que sale, la cual es generada por el sistema fotovoltaico.

Dentro de las ventajas de un sistema fotovoltaico interconectado a la red, está la facturación, la cual, depende de la diferencia entre los registros de entrada y salida de energía en el medidor, puede presentarse el caso en que la diferencia es mayor que cero, quiere decir que se consume más energía de la que genera y la compañía cobrara esa diferencia, que la diferencia sea igual a cero, lo que significa que se consumió la misma energía que se generó y se envió a la red.

Por lo tanto, se cobra la tarifa mínima establecida en el contrato de suministro normal, y por último, cuando la diferencia es menor de cero, lo que significa que el sistema fotovoltaico genero más energía que la que se consumió, lo que se traduce al cobro de la tarifa mínima establecida en el contrato de suministro normal y además el almacenamiento virtual de energía que se irán descontando de los recibos subsecuentes que presenten diferencias mayores a cero.

## **2.6 Transferencia de calor**

El calor lo podemos definir como la energía cinética total de todos los átomos o moléculas de una sustancia, mientras la temperatura, es una medida de la energía cinética promedio de los átomos y moléculas individuales de una sustancia. Por lo anterior, cuando se agrega calor a una sustancia, sus átomos o moléculas se mueven más rápido y su temperatura se eleva o viceversa.

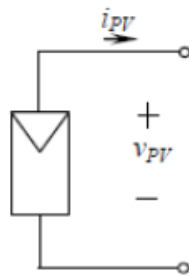
La transferencia de calor se puede realizar por medio de 3 mecanismos: conducción, convección y radiación.

Conducción: es el mecanismo de transferencia de calor en escala atómica a través de la materia por actividad molecular, por el choque de unas moléculas con otras, donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas, produciéndose un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas. Los mejores conductores de calor son los metales.

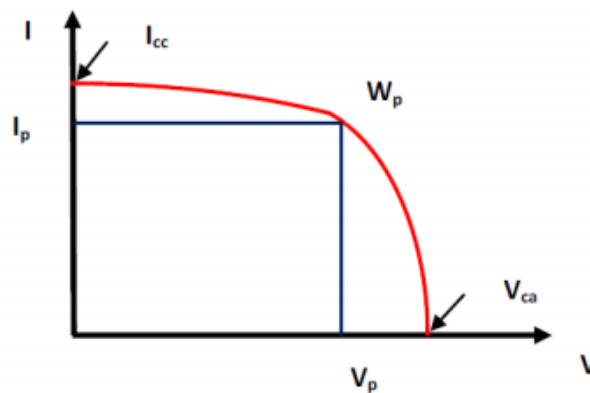
Convección: es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia. Puede ser natural producida solo por las diferencias de densidades de la materia; o forzada, cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro, por ejemplo, el aire con un ventilador o el agua con una bomba. Sólo se produce en líquidos y gases donde los átomos y moléculas son libres de moverse en el medio.

## 2.7 Panel o módulo fotovoltaico

Los paneles o módulos fotovoltaicos (llamados comúnmente paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos (electricidad solar), el panel fotovoltaico se encapsula de forma que las células solares queden protegidas de la corrosión y la superficie posterior está totalmente sellada para proteger de la humedad y daños físicos.



*Figura 2.7 Símbolo del módulo o panel solar.*



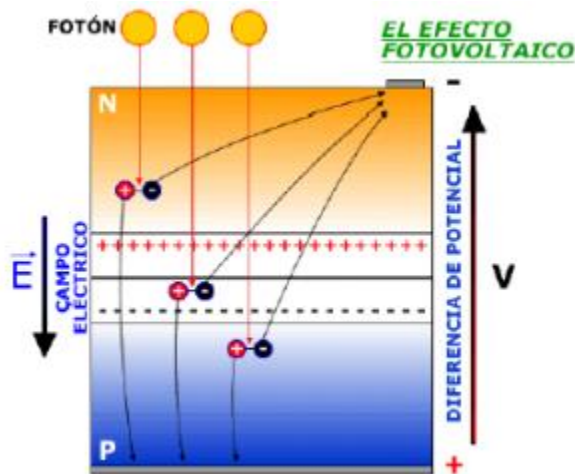
*Figura 2.7.1 Característica corriente – Tensión de un módulo fotovoltaico.*

## 2.8 Componentes de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red

Dentro de una instalación solar fotovoltaica tenemos varios dispositivos o equipos que debemos dimensionar para que sea posible la transformación de la radiación solar, energía eléctrica que inyectamos a la red, en esta parte se presentara cada dispositivo o pieza que se utiliza en una instalación fotovoltaica y se hará una descripción detallada del componente.

### Paneles solares;

Los paneles solares o módulos fotovoltaicos están formados por la interconexión de células solares encapsuladas entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie, son las encargadas de captar la energía procedente del sol en forma de radiación solar y transformarla en energía eléctrica por el efecto fotovoltaico. El efecto fotovoltaico se produce al incidir la radiación solar sobre los materiales definidos como semiconductores extrínsecos.

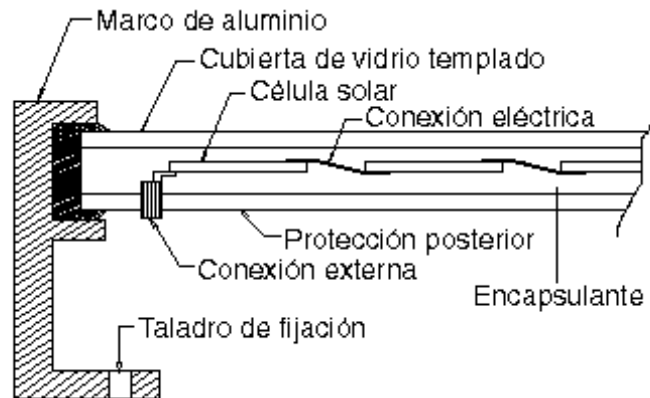


*Figura 2.8 Efecto fotovoltaico.*

La mayoría de las células solares están constituidas de silicio mono o policristalino. Las células solares de silicio monocristalino se fabrican a partir de un único cristal de silicio extraído de un baño de silicio fundido, este tipo de células son las más utilizadas en la tecnología solar y la más comercializada ya que su rendimiento es el mayor de todos los tipos de células solares siendo éste de entre el 15% y el 18%.



Un panel solar está constituido por varias células iguales conectadas entre sí, en serie y/o paralelo de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. Como norma general, los paneles solares se fabrican disponiendo primero las células necesarias en serie para alcanzar la tensión que deseamos a la salida del generador fotovoltaico y a continuación se asocian ramales de células en serie en paralelo hasta alcanzar el nivel de corriente deseado.



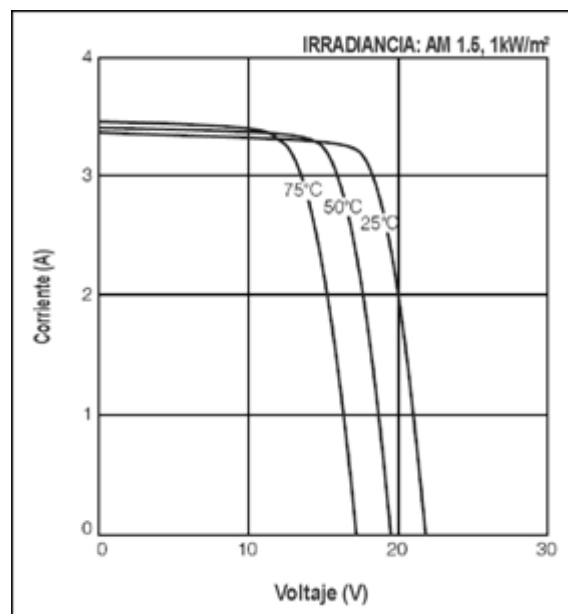
*Figura 2.8.1 Elementos de un panel fotovoltaico.*

A la hora de dimensionar nuestra instalación solar fotovoltaica, es primordial conocer los parámetros eléctricos fundamentales de los módulos fotovoltaicos que están en el mercado:

- Tensión de circuito abierto (VOC): es la máxima tensión que proporciona el panel cuando no hay conectada ninguna carga entre los bornes del panel y dichos bornes están al aire.
- Corriente de corto circuito (ISC): intensidad que se genera en el panel cuando no está conectada ninguna carga y se cortocircuitan sus bornes.
- Punto de máxima potencia ( $I_{mpp}$ ,  $V_{mpp}$ ): es el punto para el cual la potencia entregada es máxima, obteniendo el mayor rendimiento posible del panel.
- Factor de forma (FF): es la relación entre la potencia máxima que el panel puede entregar y el producto de la corriente de máxima potencia ( $I_{mpp}$ ) y la tensión de máxima potencia ( $V_{mpp}$ ). Este parámetro sirve para conocer la curva característica I-V de los paneles.

- Eficiencia y rendimiento ( $\eta$ ): es el cociente entre la potencia máxima que el panel puede entregar y la potencia de la radiación solar incidente. Dependiendo de la tecnología utilizada a la hora de la fabricación del panel puede llegar hasta el 18%.

Se pueden mostrar todos los parámetros fundamentales de un panel o módulo fotovoltaico mediante su curva “voltaje-corriente”, esta curva muestra los parámetros de tensión y corriente para máxima potencia ( $I_{mpp}$ ,  $V_{mpp}$ ), tensión a circuito abierto (VOC) y corriente de cortocircuito (ISC) de un panel y como varían respecto a la irradiación que incide sobre ellos con temperatura de condiciones estándar de medida (25° C).



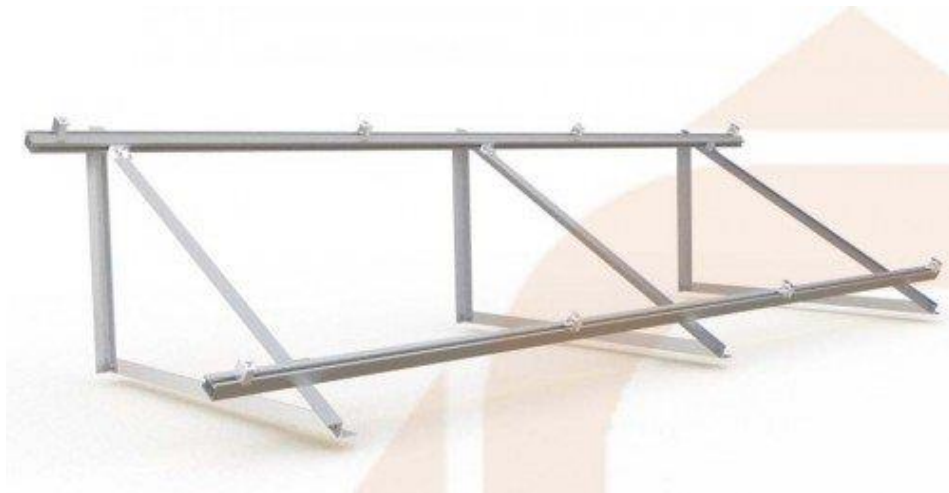
**Figura 2.8.2** Curva I-V para diferentes irradiancias a 25° C.

### Estructura Soporte:

Los módulos fotovoltaicos analizados anteriormente se colocarán sobre la denominada estructura soporte, dicha estructura soporte deberá cumplir las especificaciones de diseño de la instalación (orientación y ángulo de inclinación) y las pautas descritas en el Pliego de Condiciones Técnicas del Instituto para la diversificación y Ahorro de Energía (IDAE). Podemos tener dos tipos de estructura soporte, fija y móvil, las estructuras fijas tienen una orientación e inclinación fija que se calcula a la hora de diseñar.

La instalación, esta inclinación y orientación suelen ser impuesta por la situación de las instalaciones, como tejados con una determinada inclinación y orientación, o bien las óptimas para la localización donde vamos a realizar la instalación solar dependiendo de la latitud. Las estructuras móviles son aquellas utilizadas en las llamadas “huertas solares” donde los paneles pueden orientarse en torno a la posición del sol.

Ésta estructura soporte deberá resistir el peso de los módulos fotovoltaicos y las sobrecargas del viento o inclemencias del tiempo, así como las posibles dilataciones térmicas provocadas por aumentos de temperatura en diferentes estaciones del año. La sujeción de los módulos solares deberá estar homologada para los paneles utilizados en la instalación según las especificaciones del fabricante, además las partes de sujeción de los paneles solares no deberán generar sombras indeseadas sobre los módulos.



*Figura 2.8.3 Estructura en un sistema fotovoltaico.*

### Inversor:

Anteriormente se ha visto que los paneles solares fotovoltaicos generan potencia a partir de la radiación solar que captan, esta potencia eléctrica no es alterna sino continua con unos valores de tensión y corriente continua que depende de la disposición de los paneles. A la hora de entregar la energía eléctrica a la red, es necesario tratarla para que cumpla las

características establecidas para inyectarla a dicha red, como que debe ser senoidal, con una frecuencia de 50Hz.

El inversor es el equipo electrónico que permite inyectar en la red eléctrica comercial la energía producida por el generador fotovoltaico. Su función principal es convertir la corriente continua procedente de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna. Las instalaciones fotovoltaicas tienen un elevado coste y no pueden permitirse fallos e imprudencias en la explotación de éstas instalaciones, por este motivo los inversores deben tener un alto rendimiento y fiabilidad.

El rendimiento de los inversores oscila entre el 90% y el 97%, dicho rendimiento depende de la variación de la potencia de la instalación, por lo que se intentará que el inversor trabaje con potencias cercanas o iguales a la nominal, puesto que si la potencia de entrada al inversor procedente de los paneles fotovoltaicos varía, el rendimiento disminuye. Para evitar que el rendimiento disminuya con la variación de la potencia de entrada procedente de los paneles solares

Los inversores deben estar equipados con dispositivos electrónicos que permitan realizar un seguimiento del punto de máxima potencia de los paneles, permitiendo obtener la máxima eficiencia posible del generador fotovoltaico en cualquier circunstancia de funcionamiento. Uno de los parámetros importantes que definen un inversor es el rango de tensiones al cual puede funcionar con mayor rendimiento.

Esto es importante, ya que la tensión que suministran los paneles del generador fotovoltaico para entregar la máxima potencia no siempre es la misma, sino varía con la temperatura y si esta tensión aumenta o disminuye con forme disminuye o aumenta la temperatura podemos llegar a tener tensiones a la entrada del inversor superiores o inferiores a la tensión normal de funcionamiento del inversor.

En cuanto a la fiabilidad que debe aportar, un inversor debe estar equipado con protecciones que aseguren tanto el buen funcionamiento de la instalación como la seguridad de la misma. Algunas de las protecciones que incorporan los inversores son:

- Protección contra sobrecargas y cortocircuitos; sirven para detectar posibles fallos producidos en los terminales de entrada o salida del inversor.
- Protección contra calentamiento excesivo; si la temperatura del inversor sobrepasa un determinado valor umbral, el equipo deberá pararse y mantenerse desconectado hasta alcanzar una temperatura inferior.
- Protección de funcionamiento modo isla; para desconectar el inversor en caso de que los valores de tensión y frecuencia de red estén por fuera de unos valores umbral para un funcionamiento adecuado al estar funcionando sin apoyo de la red.
- Protección de aislamiento; sirve para detectar posibles fallos de aislamiento en el inversor.
- Protección contra inversión de polaridad; para proteger el inversor contra posibles cambios en la polaridad desde los paneles fotovoltaicos.

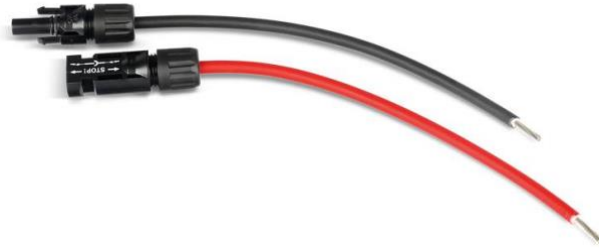


*Figura 2.8.4 Inversor ABB PVS-50-TL PVS-60-TL (50 a 60 kW).*

#### Conectores Multi-Contact MC4 PV:

La opción de cables MC4 permite realizar un sencillo y rápido cableado CC de los módulos fotovoltaicos, y por lo tanto, una rápida conexión de la instalación fotovoltaica. Esta opción se puede pedir individualmente por cada serie fotovoltaica (de 2 a 6 series fotovoltaicas) y ha sido especialmente diseñada para su utilización en combinación con el cable solar que irán consecutivamente al inversor fotovoltaicos ABB PVS-50-TL PVS-60-TL (50 a 60 kW), conectar el generador FV se debe utilizar el original Multi-Contact MC4 PV en el momento

de acoplar conectores que van de una cadena a otra cadena los cuales están conectados al modulo fotovoltaico.



*Figura 2.8.5 Conectores Multi-Contact MC4 PV.*

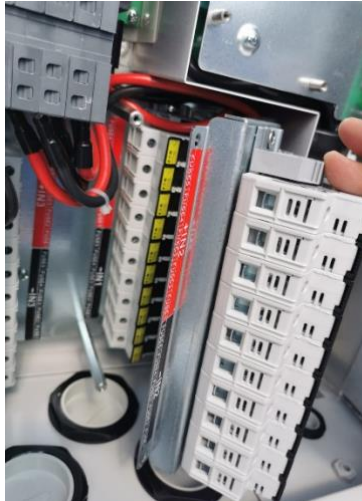
### Protecciones del inversor

El inversor central cuenta con una protección de sobre tensión que viene incluido internamente. En donde encontramos que de acuerdo al artículo 690-1 de la NOM el primer elemento de protección es el fusible o elemento de protección contra sobre corriente y debe ser dimensionado a un valor no menor al 125% de la corriente del conductor una vez aplicados factores de corrección, este tipo de protección debe ser exactamente pedido para aplicación de sistemas fotovoltaicos.



*Figura 2.8.6 Protecciones de sobre tensión.*

El segundo elemento de protección del inversor es el diodo de bloqueo, el cual reduce pérdidas por sombras en los módulos, el uso de estos elementos es para conseguir una mejor eficiencia y una mayor protección de los elementos de los arreglos fotovoltaicos.



*Figura 2.8.7 Diodo de bloqueo para mayor eficiencia.*

## **2.9 Transformador tipo seco**

Los transformadores secos evitan los riesgos de incendios y contaminación presentes en los transformadores de aceite, por lo que su empleo es necesario en interiores de oficinas, hospitales, hoteles, centros comerciales, plantas con procesos industriales de la petroquímica, textiles o con máquinas controladas con electrónicas y siempre donde se instalen transformadores cerca de donde laboran o conviven las personas.

No contaminan el medio ambiente, no hay posibilidades de derrames de líquidos, no requieren drenaje de aceite, ni sistemas costosos contra incendio. Resistentes al fuego. Se fabrican con aislamientos clases "B" y "F" y "H" de tipo "Mylar" y "Nomex", materiales que pueden trabajar con temperaturas de 150 y 200° C respectivamente, que son auto extingüibles, no propagan la flama y no son explosivos.

Estos aislamientos no absorben humedad, por lo que los transformadores secos conservan permanentemente una alta resistencia óhmica aún en medio ambiente extremadamente húmedo, conservando siempre sus excelentes características dieléctricas. Tiene una alta resistencia al corto circuito y resisten severos ciclos de trabajo y las sobrecargas normales.

Y dado a este argumento se utiliza para sistemas fotovoltaicos con inversores que funcionan a 480 volts, por ende en este proyecto se utilizara un transformador de 220/480 V.



*Figura 2.9 Vista previa de transformador tipo seco*



*Figura 2.9.1 Vista previa transformador tipo seco*



## 2.10 Interruptor termomagnético (ITM)

Es un dispositivo que como su nombre indica combina dos efectos, el magnetismo y el calor, para interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando se detectan valores mayores a ciertos límites. Puede ser por golpes de tensión (mucha corriente eléctrica en un instante), ya sea por un mal servicio de la red eléctrica, o por ejemplo por un rayo.

Lo que hacer es interrumpir el paso de la corriente cuando detecta que esta sobrepasa ciertos límites. Es por esto que un interruptor termomagnético sirve para proteger un circuito eléctrico de sobrecargas y cortocircuitos. Cumple la función de fusible en un circuito eléctrico integrado a la red eléctrica, es decir ante el hecho de superar los máximos de corriente eléctrica recibidos, cumple la función de evitar que continúe pasando corriente y así protege los componentes conectados al circuito.

La base del funcionamiento de un interruptor termomagnético se basa en la dilatación de un metal por el calor y en las fuerzas de atracción que generan los campos magnéticos. Por un lado tenemos un bimetálico por el cual circula una corriente. Al aumentar la intensidad de esta, este metal comienza a disipar calor y a dilatarse, provocando así la apertura del circuito.

Por otra parte tenemos una bobina por la cual circula una corriente y genera un cierto campo magnético. Al aumentar la intensidad de la corriente, aumenta la intensidad del campo magnético, generando una fuerza de atracción en un núcleo que hay en el interior de esta. Cuando el campo magnético es lo suficientemente grande para atraer todo el núcleo (corriente eléctrica en exceso), se genera el corte del circuito.



*Figura 2.10 Interruptor termomagnético trifásico 3x100 A*

## 2.11 Conceptos claves de un sistema fotovoltaico

**Arreglo solar** - Un sistema interconectado de módulos fotovoltaicos que funcionan como una unidad independiente de producción de electricidad. Los módulos o paneles solares se instalan en estructuras con monturas y apoyos comunes.

**Angulo de inclinación** - Es el ángulo al cual el arreglo solar se inclina en relativo a la posición horizontal en dirección al sol. Ese ángulo puede ajustarse para maximizar la energía disponible durante el año.

**Balanceo de sistemas** - Son los componentes adicionales del sistema sin incluir los paneles solares, el inversor y las monturas estructurales. Normalmente AC y DC breakers, fusibles, desconectados y cualquier componente de seguridad eléctrica necesaria.

**Celda solar** - El más pequeño elemento semiconductor de un módulo fotovoltaico (PV) para realizar la conversión inmediata de luz solar en electricidad.

**Conexión en serie** - Es una forma de conectar paneles solares al conectar el positivo de una placa con el negativo de otra y así aumenta el voltaje del sistema. Quedan libres el negativo de la primera placa y el positivo de la última para las conexiones posteriores en el sistema.

**Conexión paralela** - Es la conexión de paneles solares que conecta los terminales positivos entre si y los terminales negativos entre sí. El resultado es el mismo voltaje más cada conexión aumenta proporcionalmente la corriente.

**Corriente alterna(AC)** - Es un tipo de corriente eléctrica en la que la polaridad se invierte regularmente. En los Estados Unidos y Puerto Rico, se cambia la polaridad 120 ocasiones por segundo o 60 ciclos (Hz) por segundo. Las redes de transmisión eléctrica usan corriente alterna porque el voltaje puede ser controlado con relativa facilidad.

**Corriente directa (DC)** - Un tipo de transmisión y distribución de electricidad en donde la electricidad fluye en una sola dirección, usualmente bajo voltaje y altas corrientes. Para proveer energía a su hogar o negocio con corriente alterna (AC) debe tener un inversor de energía.

**Fotovoltaico (PV)** - Se refiere a la conversión directa de luz solar en electricidad, se le conoce como solar eléctrico y solar fotovoltaico.

**Fuentes de energía renovable** - Es un recurso energético que es regenerativo o virtualmente inagotable, algunos ejemplos son; solar, viento, geotermal y agua.

**Horas de sol por día** - Es el equivalente de número de horas por día equivalente a la irradiación solar de 1,000 vatios/metro cuadrado. Por ejemplo, en Puerto Rico, se reciben alrededor de 5.53 Kilovatios por metro cuadrado por día o 5.53 horas sol. Este número se utiliza para calcular la capacidad necesaria del sistema solar de acuerdo a su necesidad de energía.

**Energía solar** - Son las ondas de energía electromagnéticas transmitidas por el sol. Normalmente manejamos solar pasiva con los materiales de construcción para lograr los diseños, solar fotovoltaica para conversión a energía eléctrica y solar termal para agua caliente.

**Irradiación** - La luz directa, difusa y reflejada que recibe una superficie, usualmente expresada en kilovatios por metro cuadrado, la irradiación multiplicada por tiempo equivale a insolación.

**Inversor** - Es un equipo electrónico que convierte la corriente directa (DC) en corriente alterna (AC) para un sistema conectado a la red eléctrica o para un sistema independiente de energía.

**Kilovatio** - Es una medida de potencia eléctrica equivalente a 1000 Vatios o el consumo de energía de mil joules por segundo.

**Kilovatios hora** - Es una medida de energía que equivale a 1,000 vatios consumidos en un periodo de una hora. Normalmente las utilidades nos cobran en base a kilovatios hora consumidos en un mes.

**Medición Neta** - La práctica de exportar el exceso de energía solar durante el día a la red de distribución eléctrica, lo cual causa el metro de energía que mida en reverso para usarse

durante la noche y/o simplemente cree un crédito financiero en la factura eléctrica del hogar o negocio.

**Módulo** - Es una estructura construida con celdas solares en serie para lograr un voltaje operacional.

**Monturas de estructuras** - En una montura de estructura, los paneles fotovoltaicos son soportados por una estructura de metal y posicionados a un ángulo predeterminado cercado a la latitud. Normalmente se ubica en los techos de las propiedades.

**Panel solar** - También se le conoce como módulo fotovoltaico, mejor definido como un sistema de módulos conectados físicamente en una misma estructura desde la fábrica.

**Red de electricidad** - Un sistema integrado de distribución de electricidad, usualmente cubriendo millas de servicio.

**Sistema conectado a la red (Grid tie)** - Es un sistema solar eléctrico o fotovoltaico (PV) en el cual el arreglo solar se comporta como una planta generadora central, supliendo potencia a la red. También se le conoce como “Sistema Line Tie”.

**Sistema independiente (off grid)** - Es un sistema autónomo o híbrido solar que no está conectado a la red eléctrica. Requiere tener reserva de energía en baterías u otra forma de reserva, también se le conoce como sistema remoto o separado de la red.

**Sistema híbrido** - Es un sistema solar eléctrico o sistema fotovoltaico que incluye otras fuentes de generación de electricidad, tales como, generadores diesel, generadores de viento y generadores de agua.

**Vatio** - El ritmo al cual se transfiere la energía equivalente a un amperio bajo la presión eléctrica de un voltio. Es el producto de la multiplicación de voltaje por corriente.

**Voltaje** - La cantidad de fuerza eléctrica, medida en voltios, que existe entre dos puntos. El voltaje típico de una batería es 12 Vdc y el de nuestras residencias es 120 Vac.

**Voltios** - Es una medida de fuerza eléctrica que puede causar una corriente de un amperio para fluir en una resistencia de un ohmio.

### 3. Desarrollo

#### 3.1 Descripción de carga total de la estación de servicio



CFE Suministrador de Servicios Básicos  
Río Ródano No 14, Colonia Cuauhtémoc, Alcaldía Cuauhtémoc,  
Código Postal 06500, Ciudad de México.  
RFC: CSS160330CP7

#### MANTECON AUTOMOTORES SA DE CV

BLVD ANGEL A CORZO 1126  
C PENCIL CJON LA SALLE Y ES DIST. DE AUTOS  
LAS PALMAS U  
TUXTLA GTEZ, CHIS, CHIS.  
C.P. 29040

#### TOTAL A PAGAR:

**\$74,214.00**

(SETENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS  
CATORCE PESOS 00/100 M.N.)

**NO. DE SERVICIO :** 671100513783

**RMU :** 29040 10-05-27 MAU0-90218 002 CFE

**PERIODO FACTURADO:** 30 ABR 19 - 31 MAY 19

**TARIFA:** GDMTH

**NO. MEDIDOR:** 61P6U3

**MULTIPLICADOR:** 140

**FECHA LÍMITE DE PAGO:** 11 JUN 19

**CARGA CONECTADA kW:** 170

**DEMANDA CONTRATADA kW:** 170

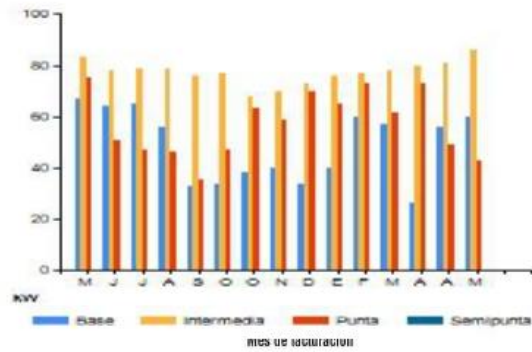
**CORTE A PARTIR:** 12 JUN 19

Concepto	Consumo actual		Consumo actual		Diferencia	Precio (MXN)	Subtotal (MXN)
	Medida ●	Estimada ●	Medida ●	Estimada ●			
kWh base					3,011		
kWh intermedia					19,910		
kWh punta					634		
kW base					60		
kW intermedia					86		
kW punta					43		
kWMaxAñoMovil					56		
KVArh					20,480		
Factor de potencia %					75.46		

Costos de la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista					Desglose del importe a pagar	
Concepto	\$	\$/kW	\$/kWh	Importe (MXN)	Concepto	Importe (MXN)
Suministro	748.38	0	0	748.38	Cargo Fijo	748.38
Distribución	0	7651.84	0	7651.84	Energía	56,579.06
Transmisión	0	0	3917.19	3917.19	Cargo Factor de Potencia	6,649.98
CENACE	0	0	183.74	183.74	Subtotal	63,977.42
Generación B	0	0	2221.21	2221.21	IVA 16%	10,236.38
Generación I	0	0	28069.12	28069.12	Facturación del Periodo	74,213.80
Generación P	0	0	1015.99	1015.99	Adeudo Anterior	67,974.55
Capacidad	0	13392.78	0	13392.78	Su Pago	67,974.00-
SCnMEM	0	0	127.19	127.19	<b>Total</b>	<b>\$74,214.35</b>
<b>Total</b>	<b>748.38</b>	<b>21,044.62</b>	<b>35,534.44</b>	<b>57,327.44</b>		

Figura 3.1 Recibo de luz.

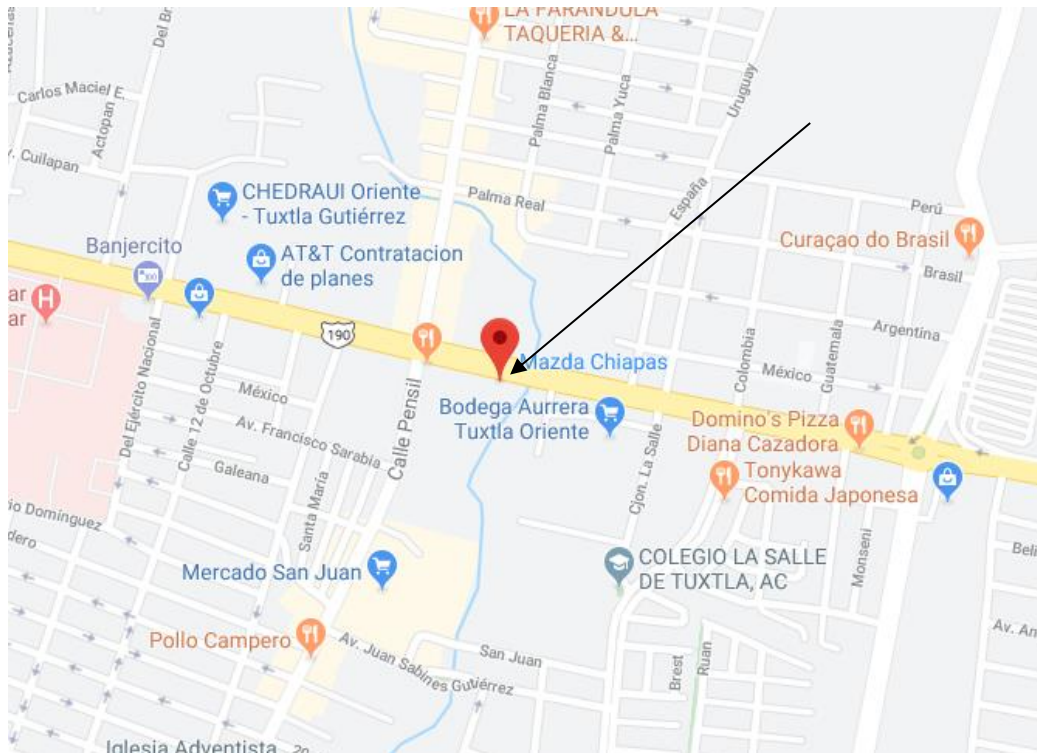
### Consumo histórico



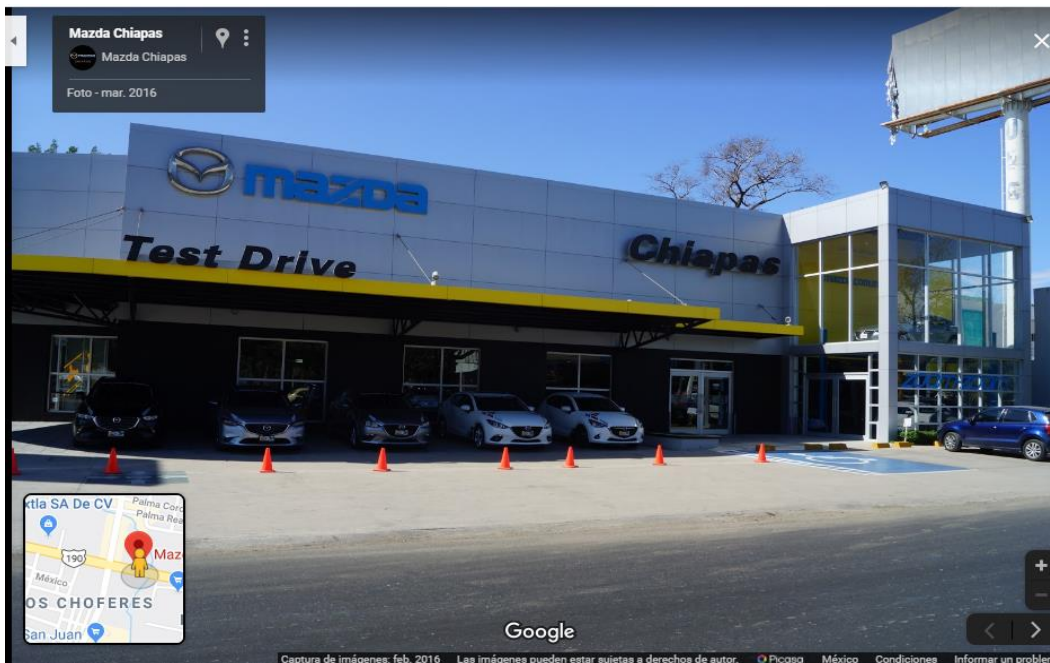
Periodo	Demanda máxima kW	Consumo total kW	Factor potencia %	Factor carga %	Precio medio (MXN)
MAY 18	83	25,654	74.89	42	2.3756
JUN 18	78	23,956	73.34	43	2.5254
JUL 18	79	24,209	74.27	41	2.6832
AGO 18	79	21,798	73.27	37	3.1003
SEP 18	76	19,749	73.18	36	3.3169
OCT 18	77	17,629	72.63	35	3.5664
OCT 18	68	2,605	71.93	39	3.5861
NOV 18	70	16,890	70.37	34	3.6567
DIC 18	73	15,590	67.55	29	3.0512
ENE 19	76	15,762	66.54	28	3.1377
FEB 19	77	16,827	71.04	33	3.0765
MAR 19	78	18,197	71.39	31	2.9902
ABR 19	80	4,204	73.59	36	3.0319
ABR 19	81	15,253	71.99	33	3.0061
MAY 19	43	23,555	75.46	37	2.7161

Figura 3.1.1 Consumo histórico de la estación de servicio.

### 3.2 Zona de instalación del sistema fotovoltaico



*Figura 3.2 Lugar donde se llevará a cabo el proyecto*



*3.2.1 Vista preliminar del lugar donde se llevará a cabo el proyecto*

### 3.3 Cotización

3. COTIZACIÓN					Tipo de cambio: \$ 19.3000	
CANT.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL (USD)	TOTAL (PESOS)	
332	PZA	PANEL SOLAR CANADIAN SOLAR MONOCRISTALINO PERC 385W	\$ 177.00	\$ 58,764.00	\$ 1,134,145.20	
2	PZA	INVERSOR CENTRAL SMA CORE 1 SUNNY TRIPOWER 62.5kW	\$ 12,378.92	\$ 24,757.84	\$ 477,826.30	
332	PZA	ESTRUCTURA DE ALUMINIO ANODIZADO	\$ 79.06	\$ 26,247.92	\$ 506,584.86	
127.8	KW	MATERIAL ELÉCTRICO	\$ 105.02	\$ 13,423.66	\$ 259,076.57	
127.8	KW	INGENIERÍA E INSTALACIÓN	\$ 70.80	\$ 9,049.66	\$ 174,658.36	
1	-	UNIDAD DE INSPECCIÓN PARA MEDIA TENSIÓN	\$ 2,590.67	\$ 2,590.67	\$ 50,000.00	
				<b>SUBTOTAL</b>	\$ 2,602,291.29	
IMPORTE CON LETRA		TRES MILLONES DIECIOCHO MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y SIETE PESOS 90/100 M.N.		<b>IVA</b>	\$ 416,366.61	
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3,018,657.90</b>	

4. FORMAS DE PAGO		
<b>PLAN DIFERIDO A UN AÑO SOLAR EASY</b>		
<b>ENGANCHE</b>	<b>30%</b>	<b>\$905,597</b>
<b>12 PAGOS FIJOS</b>		<b>\$176,088</b>
<b>FINANCIAMIENTO A 60 MENSUALIDADES</b>		
<b>ENGANCHE</b>	<b>0%</b>	<b>\$0</b>
<b>MENSUALIDADES</b>	<b>60</b>	<b>\$69,848</b>
<b>PAGO DE CONTADO</b>		
<b>DESCUENTO DIRECTO</b>	<b>-5%</b>	<b>\$2,867,725</b>
PRECIOS EN MXN - IVA INCLUIDO		

Figura 3.3 Cotización del proyecto

Precio de los 2 Transformadores de 100 KVA - \$118.273.64 (pesos mexicanos).



### **3.4 Cálculo del sistema fotovoltaico**

Una vez obtenido todos los requisitos para realizar el proyecto del sistema fotovoltaico se tiene que realizar el cálculo del sistema, este cálculo es muy necesario, ya que es primordial en cualquier instalación fotovoltaica; para poder tener un control en el sistema y que los equipos funcionen correctamente y no existan fallas cuando el sistema activo.

#### **3.4.1 Calculo de la cantidad de módulos fotovoltaicos**

En este punto se realizará el cálculo para poder saber cuántos módulos fotovoltaicos necesita en la estación de servicio y que nuestra propuesta de ahorro económico tanto energético funcione correctamente y le de beneficios al cliente, para poder realizar dicho cálculo se necesitará el recibo de luz que le proporciona CFE, con ayuda de este recibo de luz nosotros podemos saber cuánta carga gasta el cliente mensualmente.

Al tener información con base a los recibos de CFE se le saca un promedio estimado al cliente para poder saber cómo se comporta su consumo y así sacar los datos para realizar el cálculo, como se muestra en la Figura 3.1.2 se realiza la revisión del consumo histórico y se saca un promedio, para poder saber el consumo diario de la estación de servicio y así calcular cuántos paneles son necesarios.

La fórmula que se utilizara es la siguiente:

$$\text{(Consumo diario en KW)} / \text{(Las horas sol que reside en la zona)} / \text{(La potencia de los módulos fotovoltaicos)} = \text{Numero de módulos a utilizar}$$

Entonces al tener la formula y el recibo de luz del lugar al cual se instalara el sistema fotovoltaico, el primer paso será sacar del recibo de luz un promedio para tener los kw que consume la estación de servicio, estos datos se muestran en la figura 3.1.2, ahí nos muestra el consumo de un año y así no tener errores en el cálculo del sistema y así tener una eficiencia al proyecto propuesto.

Al tener todos los datos que se necesita para el cálculo tenemos que:

Total, de KW: 20220 KW

KW diario: 652.258 KW

Hora sol: 5

Potencia del módulo fotovoltaico: 380

(Consumo diario en kW) / (Las horas sol que reside en la zona) / (La potencia de los módulos fotovoltaicos) = Numero de módulos a utilizar

Retomando la formula con los datos correspondientes:

$(652258 \text{ W}) / (5) / (380 \text{ W}) = 343$  módulos fotovoltaicos.

Se llega a la conclusión que con 330 módulos fotovoltaicos son suficientes para tener un buen ahorro de energía ya que el lugar del espacio no es suficiente para colocar 343 módulos fotovoltaicos.

### 3.5 Selección de un inversor y string's (cadenas)



*Figura 3.5 vista preliminar de inversor central*

El PVS-50/60-TL es la solución de inversor de cadena trifásico conectado a la nube de ABB para hacer posibles sistemas fotovoltaicos extensos, descentralizados y de bajo coste, pensados para aplicaciones comerciales y compañías eléctricas.

Esta nueva adición a la familia de inversores de cadena PVS, con 3 MPPT independientes y una potencia de hasta 60 kW, se ha diseñado para maximizar el retorno de la inversión en sistemas extensos, con todas las ventajas de las configuraciones descentralizadas, tanto en instalaciones montadas en suelo como en cubierta.

- Gracias a los MPPT independientes, las pérdidas asociadas a cada arreglo no afectarán la generación del sistema entero.



*Figura 3.5.1 Vista en tiempo real de arreglos de string's*

- Se pueden usar distintas potencias, tecnologías o incluso marcas de paneles solares en cada MPPT sin afectar la generación del sistema.
- Debido a que cada MPPT puede manejar el 100% de la potencia total del inversor, ahora es posible un mayor sobredimensionamiento de los paneles solares. Esto nos permite el compensar la generación de sistemas con condiciones desfavorables para el arreglo solar como sombreados u orientaciones/inclinaciones muy distintas.

Características avanzadas de conexión a la nube. El acceso inalámbrico normal desde cualquier dispositivo móvil facilita y agiliza la configuración del inversor y de la planta. La interfaz de usuario integrada no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también permite acceder a ajustes avanzados en la configuración del inversor.

La aplicación móvil Installer for Solar Inverters y el asistente de configuración permiten una instalación rápida de múltiples inversores, lo que ahorra hasta un 70 % de tiempo de puesta en servicio.

Integración rápida del sistema. El protocolo Modbus (RTU/TCP)/SUNSPEC estándar del sector permite una rápida integración del sistema. Dos puertos Ethernet ofrecen a las plantas de energía solar una comunicación rápida y a prueba de futuro.

Principales ventajas:

- Hasta 3 MPPT independientes - Potencias nominales de 50/60 kW.
- Instalación horizontal y vertical.
- Acceso sencillo a la caja de conexiones gracias las bisagras y los pestillos de leva presentes en la cubierta.
- Módulo de potencia y caja de conexiones en un mismo chasis compacto.
- Interfaz WIFI para puesta en servicio y configuración.
- Capacidades de gestión de energía reactiva.

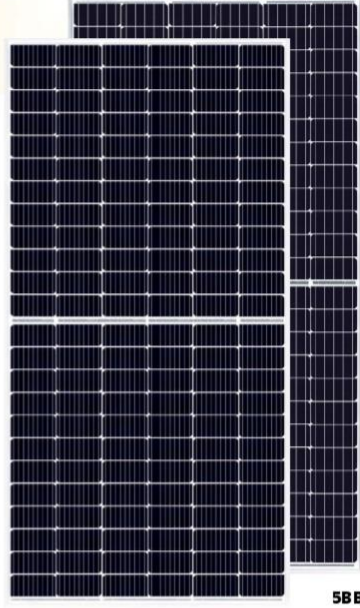


- Monitorización y actualización de firmware remotas a través de la plataforma de ABB en la nube (sin loggers).
- Proporciona un 10 % más de potencia en caso de una temperatura ambiente reducida.
- Altitud de funcionamiento mejorada. Capaces de funcionar hasta 4000 m.
- Algoritmo integrado de control dinámico de inyección.

ABB cuenta con uno de los más amplios portfolios de inversores solares, que incluye desde microinversores de pequeño tamaño e inversores string trifásicos hasta inversores centrales con varios megavatios de potencia. Esta extensa gama de inversores solares cubre todo tipo de aplicaciones, desde los sistemas fotovoltaicos (FV) más pequeños destinados a residencias, hasta complejos sistemas para centrales eléctricas FV con varios megavatios de potencia.

La oferta se complementa con varios productos de monitorización, así como con una red de servicios globales que permite maximizar la rentabilidad de la inversión.

## 3.6 Fichas técnicas

### 3.6.1 Ficha técnica del módulo fotovoltaico







**KuMax**  
**HIGH EFFICIENCY MONO PERC MODULE**  
**CS3U-365 | 370 | 375 | 380MS**  
**(1000 V / 1500 V)**




With Canadian Solar's industry leading mono-PERC cell technology and the innovative LIC (Low Internal Current) module technology, we are now able to offer our global customers high power mono modules up to 380 W.

The KuMax mono-PERC modules with a dimension of 2000 × 992 mm, close to our 72 cell MaxPower modules, have the following unique features:

**MORE POWER**

-  Low power loss in cell connection
-  Low NMOT:  $41 \pm 3$  °C  
Low temperature coefficient (Pmax):  $-0.37$  % / °C
-  Better shading tolerance
-  High PTC  
High PTC rating of up to: 93.13 %

**MORE RELIABLE**




-  Lower hot spot temperature
-  Minimizes micro-cracks
-  Heavy snow load up to 5400 Pa,  
wind load up to 3600 Pa\*

**25 years** linear power output warranty

**10 years** product warranty on materials and workmanship

**MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\***  
ISO 9001:2008 / Quality management system  
ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system  
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

**PRODUCT CERTIFICATES\***  
IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE  
UL 1703: CSA

\* If you need specific product certificates, and if module installations are to deviate from our guidance specified in our installation manual, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

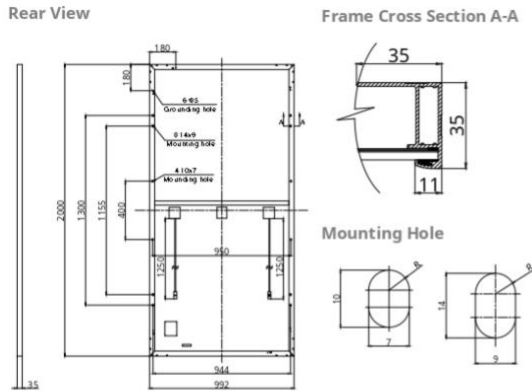
**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 25 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. is one of the most bankable solar companies worldwide.

\* For detailed information, please refer to Installation Manual.

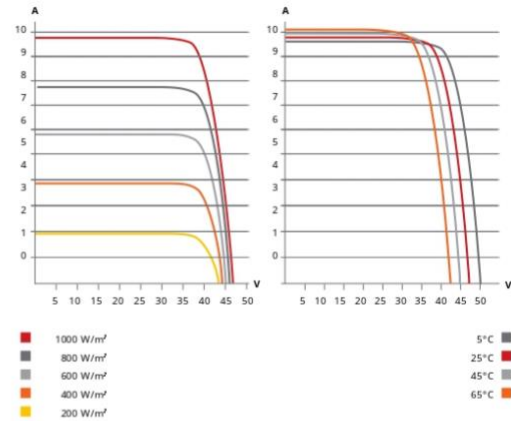
**CANADIAN SOLAR INC.**  
545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com), [support@canadiansolar.com](mailto:support@canadiansolar.com)

Figura 3.6.1 Características del módulo fotovoltaico

## ENGINEERING DRAWING (mm)



## CS3U-370MS / I-V CURVES



## ELECTRICAL DATA | STC\*

CS3U	365MS	370MS	375MS	380MS
Nominal Max. Power (Pmax)	365 W	370 W	375 W	380 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	39.4 V	39.6 V	39.8 V	40.0 V
Opt. Operating Current (Imp)	9.27 A	9.35 A	9.43 A	9.50 A
Open Circuit Voltage (Voc)	47.2 V	47.4 V	47.6 V	47.8 V
Short Circuit Current (Isc)	9.77 A	9.85 A	9.93 A	10.01 A
Module Efficiency	18.40%	18.65%	18.90%	19.15%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	30 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

## ELECTRICAL DATA | NMOT\*

CS3U	365MS	370MS	375MS	380MS
Nominal Max. Power (Pmax)	272 W	276 W	280 W	284 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.6 V	36.7 V	36.9 V	37.1 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.45 A	7.51 A	7.58 A	7.64 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.4 V	44.6 V	44.8 V	45.0 V
Short Circuit Current (Isc)	7.88 A	7.94 A	8.01 A	8.07 A

\* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

## MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline, 156.75 X 78.38 mm
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2000 X 992 X 35 mm (78.7 X 39.1 X 1.38 in)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length	1250 mm (49.2 in), 1670 mm (65.7 in) is optional for single tracking system with leap-frog connection
Connector	T4 series
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	660 pieces

## TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.37 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

## PARTNER SECTION



\* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice.

## CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com), [support@canadiansolar.com](mailto:support@canadiansolar.com)

Apr. 2018. All rights reserved, PV Module Product Datasheet V5.571\_EN

*Figura 3.6.1.1 Características del módulo fotovoltaico*

## 3.6.2 Ficha técnica del inversor central

INVERSORES FOTOVOLTAICOS

### Inversores de cadena ABB

PVS-50/60-TL



— Inversor de cadena PVS-50/60-TL

Esta nueva adición a la familia de inversores de cadena PVS, con 3 MPPT independientes y una potencia de hasta 60 kW, se ha diseñado para maximizar el retorno de la inversión en sistemas extensos, con todas las ventajas de las configuraciones descentralizadas, tanto en instalaciones montadas en suelo como en cubierta.

#### Diseño compacto

Gracias a decisiones tecnológicas centradas en optimizar los tiempos y costes de instalación, el diseño del producto incorpora el módulo de potencia y la caja de conexiones protegidos en un mismo chasis compacto, lo que ahorra recursos y costes en el momento de la instalación. El inversor se ofrece en múltiples versiones, lo que también permite la posibilidad de conectarse a combinadores de cadenas de CC de otros fabricantes.

#### Facilidad de instalación

La posibilidad de instalación vertical y horizontal aumenta la flexibilidad de montaje, tanto en cubiertas como en suelo.

Asimismo, la cubierta está provista de bisagras y bloques que se abren rápidamente y reducen el riesgo de dañar el chasis y los componentes internos durante la puesta en servicio y la realización de tareas de mantenimiento.

#### Características avanzadas de conexión a la nube

El acceso inalámbrico normal desde cualquier dispositivo móvil facilita y agiliza la configuración del inversor y de la planta. La interfaz de usuario integrada no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también permite acceder a ajustes avanzados en la configuración del inversor.

El PVS-50/60-TL es la solución de inversor de cadena trifásico conectado a la nube de ABB para hacer posibles sistemas fotovoltaicos extensos, descentralizados y de bajo coste, pensados para aplicaciones comerciales y compañías eléctricas.

La aplicación móvil *Installer for Solar Inverters* y el asistente de configuración permiten una instalación rápida de múltiples inversores, lo que ahorra hasta un 70 % de tiempo de puesta en servicio.

#### Integración rápida del sistema

El protocolo Modbus (RTU/TCP)/SUNSPEC estándar del sector permite una rápida integración del sistema. Dos puertos Ethernet ofrecen a las plantas de energía solar una comunicación rápida y a prueba de futuro.

#### Integración con la gama de plantas de ABB

La monitorización de sus activos se simplifica, ya que cada inversor es capaz de conectarse a la plataforma de ABB en la nube para garantizar sus equipos y su rentabilidad a largo plazo.

#### Principales ventajas

- Hasta 3 MPPT independientes - Potencias nominales de 50/60 kW
- Instalación horizontal y vertical
- Acceso sencillo a la caja de conexiones gracias las bisagras y los pestillos de leva presentes en la cubierta
- Módulo de potencia y caja de conexiones en un mismo chasis compacto
- Interfaz wifi para puesta en servicio y configuración
- Capacidades de gestión de energía reactiva
- Monitorización y actualización de firmware remotas a través de la plataforma de ABB en la nube (sin loggers)
- Proporciona un 10 % más de potencia en caso de una temperatura ambiente reducida
- Altitud de funcionamiento mejorada. Capaces de funcionar hasta 4000 m
- Algoritmo integrado de control dinámico de inyección

*Figura 3.6.2 Modelo y Características del inversor central*



## Datos técnicos y tipos

Código de tipo	PVS-50-TL	PVS-60-TL
<b>Lado de entrada</b>		
Tensión de entrada de CC máxima absoluta ( $V_{max,abs}$ )	1000 V	
Tensión de entrada de CC de puesta en marcha ( $V_{start}$ )	420...700 V (420 V por defecto)	420...700 V (500 V por defecto)
Intervalo de tensión operativa de entrada de CC ( $V_{dcmin...V_{dcmax}}$ )	0,7x $V_{start}$ ...950 V (mín. 300 V)	0,7x $V_{start}$ ...950 V (mín. 360 V)
Tensión nominal de entrada de CC ( $V_{dc}$ )	610 V CC	720 V CC
Potencia nominal de entrada de CC ( $V_{dc}$ )	52 000 W	61 800 W
Número de MPPT independientes	3 (versiones SX y SX2) / 1 (versiones estándar y S)	
Potencia de entrada de CC máxima para cada MPPT (MPPT max)	19 300 W a 30 °C / 17 500 W a 45 °C	23 100 W a 30 °C / 21 000 W a 45 °C
Intervalo de tensión de entrada de CC con MPPT ( $V_{MPPTmin...V_{MPPTmax}}$ ) a $P_{acr}$	480-800 V CC	570-800 V CC
Corriente de entrada de CC máxima ( $I_{dcmax}$ ) para cada MPPT	36 A	
Corriente máxima de cortocircuito de entrada para cada MPPT	55 A (165 A en caso de MPPT paralelo)	
Número de pares de entrada de CC para cada MPPT	5	
Tipo de conexión de CC	Bloque de terminales de tornillo (versión estándar y S) o conector de acoplamiento rápido FV <sup>1)</sup> (Versiones -SX y SX2)	
<b>Protección de entrada</b>		
Protección contra polaridad inversa	Sí, desde una fuente de intensidad limitada	
Protección frente a sobretensión de entrada para cada MPPT	Tipo 2 / tipos 1 + 2 (opción)	
Control del aislamiento de un generador fotovoltaico	De acuerdo con la normativa local	
Capacidad del interruptor de CC por cada MPPT (versión con interruptor de CC)	75 A / 1000 V para cada MPPT	
Capacidad del fusible (versión con fusibles)	15 A / 1000 V	
<b>Lado de salida</b>		
Tipo de conexión con red de CA	Trifásica (3 W+PE o 4 W+PE), solo sistema WYE conectado a tierra	
Potencia nominal de CA ( $P_{acr}$ @cosf=1)	50 000 W	60 000 W
Potencia máxima de salida de CA ( $P_{acmax}$ @cosf=1)	55 000 W hasta 30 °C	66 000 W hasta 30 °C
Potencia aparente máxima ( $S_{max}$ )	55 000 V A hasta 30 °C	66 000 V A hasta 30 °C
Factor de potencia nominal e intervalo ajustable	> 0,995; 0...1 inductiva/capacitiva con Sn máxima	
Tensión nominal de la red de CA ( $V_{acr}$ )	400 V	480 V
Intervalo de tensiones de CA	320...480 V <sup>2)</sup>	384...571 V <sup>2)</sup>
Corriente máxima de salida de CA ( $I_{ac,max}$ )	80 A	
Corriente de fallo contributiva	92 A	
Frecuencia nominal de salida (f)	50 Hz / 60 Hz	
Intervalo de frecuencia de salida ( $f_{min}...f_{max}$ )	47...53 Hz / 57...63 Hz <sup>3)</sup>	
Factor de potencia nominal e intervalo ajustable	> 0,995; 0...1 inductiva/capacitiva con Sn máxima	
Distorsión armónica total de la corriente	< 3 %	
Cable de CA máximo	95 mm <sup>2</sup> cobre/aluminio	
Tipo de conexión de CA	Bloque de terminales de tornillo, prensaestopas	
<b>Protección de salida</b>		
Protección contra la formación de islas	De acuerdo con la normativa local	
Protección máxima contra sobretensión de CA externa	100 A	
Dispositivo de protección contra las sobretensiones de salida	Tipo 2	
<b>Rendimiento de funcionamiento</b>		
Eficiencia máxima (hmax)	98,3%	98,5%
Eficiencia CN	98,2%	98,3%
Eficiencia Euro	98,0%	98,0%
<b>Comunicación</b>		
Interfaces de comunicación integradas	3 RS485, 2 Ethernet (RJ45), WLAN (IEEE 802.11 b/g/n a 2,4 GHz)	
Protocolo de comunicación	Modbus RTU/TCP (conforme a Sunspec); protocolo Aurora	
Servicios de monitorización remota	Acceso de nivel estándar al portal de monitorización Aurora Vision	
Características avanzadas	Interfaz de usuario web integrada; pantalla (opcional); registro integrado y transferencia de datos directa a la nube	

**Figura 3.6.2.1** Otras características del inversor central

Esquema de bloques de inversores de cadena PVS-50/60-TL de ABB

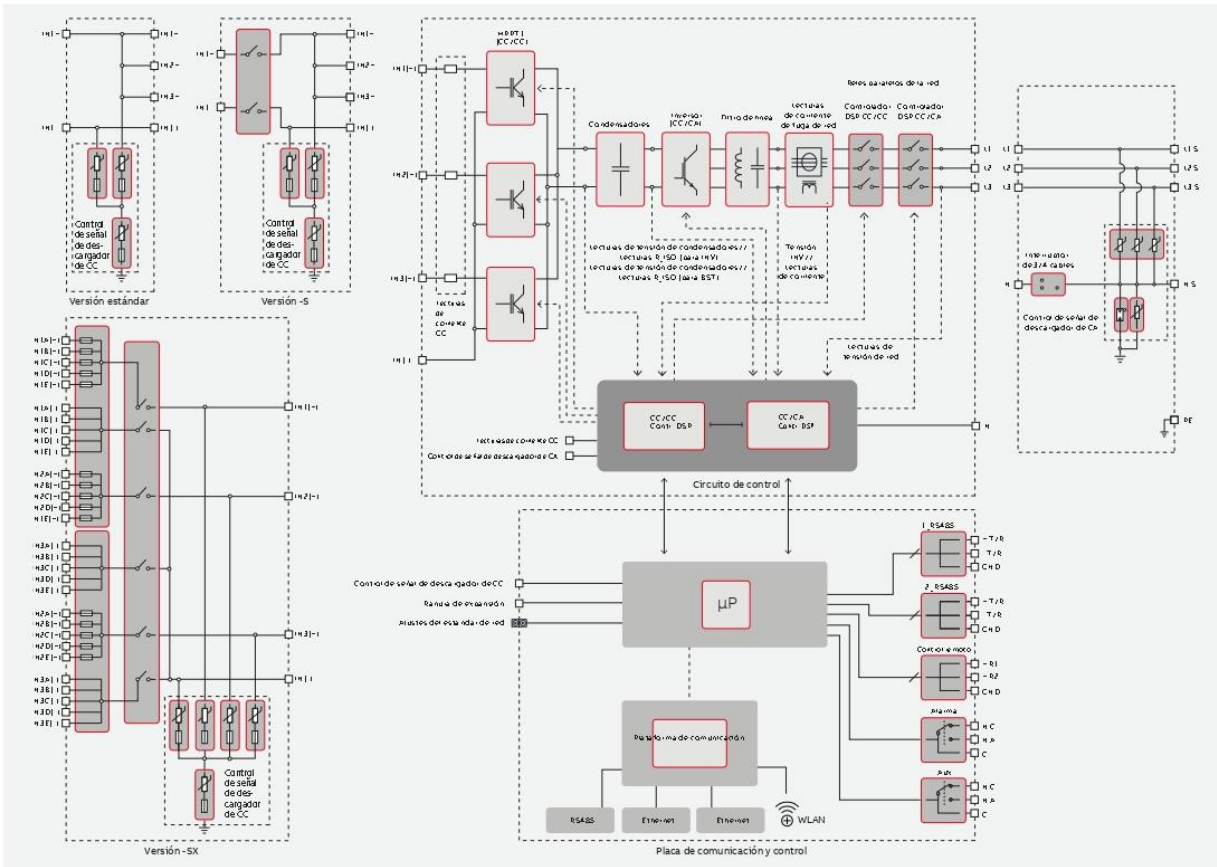


Figura 3.6.2.2 Esquema de bloques de inversores de cadena PSV-50/60-TL de ABB

**Datos técnicos y tipos**

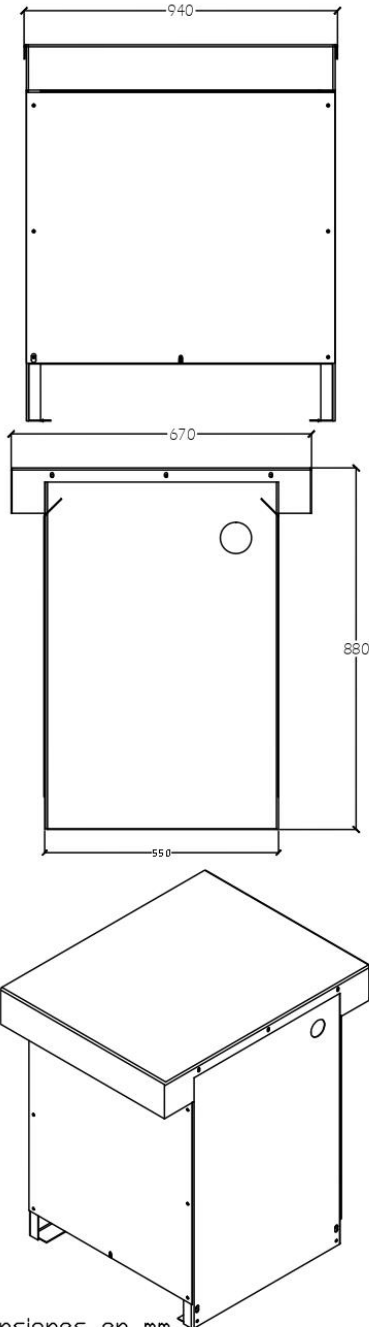
Código de tipo	PVS-50-TL	PVS-60-TL
<b>Condiciones ambientales</b>		
Intervalo de temperatura ambiente	-25...+60 °C (-13...140 °F) con derrateo por encima de 45 °C (113 °F)	
Humedad relativa	4 %... 100 % con condensación	
Nivel de presión sonora, típica	75 dB(A) a 1 m	
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m con reducción de esfuerzo por encima de los 2000 m	
<b>Condiciones físicas</b>		
Especificación de protección ambiental	IP65 (IP54 para sección de refrigeración)	
Refrigeración	Aire forzado	
Tamaño (Al x An x Pr)	750 x 1100 x 261,5 mm / 29,5" x 43,3" x 10,27"	
Peso	70 kg (versión SX)	
Sistema de montaje	Soporte de pared	
<b>Seguridad</b>		
Nivel de aislamiento	Sin transformador	
Marcado	CE	
Normas de seguridad y CEM	IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12 EN 62311, EN 301 489-1, EN 301 489-17, EN 300 328	
Normas de red (consulte su canal de venta para comprobar su disponibilidad)	CEI 0-21, CEI 0-16, DIN V VDE V 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G59/3, DRRG/DEWA, Chile LV/MV EN 50438 (incluidas las divergencias para Irlanda), RD 1565, RD 413, UTE C15-7-712-1 P.O. 12.3, AS/NZS 4777.3, BDEW, NRS-097-2-1, MEA, PEA, IEC 61727, Guía ISO/IEC 67 (sistema 5) IEC 61683, VFR-2014, IEC 62116, Synergrid C10/11, IRR-DCC-MV, CLC-TS-50549-1/-2	
<b>Versiones del producto disponibles</b>		
Conexiones de entrada con bloque de terminales + descargador de sobretensión tipo 2	PVS-50-TL	PVS-60-TL
Conexiones de entrada con bloque de terminales + interruptor de CC	PVS-50-TL-S	PVS-60-TL-S
+ descargador de sobretensión tipo 2		
15 conexiones de entrada rápida + fusibles (unipolares) + interruptor de CC + descargadores de sobretensión tipo 2	PVS-50-TL-SX	PVS-60-TL-SX
15 conexiones de entrada rápida + fusibles (ambos polos) + interruptor de CC + descargadores de sobretensión tipo 2	PVS-50-TL-SX2	PVS-60-TL-SX2
<b>Accesorios opcionales disponibles</b>		
Descargador tipo 1 + 2 <sup>4)</sup>	Disponible	Disponible
<sup>1)</sup> Consulte el documento «String Inverters – Product Manual appendix» (en Inglés) disponible en <a href="http://www.abb.com/solarinverters">www.abb.com/solarinverters</a> para obtener información sobre la marca y el modelo del conector de acoplamiento rápido utilizado en el inversor	<sup>1)</sup> El intervalo de frecuencia puede variar en función de los estándares específicos de la red del país	
<sup>2)</sup> El intervalo de tensión de CA puede variar en función de los estándares específicos de la red del país	<sup>4)</sup> Artículo con referencia dedicada, solo para la versión SX2 Observación. Las características no mencionadas específicamente en esta hoja de datos no están incluidas en el producto	

**Figura 3.6.2.3 Datos técnicos y tipos de bloques de inversores de cadena PSV-50/60-TL de ABB**

### 3.6.3 Ficha técnica del transformador



#### TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION TRIFASICO TIPO SECO CLASE "B" 1,2 kV "AA"



\* Dimensiones en mm.

Potencia	kVA	100
Tipo	SECO	
Tension Primaria Nominal	V	480Y/277
Tension Secundaria Nominal	V	220Y/127
Derivaciones en alta tension	+ 2 - 2 de 2.5 %	
Frecuencia	Hz	60
Corriente Primaria Nominal	A	120.28
Corriente Secundaria Nominal	A	262.43
Sobreelevacion de Temperatura	*C	125
Clase de Aislamiento Primario	kV	1.2
Clase de Aislamiento Secundario	kV	1.2
NBAI Primario	kV	10
NBAI Secundario	kV	10
Impedancia	%	2.00
Altitud de Operacion	m s.n.m.	2300
Corriente de excitacion	%	1.00
Peso total	kg	367
Norma de Fabricacion	NMX-J-351-ANCE-2016	
Eficiencia	%	98.6
Conexion de los Devanados Primario-Secundario	Estrella-Estrella	
Material de los Devanados Primario-Secundario	Cobre - Cobre	

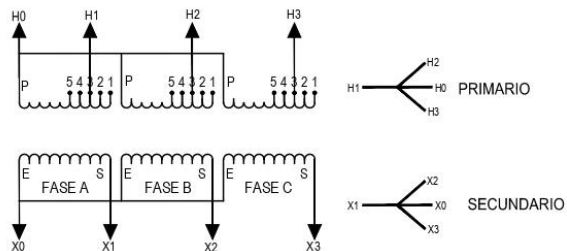
#### DESCRIPCION:

Transformador de distribucion trifasico tipo seco, para usos generales de aumento o disminucion de voltaje y servicios particulares.

Gabinete: Nema 3R para servicio exterior de Acero comercial. Recubrimiento: Pintura en polvo Electroestatico color gris ANST 61 Tipo Superdurable.

#### Pruebas Realizadas:

- \* Relacion de Transformacion. (TTR)
- \* Resistencia de Aislamientos (megger)
- \* Resistencia Ohmica de los Devanados.
- \* Perdidas en Vacio
- \* Perdidas con Carga
- \* Potencial Aplicado
- \* Potencial Inducido



Cerro de la Bufa no 114 col Jacarandas Celaya, Gto. Mexico  
tel: 01 (461) 61 5 62 64 www.tebsatransformadores.com.mx

Figura 3.6.3 Características de transformador trifásico tipo seco 220/480

### 3.6.4 Ficha de gabinete para interruptor en caja moldeada



Figura 3.6.4 Característica de gabinete para interruptor en caja moldeada

### 3.6.5 Ficha técnica de ITM (interruptor termomagnético)



FAL/FHL - 3 polos  
15 - 100 A

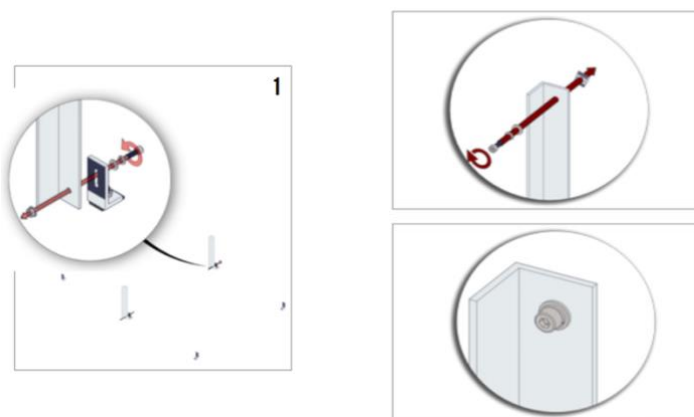
FHL Capacidad interruptiva alta						
	Baja	Alta	277 V~, 125 ~	600 V~, 250 ~	601 V~, 250 ~	
15	275	600	FHL16015	FHL26015	FHL36015	AL50FA
20	275	600	FHL16020	FHL26020	FHL36020	#14 - #4 Cu ó
30	275	600	FHL16030	FHL26030	FHL36030	#12 - #4 Al
40	400	850	FHL16040	FHL26040	FHL36040	AL100FA
50	400	850	FHL16050	FHL26050	FHL36050	#14 - #1/0 Cu ó
70	800	1450	FHL16070	FHL26070	FHL36070	#12 - #1/0 Al
100	900	1700	FHL16100	FHL26100	FHL36100	

Figura 3.6.5 Características de ITM (Interruptor Termomagnético) 3x100 A

### 3.7 Montaje de estructura

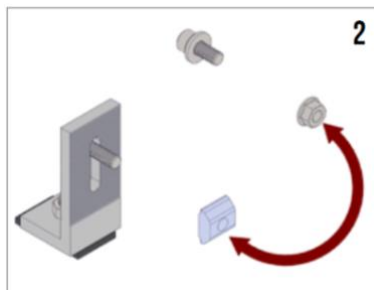
En cuanto al modo de fijación del módulo al panel, hay que tener en cuenta cual es el sistema de anclaje del panel. En este diseño, se utiliza una estructura con rectángulo inclinado para los paneles. Los diseños varios ya que es por precio de mercado y por si dejan de fabricarse, la estructura es primordial para el sistema fotovoltaico, debe tener firmeza para poder soportar gran cándida de paneles. A continuación, se mostrara la forma básica para el armado de estructura en 10 sencillos pasos.

1.- Se posicionarán los soportes PV-RH-SR según las distancias establecidas en los diagramas de instalación. Se colocará un soporte universal en cada angular reforzado.



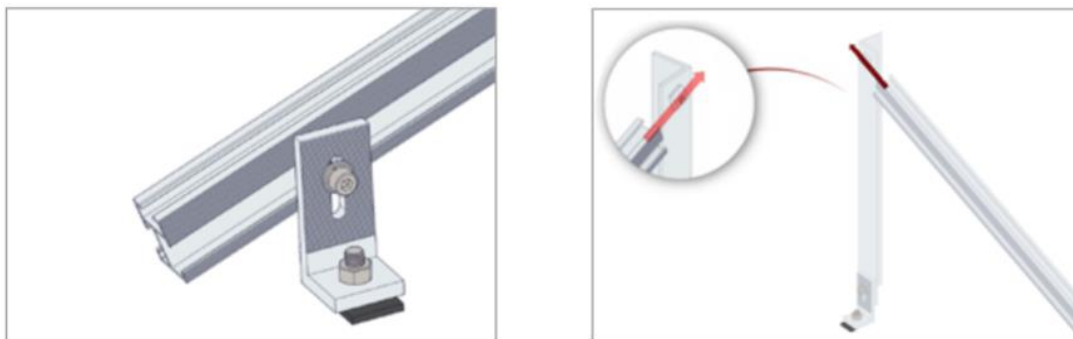
*Figura 3.7 Ensamblaje de parte inferior y superior de estructura*

2.- Accesorios de sujeción para riel de soporte; se intercambiará el módulo "D" incluido en el soporte universal por la tuerca flange incluida en el Tornillo Allen M8x20 para realizar la fijación del ángulo reforzado.



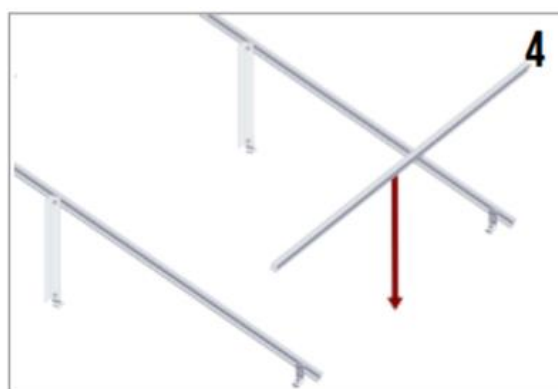
*Figura 3.7.1 Ensamblaje de L-float*

3.- Fijación del riel de soporte; a continuación, se fijará el riel de soporte PV-R3300-SR en el primer soporte universal y posteriormente en los angulares reforzados. Ambas fijaciones se realizan utilizando el PV-TR-M8x20 y el D-module, el cual se inserta en el canal lateral del riel, el canal de mayor tamaño.



**Figura 3.7.2** Ensamblaje de L-flota en los rieles de subestación de estructura

4.- Determinación de puntos de sujeción de rieles para paneles; primeramente, se colocará el PV-R2100-SR y se fijará al riel de soporte utilizando los Clips universales (PV-CP-M8), se instalarán 4 rieles de soporte para paneles, cada uno a la cuarta parte de la longitud del módulo desde su punta.



**Figura 3.7.3** Ensamblaje de cuadros para la estructura

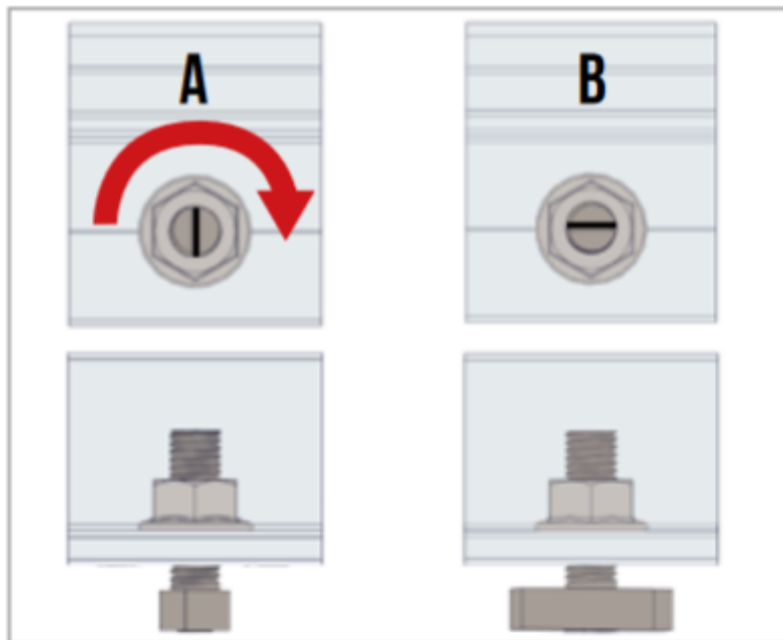
5.- Instalación de los Clips universales PV-CP-M8; los clips universales PV-CP-M8 permiten la sujeción del riel de soporte con el riel para paneles gracias al uso de un Tornillo 'T'. El

"T" Bolt, se inserta en la ranura superior del SunRail y se gira con sentido a las manecillas del reloj para posicionarse. La ranura en la punta del tornillo indica la posición de la base.



*Figura 3.7.4 Muestra de funcionamiento de los tornillos con los sujetadores*

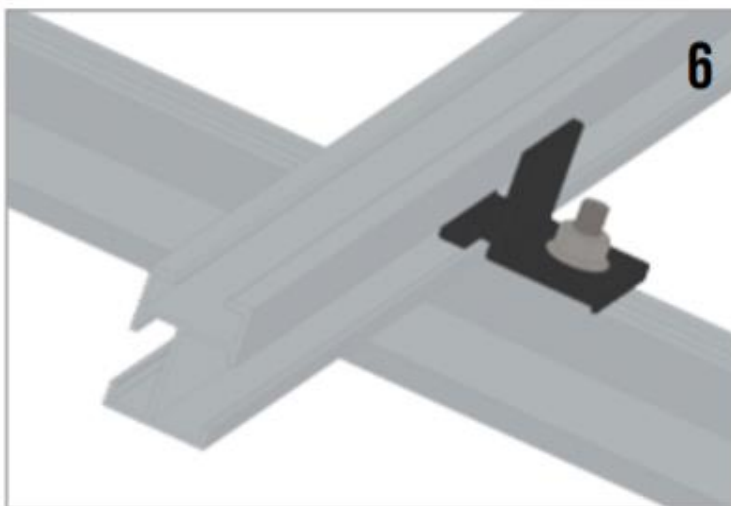
5.1.- Una vez posicionado el "T" Bolt, apretar la tuerca flange con torque de 8-10Nm.



*Figura 3.7.5 Muestra de funcionamiento de los tornillos con más detalle*



6.- Repetir el proceso con otro extremo del riel de soporte para paneles.



*Figura 3.7.6 Muestra de unión de cuadros con más detalle*

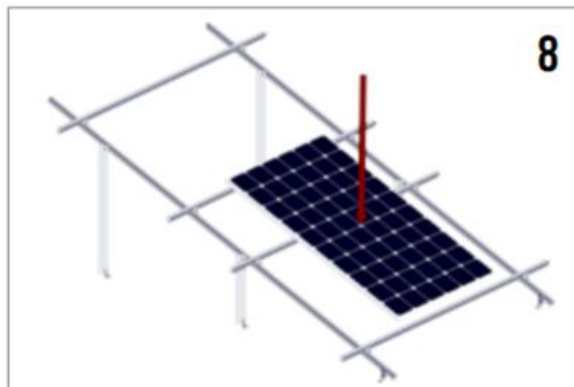
7.- Posteriormente realizar nuevamente los pasos anteriores con cada uno de los rieles de soporte, las distancias se encuentran definidas en cada uno de los diagramas de instalación.



*Figura 3.7.7 Muestra de armado de cuadro finalizado*

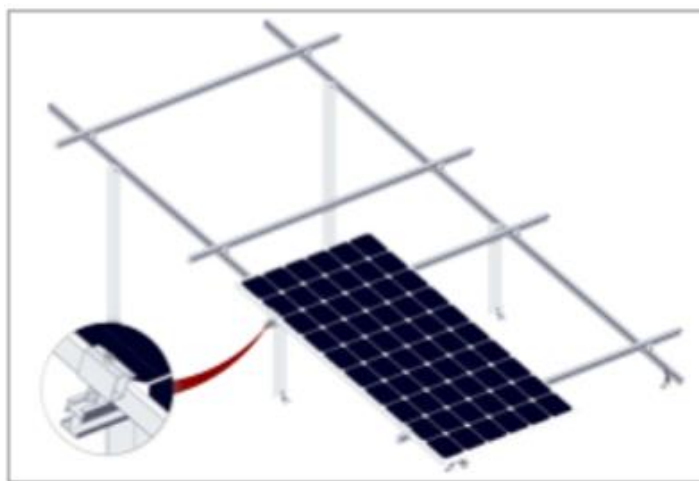
8.- Instalación de los Módulos Fotovoltaicos; la instalación de los módulos fotovoltaicos se realiza procediendo de uno de los extremos hasta el siguiente, colocando uno a uno los

módulos y sujetándolos con las abrazaderas intermedias y de remate. Cada uno de los módulos quedará apoyado sobre dos rieles transversales, como se muestra en la imagen de abajo.



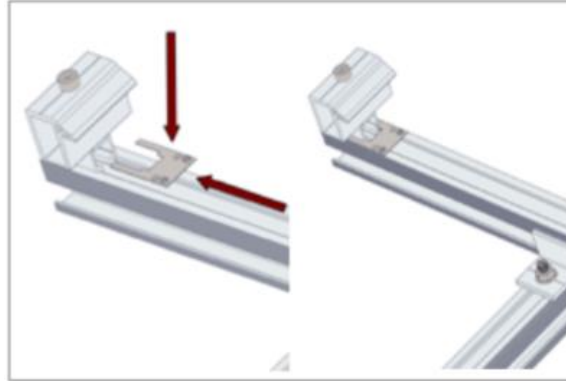
*Figura 3.7.8 Ensamblaje de los módulos*

8.1.- Se colocan primeramente las abrazaderas de remate, cada uno de los kits incluye dos juegos de cuatro abrazaderas, uno para cada fila de paneles. Las abrazaderas PV-EC-SR son abrazaderas ajustables para marcos de 50 a 30mm de espesor.



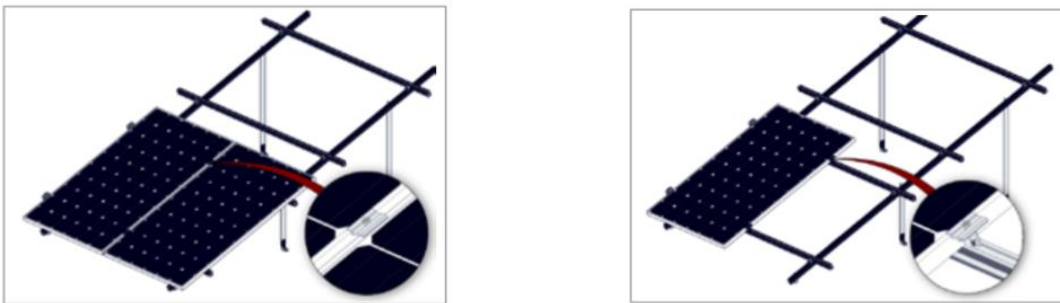
*Figura 3.7.9 Muestra de funcionamiento de abrazaderas finales*

8.2.- Con las abrazaderas de remate viene incluido un clip de tierra de acero inoxidable; este se coloca entre el riel y la parte baja del panel, al ajustar la abrazadera de remate los dientes del clip romperán el anodizado tanto del panel como del riel, asegurando la correcta continuidad de los elementos y la puesta a tierra.



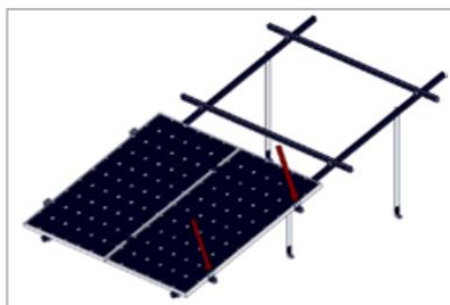
**Figura 3.7.10** Muestra de funcionamiento de abrazaderas finales con más detalle

8.3.- Al igual que las abrazaderas de remate, las abrazaderas intermedias PV-IC-SR son ajustables con marcos de 50 a 30mm, las abrazaderas intermedias para Sunrail incluyen una lámina de conexión a tierra, la cual rompe el anodizado de los paneles y establece la continuidad entre los módulos.



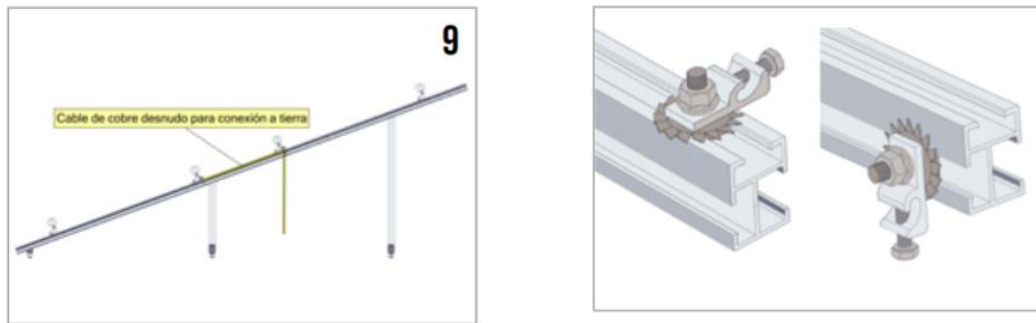
**Figura 3.7.11** Muestra de funcionamiento de abrazaderas media

8.4.- Repetir los pasos 8.2 y 8.3 para ajustar las abrazaderas de remate del extremo final.



**Figura 3.7.12** Muestra de dos paneles con sus abrazaderas finales y medias

9.- Terminal de tierra; una vez instalados los módulos fotovoltaicos con los accesorios se asegura la continuidad de todos los elementos, únicamente hace falta aterrizar un punto a tierra física, para esto será necesario colocar las terminales de tierra PV-AGL-SR. La terminal de tierra se coloca al final de cada serie de paneles; puede instalarse en el canal superior o lateral del riel.



**Figura 3.7.13** Ensamblaje de terminales de tierra en los arreglos

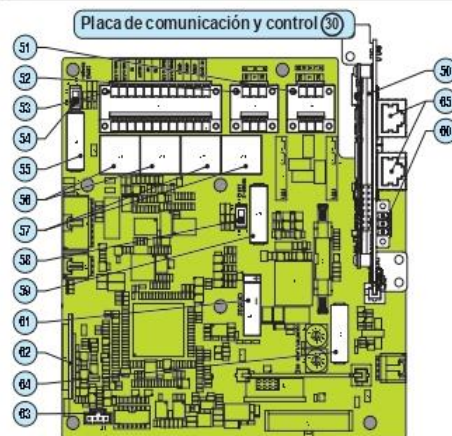
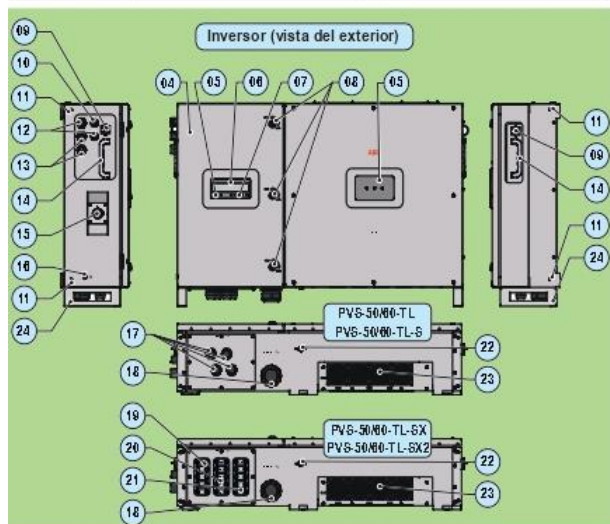
10.- Vista de ensamble final; una vez finalizada la instalación de los módulos en la fila inferior, será necesario repetir los pasos anteriores de instalación de los módulos fotovoltaicos para la fila superior.



**Figura 3.7.14** Vista preliminar de todo el ensamblaje

### 3.8 Conexión y componentes del inversor central

Componentes principales		
01 Soporte de montaje	19 Conectores de acoplamiento rápido de entrada (canal 1)	50 Placa intermedia
02 Soportes de bloqueo	20 Conectores de acoplamiento rápido de entrada (canal 2)	51 Bloque de bornes (relé multifunción) de ALARMA
03 Puntos de anclaje de inversor/soporte	21 Conectores de acoplamiento rápido de entrada (canal 3)	52 Bloque de bornes (relé multifunción) AUX
04 Puerta delantera de la caja de conexiones	22 Válvula anticondensación	53 Líneas RS485-1 y RS485-2, R1 ON/OFF y R2 ON/OFF (ON/OFF remoto) y bloque de bornes de 5 V de líneas auxiliares
05 Panel led	23 Sección de refrigeración	54 Interruptor de resistencia de terminación de 120 ohmios de línea RS485-1
06 Pantalla	24 Soporte inferior	55 Carcasa de la tarjeta de comunicación RS485-1
07 Teclado	30 Placa de comunicación y control	56 Conexión de línea RS485-1 sobre conector RJ45
08 Cierre con llave	31 Kit de puesta a tierra (kit opcional)	57 Conexión de línea RS485-2 sobre conector RJ45
09 Anillo de elevación	32 Descargadores de sobretensión de CC	58 Interruptor de resistencia de terminación de 120 ohmios de línea RS485-2
10 Conector de antena de wifi	33 Seccionador de CC	59 Carcasa de la tarjeta de comunicación RS485-2
11 Punto de sujeción de soportes de bloqueo	34 Fusibles string de polo negativo (-)	60 Bloque de bornes principal RS485 (J5)
12 Prensaestopas para cable de Ethernet	35 Fusibles string de polo positivo (+)	61 Carcasa de la batería
13 Prensaestopas de servicio	36 Descargadores de sobretensión de CA	62 Carcasa de tarjeta SD
14 Manija	37 Terminal (interno) de puesta a tierra	63 Conector del kit de puesta a tierra (kit opcional)
15 Seccionador de CC	38 Bloque de bornes de tornillo de salida de CA	64 Ranura de la tarjeta de memoria de datos del inversor
16 Terminal (externo) de puesta a tierra	39 Bloque de bornes de tornillo de entrada de CC	65 Conector de Ethernet
17 Prensaestopas de CC	40 Panel de filtro de CA	
18 Prensaestopas de CA	41 Puntos de conexión MPPT paralelos	



Consulte el manual para obtener más detalles sobre las conexiones y funciones disponibles en la placa de comunicación y control.

La ilustración muestra los componentes principales y las conexiones disponibles de la placa de comunicación y control (30). Cada cable de conexión llega a la placa de comunicación a través de prensaestopas de servicio (13) y prensaestopas para cable de Ethernet (12).

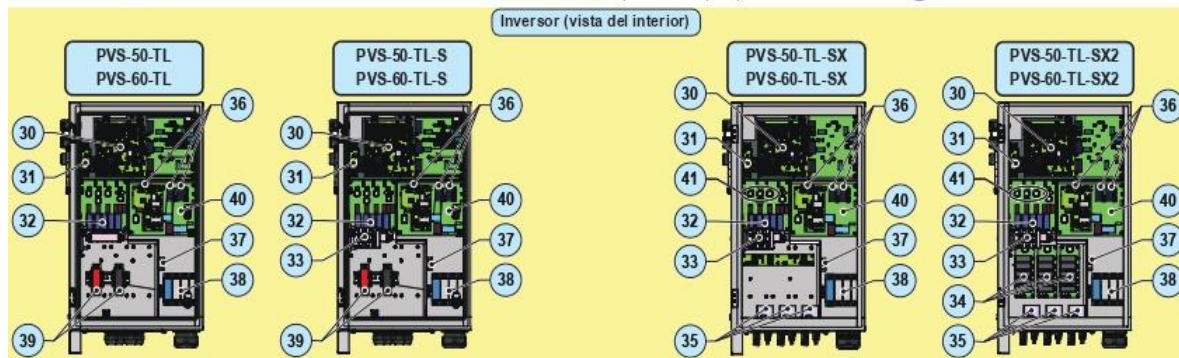


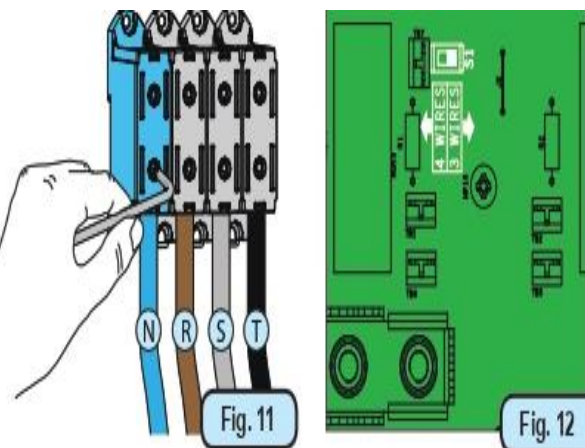


Figura 3.8 Componentes del inversor ABB

	Soporte de montaje ⑪ + tornillos para el montaje del soporte	1 + 6		Tornillo M6 para fijar el: - Terminal (interno) de puesta a tierra ⑰ - Terminal (externo) de puesta a tierra ⑱
	Soportes de bloqueo ⑫ + tornillos para el montaje del soporte de bloqueo	4 + 8		Arandela dentada M6 para fijar los: - 2 terminales (internos) de puesta a tierra ⑰ - 2 terminales (externos) de puesta a tierra ⑱
	Conectores de relé configurables	2		Antena de wifi
	Conectores de señal de control y comunicaciones	2		Barra de configuración para canales de entrada en paralelo y tornillos M5x12 (con arandelas planas y arandelas de resorte)
	Junta de dos orificios para prensaestopas de señal PG 21 ⑬ + tapa	2 + 2		Llave para el cierre de la puerta delantera ⑭
				Documentación técnica

**Figura 3.8.1** Componentes para todos los modelos de inversores ABB

- Conecte los cables Neutral (si se proporciona), R, S y T en los respectivos bornes del bloque de bornes de tornillo de salida de CA ⑳. Respete la secuencia de conexión de las fases R, S y T, indicada en las etiquetas de los cables de CA internos. (Fig. 11)
- Pruebe a tirar de cada uno de los cables para comprobar que la conexión esté bien sujeta.
- En el panel de filtro de CA ㉑, configure el interruptor (S1) siguiendo los ajustes de las conexiones de salida (Fig. 12):
  - Posición de 3 CABLES. Configuración de tres cables (R+S+T)
  - Posición de 4 CABLES. Configuración de 4 cables (Neutral+R+S+T)
- Una vez completada la conexión al bloque de bornes de tornillo de salida de CA ⑳, reapriete (par de 10,0 Nm) firmemente el prensaestopas y compruebe su estanquidad.



**Figura 3.8.2** Conexión de salida (CA)



¡No apoye ningún objeto en el inversor durante su funcionamiento!  
 ¡No toque el disipador durante el funcionamiento del inversor! Algunas partes podrían estar muy calientes y provocar quemaduras.



Respete la corriente de entrada máxima relacionada con los conectores de acoplamiento rápido, como se indica en los datos técnicos.

La inversión de la polaridad puede provocar importantes daños. ¡Compruebe la polaridad antes de conectar cada uno de los string!

Si los paneles fotovoltaicos están expuestos a la luz solar, proporcionan tensión de CC al inversor de forma continuada.

Para evitar el riesgo de descarga eléctrica, todas las operaciones de cableado se deben realizar con el seccionador de CC interno y externo (si puede, proceda con el bloqueo y etiquetado) en la posición OFF y con el seccionador de CA externo en la posición OFF (con el bloqueo y etiquetado).



En caso de disponer solo del seccionador de CC interno, habrá partes activas dentro del inversor, con el consiguiente riesgo de descarga eléctrica. En este caso, SOLO está permitido realizar la actividad con EPI adecuados (resistencia general al arco eléctrico, casco dieléctrico con visera, guantes aislantes de clase 0, sobreguantes protectores de cuero EN420 – EN388, calzado de seguridad).



**Advertencia:** Los inversores a los que se hace referencia en este documento NO CUENTAN CON NINGÚN TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO (sin transformador). Esta topología supone el uso de paneles FV aislados (IEC 61730, Clase A) y la necesidad de que el conjunto FV no toque el suelo. Ningún terminal del conjunto FV debe estar conectado a tierra. Para conectar de otra forma los strings FV, es obligatorio usar un transformador de aislamiento cuando se instala un kit de puesta a tierra de entrada negativa. Consulte la Guía de instalación rápida "PVS-50/60-GROUNDING KIT" para obtener más información. Si los strings de entrada están en paralelo, las condiciones de instalación deben ser las mismas (número de conjuntos de paneles, tipo de panel, orientación e inclinación).

Las conexiones del lado de CC varían en función del modelo de inversor.

• **Modelos PVS-50(60)-TL y PVS-50(60)-TL-S**

En estos modelos de inversores, equipados con un solo MPPT, el conjunto FV se conecta al inversor mediante el bloque de bornes de tornillo de entrada de CC (39) pasando el cable por los prensaestopas de CC (17) (Fig. 13)

- Asegúrese de que el diámetro de los cables de CC sea de 13-21 mm, la sección transversal sea de 95 mm<sup>2</sup> y que sean de cobre o aluminio.

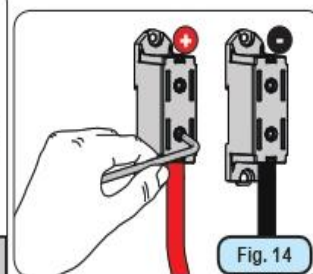
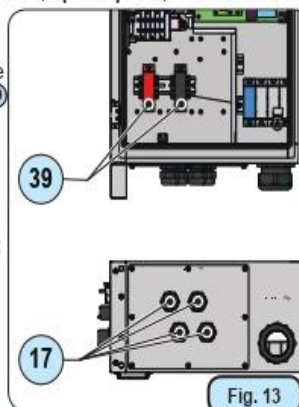
- Desenrosque el prensaestopas y retire la tapa

- Pase el cable por el prensaestopas (17)

- Conecte el conjunto FV (+ y -) al bloque de bornes de tornillo de entrada de CC (39) (par de apriete de 20 Nm) (Fig. 14)

- Al acabar, asegúrese de que la polaridad de cada string sea la correcta.

- Tire de cada cable para comprobar el apriete.



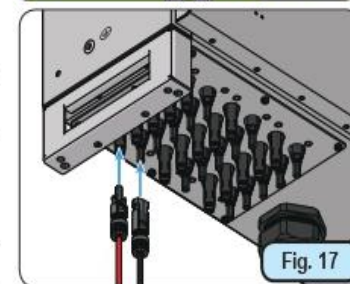
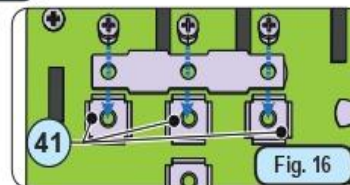
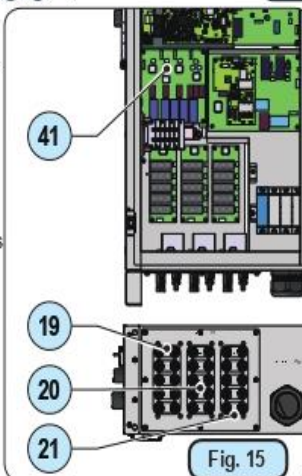
• **Modelos PVS-50(60)-TL-SX y PVS-50(60)-TL-SX2**

En estos modelos de inversores, el conjunto FV se conecta al inversor mediante los conectores de entrada de acoplamiento rápido (MPPT) (19, 20, 21) situados en la parte inferior de los mecanismos. (Fig. 15)

- Según la configuración del sistema FV, las entradas pueden ser 3 MPPT independientes o un solo MPPT con los tres canales de entrada en paralelo. Se pueden conseguir entradas en paralelo instalando la barra (incluida) en los puntos de conexión MPPT paralelos (41) con los 3 tornillos (M5x12, par de apriete de 4,0 Nm) (Fig. 16) Si los canales de entrada no se definen correctamente, se puede producir una pérdida de producción de energía.

- Los conectores de acoplamiento rápido se dividen en 3 grupos (uno por cada MPPT de entrada), cada uno de ellos compuesto de 5 parejas de conectores de acoplamiento rápido.

Consulte el documento "String inverters – Product manual appendix", disponible en el sitio web de ABB [www.abb.com/solarinverters](http://www.abb.com/solarinverters), para descubrir la marca y el modelo del conector de acoplamiento rápido utilizado en el inversor. En función del tipo de conectores de acoplamiento rápido que haya instalados en su inversor, tendrá que usar el mismo tipo para los equivalentes correspondientes (después de buscar el equivalente compatible en el sitio web del fabricante o en ABB).



Si se usan equivalentes no coincidentes en los conectores de acoplamiento rápido instalados en el inversor, este puede sufrir daños graves y la garantía del producto ya no sería válida.

- Conecte todos los strings a los conectores de acoplamiento rápido correspondientes (+ y -) siguiendo los diagramas de cableado y compruebe el apriete de todas las conexiones.

Si no se usa alguna de las entradas de los strings, asegúrese de que las tapas estén colocadas en los conectores; si falta alguna, colóquela. Este proceso es necesario para comprobar el apriete del inversor y evitar dañar el conector libre que puede usar más adelante. (Fig. 17)



**AS4777:** Si el uso del soporte DRMO está especificado, el inversor puede ser utilizado solamente combinado a la interface ABB DRMO. Haga clic en el siguiente enlace para obtener más información sobre la interface DRMO <https://new.abb.com/power-converters-inverters/solar>

Figura 2.8.3 Conexión de entrada (CC)

### 3.9 Conexión de transformador

FASES 3		TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO SECO			
kVA	No. DE SERIE	CLASE	1,2 kV	FRECUENCIA	60 Hz
100	31121019	% DE EFICIENCIA	98,35		
TIPO	ALTITUD	ELEV. DE TEMP.	% DE IMPEDANCIA 85°	2,05	
AA	1,000 m S.N.M.	°C	% DE CORRIENTE DE EXCITACION	0,63	
TENSION NOMINAL		CORRIENTE NOMINAL		NBAI	MATERIAL
A.T. 480Y/277V		120,28		A	10
B.T. 220Y/127V		262,43		A	10
MASAS			DERIVACIONES		
NUCLEO-BOBINAS	386	kg	POS	CONECTA	VOLTS (V)
TANQUE	49	kg	1	H - 1	504
TOTAL	387	kg	2	H - 2	492
			3	H - 3	480
			4	H - 4	468
			5	H - 5	456
No. DE INSTRUCTIVO: MAIN-01-00			ORDEN DE PRODUCCION:		
FECHA DE FABRICACION: 11 / 2019			NORMA DE FABRICACION: NMX-J-351-2008, NOM-002-SEDE 2010		
HECHO EN MEXICO					

Figura 3.9 Placa de datos de transformador tipo seco 220/480

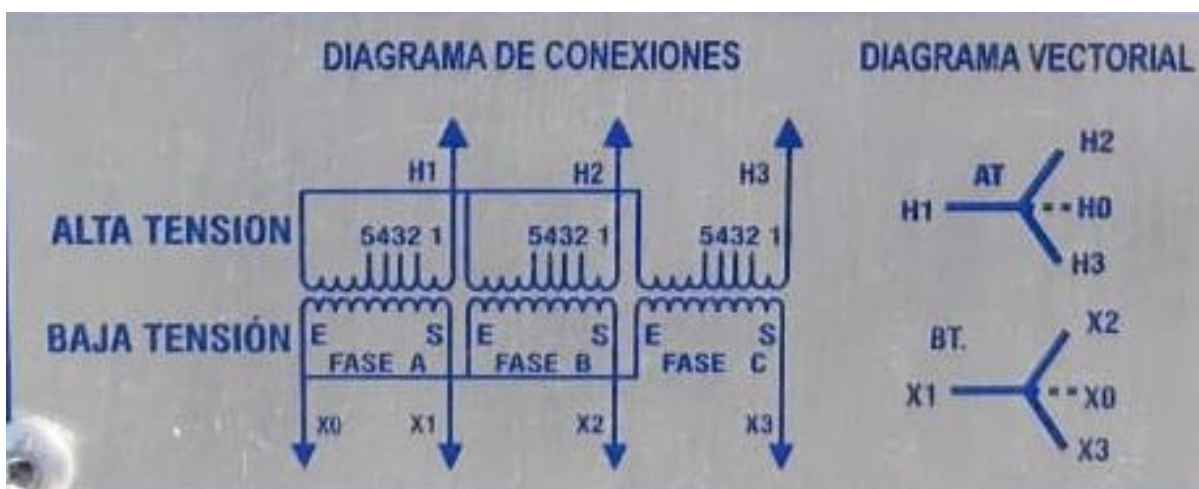


Figura 3.9.1 Diagrama de conexiones del transformador tipo seco 220/480



### 3.10 Cálculo del calibre e interruptor en CA-CD

Alimentador del inversor de ABB 66 KVA al transformador tipo seco numero 1.

Para un sistema trifásico de 3F-4H se tiene:

P: 66,000 VA

VF: 480 Volts

F.T.: 0.82 a 60°C

F.A.: 0.80 de 4 a 6

L: 10 mts

Smm<sup>2</sup>: 53.50 para el calibre 1/0

In:

$$I_n = \frac{KVA(1000)}{(\sqrt{3})(E)} = \frac{66000}{(1.732)(480)} = 79.38 A$$

Aplicando los factores de corrección la In toma el siguiente valor.

$$I_c = \frac{I_n}{(F.T.)(F.A.)} = \frac{79.38 A}{(0.82)(0.80)} = 121 A$$

El alimentador de un inversor al transformador tipo seco núm. 1 esta calculado de tal forma que su e% no superara el 1%; por lo que:

$$Reg e\% = \frac{2(\sqrt{3})(L)(I_c)}{(mm^2)(V.F)} = \frac{2(\sqrt{3})(10 m)(121 A)}{(53.50mm^2)(480 V)} = 0.16 \%$$

Para una caída de tensión de 0.16 % se propone un conductor calibre 1/0 AWG tipo de aislamiento THW-LS a 60°C X fase y neutro, con capacidad de conducción de hasta 125 A; en tubería.

Por lo tanto la protección termomagnética será:

$$I_a = I_n \times 1.25 = 79.38 \text{ A} \times 1.25 = 99.22 \text{ Amps}$$

Se propone de 3 polos 100 amps en caja moldeada instalada en la entrada del transformador de 100 KVA.

El diámetro de la canalización considerando 4 hilos del calibre 1/0, 3 F – 1 N, más un cable desnudo calibre 6 de tierra física, según tablas de normas se instaló una tubería de Fe galvanizado con rosca de 53 mm de diámetro.

Alimentador del transformador seco núm. 1 de 100 KVA 480-277/220-127 volts al tablero I line de 220 volts.

Para un sistema trifásico de 3F-4H se tiene:

P: 66,000 VA

VF: 220 Volts

F.T.: 0.82 a 60°C

F.A.: 0.80 de 4 a 6

L: 10 mts

Smm<sup>2</sup>: 53.50 para el calibre 1/0

In:

$$I_n = \frac{KVA(1000)}{(\sqrt{3})(E)} = \frac{66000}{(1.732)(220)} = 173.20 \text{ A}$$

Aplicando los factores de corrección la - In toma el siguiente valor.

$$I_c = \frac{I_n}{(F.T.)(F.A.)} = \frac{173.20 \text{ A}}{(0.82)(0.80)} = 264.03 \text{ A}$$

El alimentador del transformador tipo seco núm. 1 al tablero I LINE está calculado de tal forma que su e% no superara el 1 %; por lo que:

$$Reg e\% = \frac{2(\sqrt{3})(L)(Ic)}{(mm^2)(V.F)} = \frac{2(\sqrt{3})(10 m)(264.03 A)}{(53.50mm^2)(220 V)} = 0.16 \%$$

Para una caída de tensión de 0.16 % se propone un conductor calibre 1/0 AWG tipo de aislamiento THW-LS a 60°C por fase y neutro, con capacidad de conducción de hasta 125A en tubería.

Por lo tanto la protección termomagnética será:

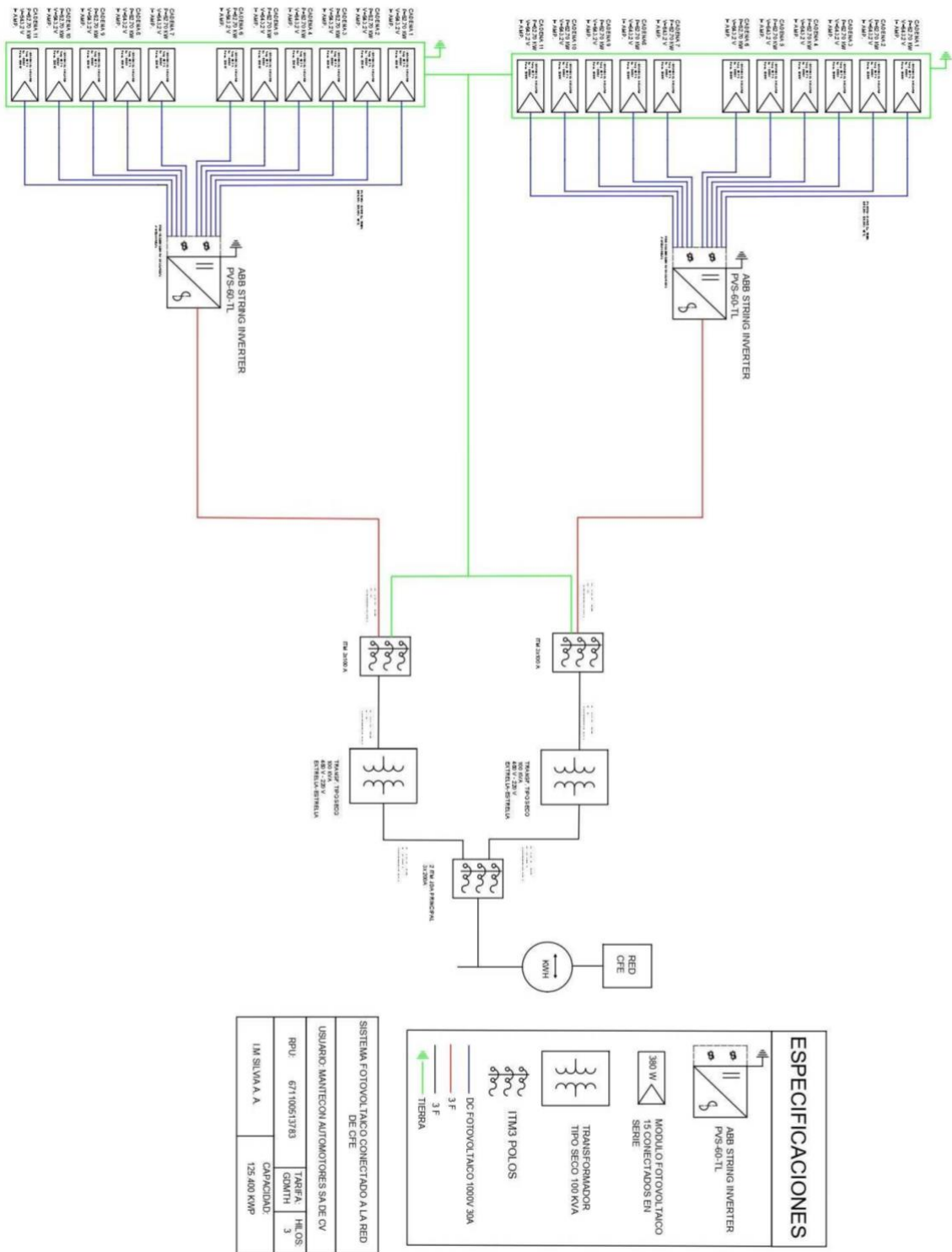
$$Ia = In \times 1.25 = 173.20 A \times 1.25 = 216.5 \text{ amps}$$

Se propone de 3 polos 200 amps tipo HDA

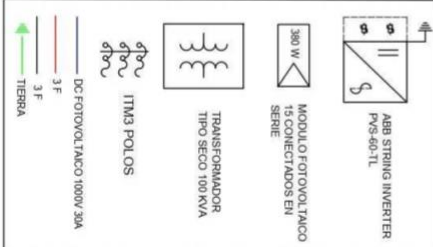
El diámetro de la canalización considerando 4 hilos del calibre 1/0, 3 F – 1 N, más un cable desnudo calibre 6 de tierra física, según tablas de normas se instaló una tubería de Fe galvanizado con rosca de 53mm de diámetro.

Alimentador del transformador seco núm. 1 de 100 KVA 480-277/220-127 volts al tablero principal a 220 volts.

### 3.11 Diagrama unifilar



#### ESPECIFICACIONES



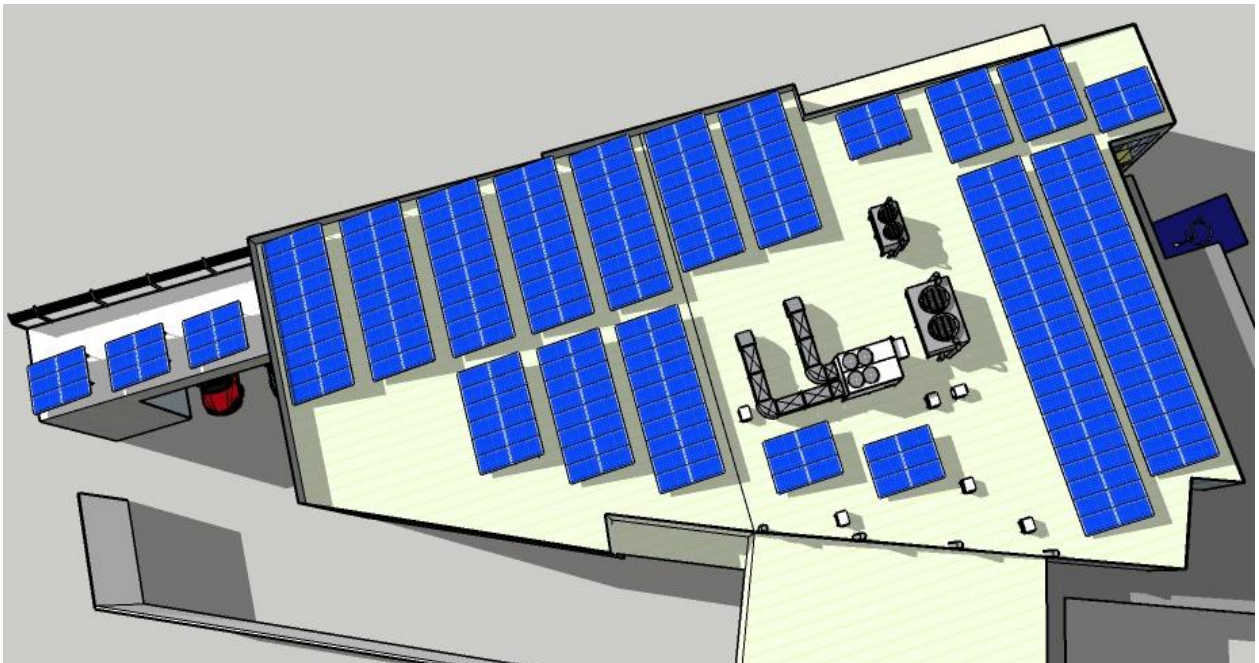
SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED DE CHE			
USUARIO: MANTECON AUTOMOTORES SA DE CV			
RPU:	671100513783	TABLA:	HILLOS
		CANTIDAD:	3
1M SILVANA A		CAPACIDAD: 125.400 KWP	

## 4 Resultados y conclusión

### 4.1 Diseño en sketchUp



*Figura 4.1* Diseño en sketchUp de módulos fotovoltaicos



*Figura 4.1.1* Diseño en sketchUp de módulos fotovoltaicos vista de arriba



*Figura 4.1.2* Diseño en sketchUp de módulos fotovoltaicos vista de arriba 2

#### 4.2 Evidencia de proyecto terminado



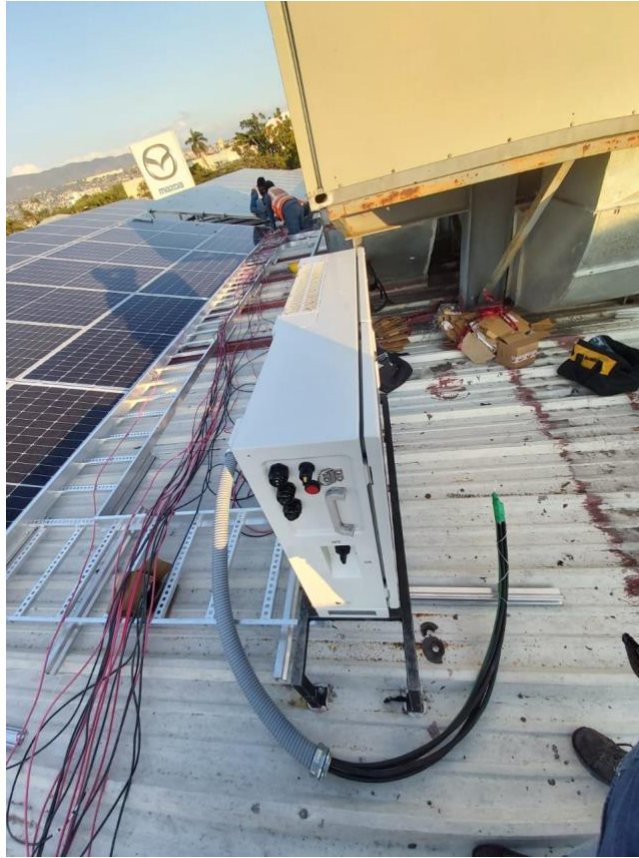
*Figura 4.2* Vista previa de módulos fotovoltaicos instalados



*Figura 4.2.1 Vista previa de módulos fotovoltaicos instalados 2*



*Figura 4.2.2 Vista previa de módulos fotovoltaicos instalados 3*



*Figura 4.2.3 Vista previa de inversor ABB*



*Figura 4.2.4 Vista previa de inversor ABB y módulos fotovoltaicos instalados*





*Figura 4.2.4 Vista previa de módulos fotovoltaicos instalados 4*



*Figura 4.2.5 Vista previa de módulos fotovoltaicos instalados 5*



*Figura 4.2.6 Vista previa de transformador tipo seco 220/480 V*



*Figura 4.2.7 Colocación de transformador tipo seco 220/480 V*



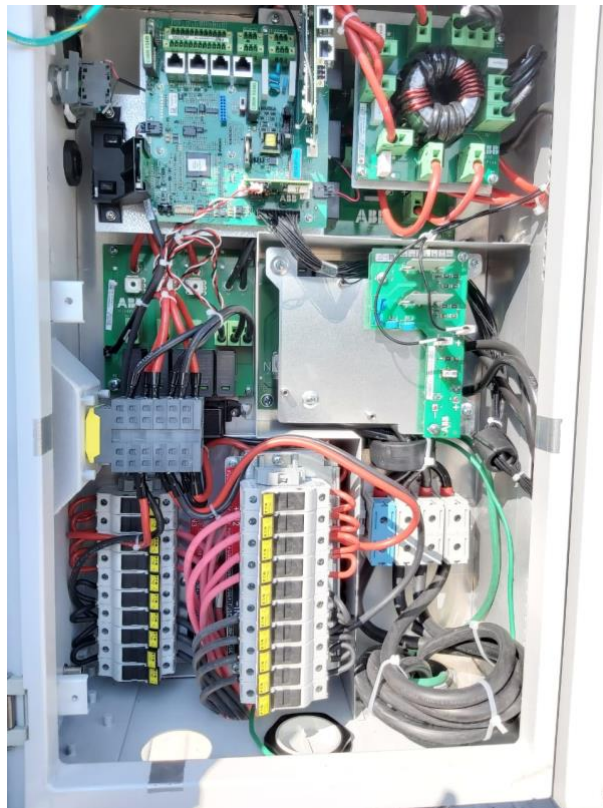
*Figura 4.2.8 Vista previa de módulos fotovoltaicos instalados 6*



*Figura 4.2.9 Transformadores 220/480 V*



*Figura 4.2.10 Inversor ABB correctamente instalado*



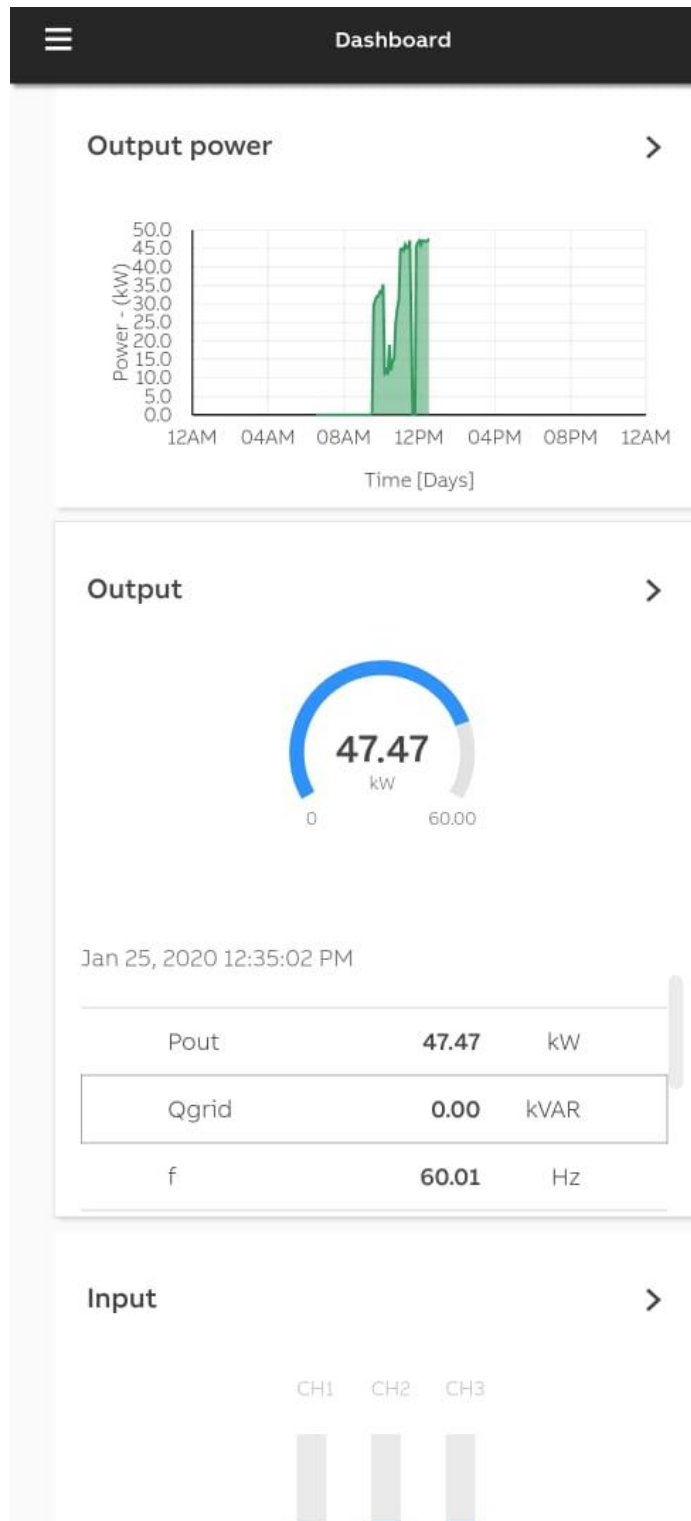
*Figura 4.2.11 Conexión de DC y AC al inversor ABB*



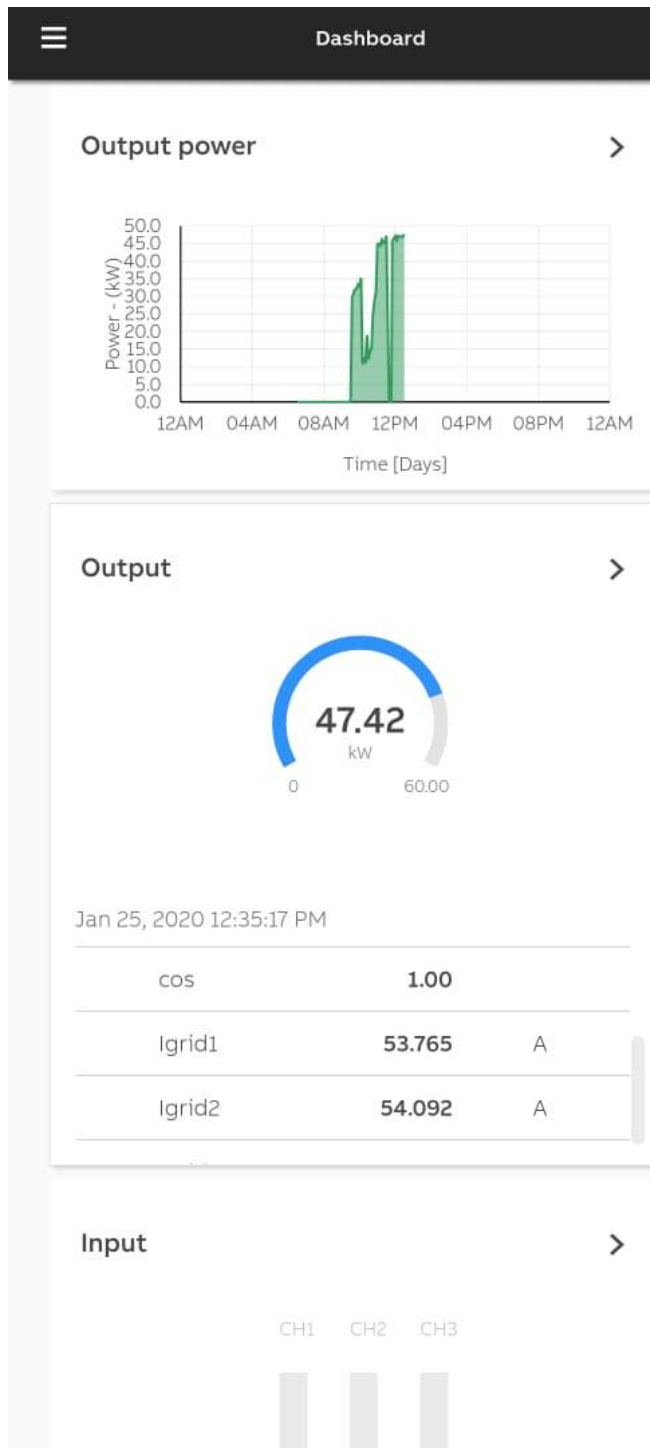
*Figura 4.2.12 Medidor bidireccional*



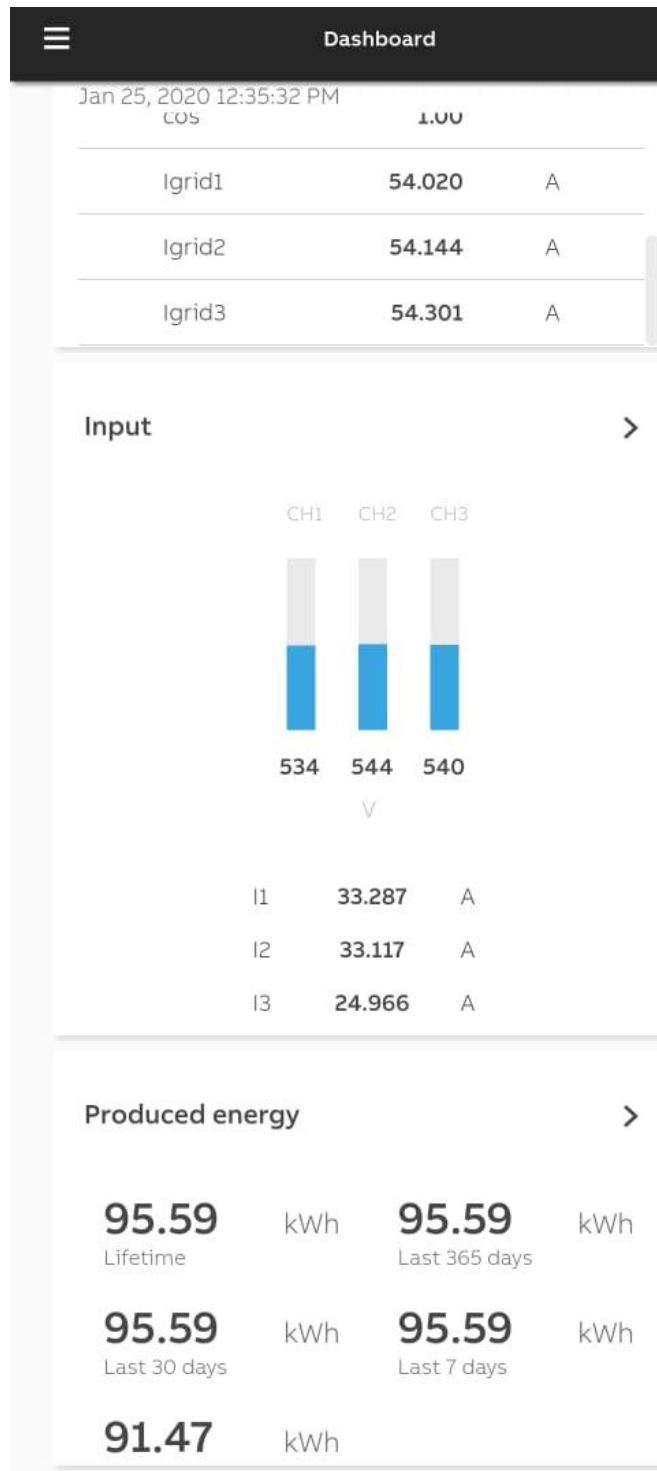
*4.2.13 Monitoreo de inversor ABB*



**Figura 4.2.14** Monitoreo de inversor ABB

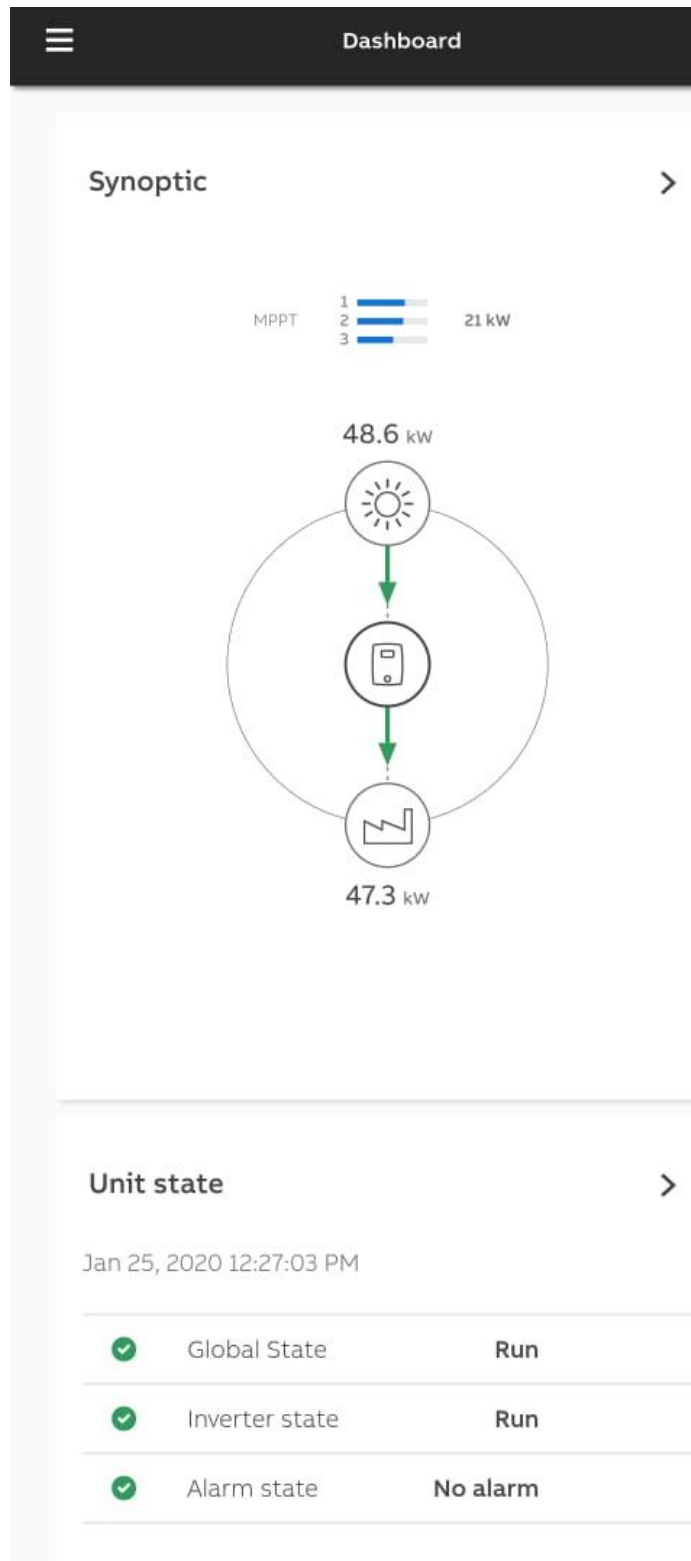


**Figura 4.2.15** Monitorio inversor ABB

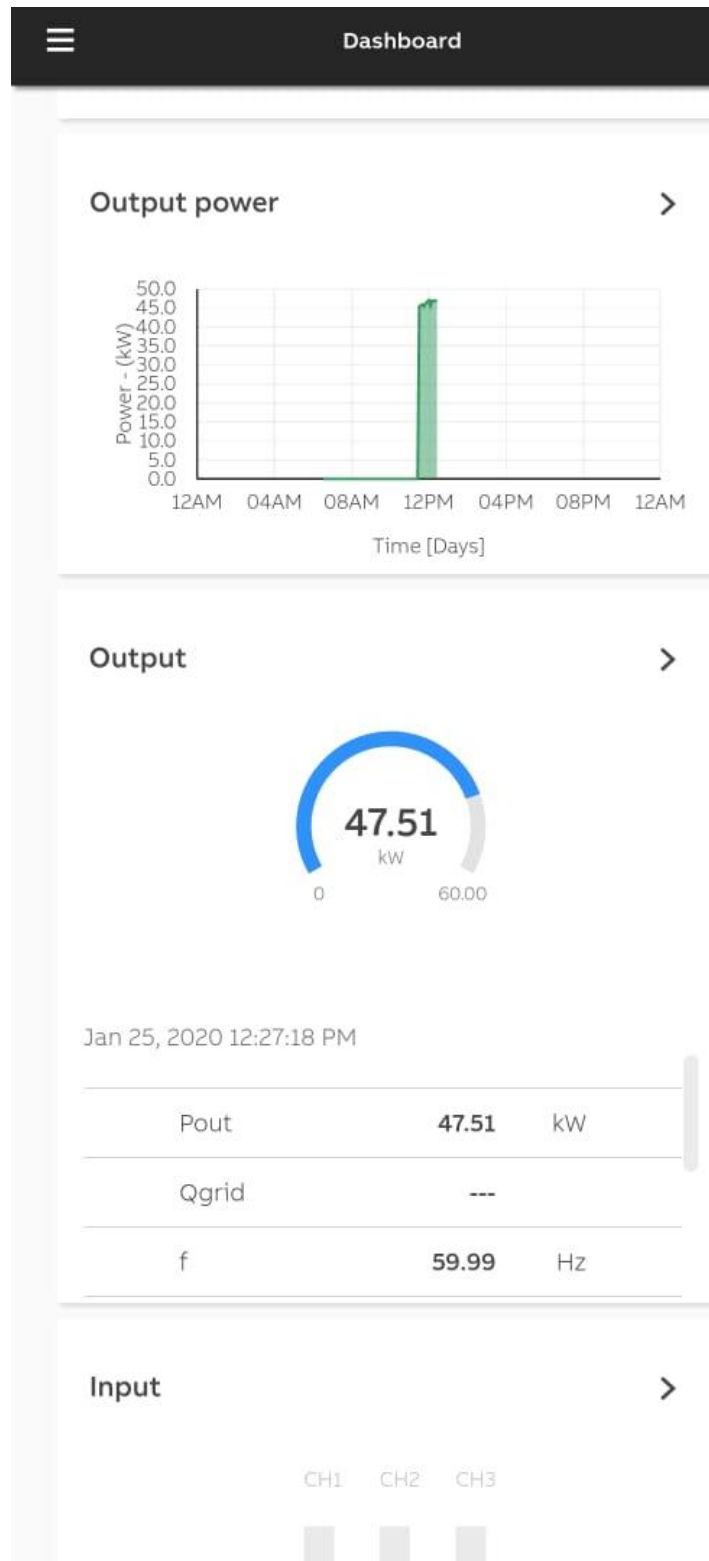


**Figura 4.2.16** Monitorio inversor ABB

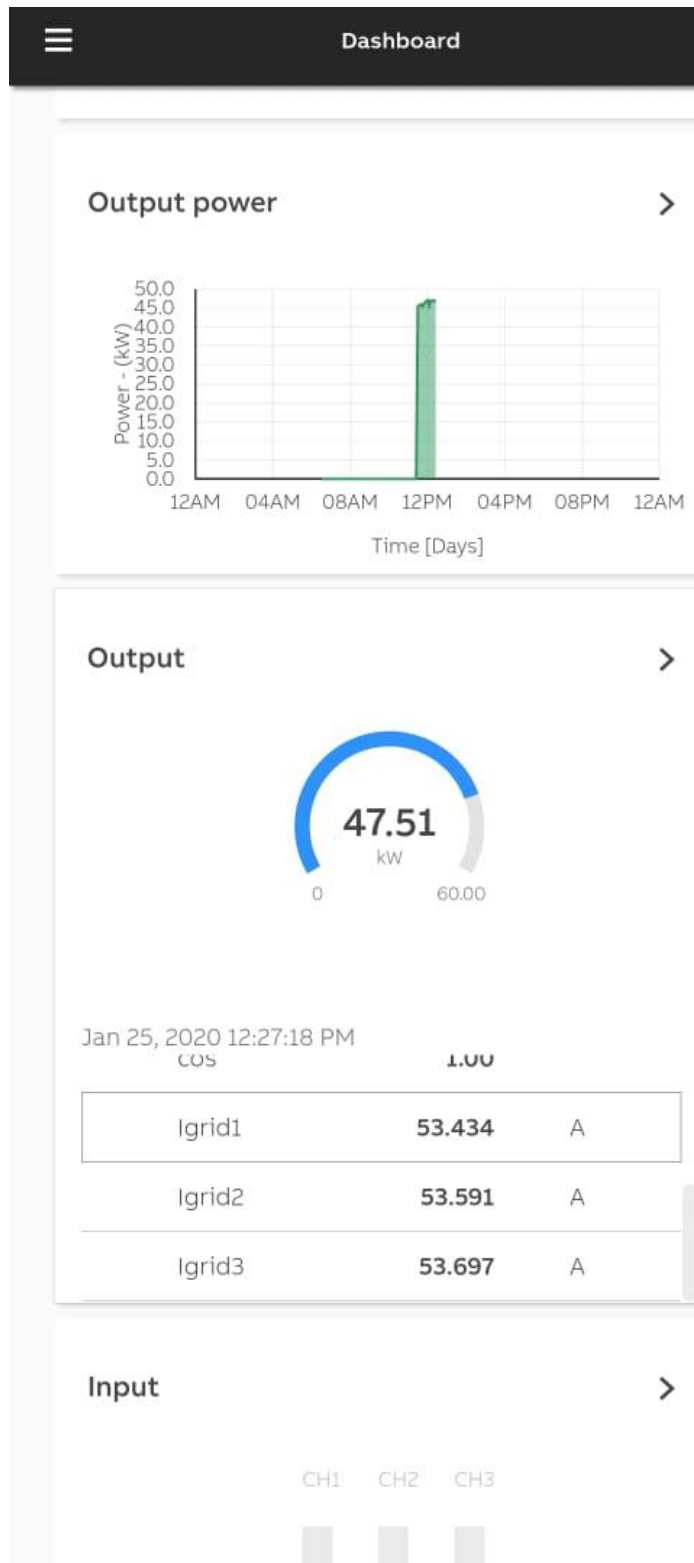




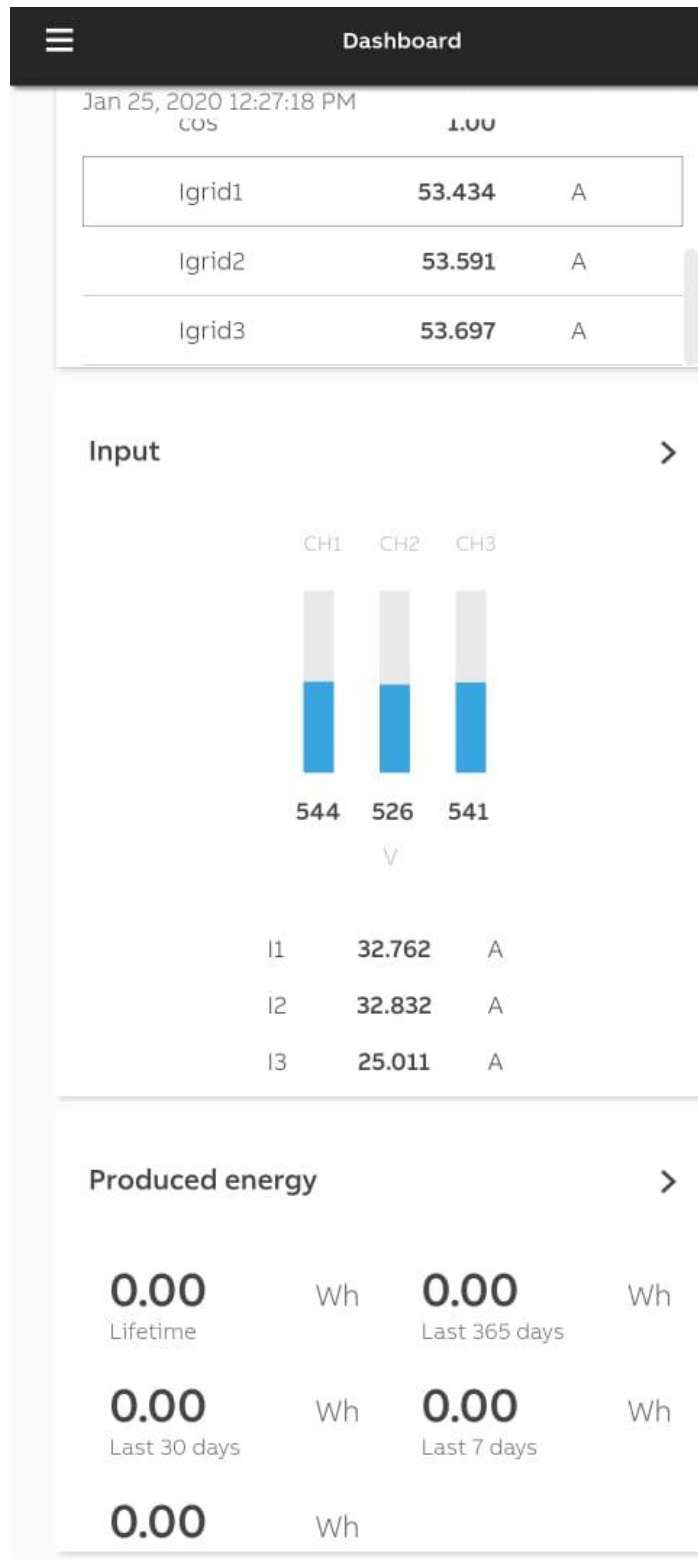
**Figura 4.2.17** Monitorio inversor ABB 2



**Figura 4.2.18** Monitorio inversor ABB 2



**Figura 4.2.19** Monitorio inversor ABB 2



**Figura 4.2.20** Monitoro inversor ABB 2

### 4.3 Conclusión

Al realizar este trabajo de investigación como estudiante logré apreciar de una manera diferente las distintas aplicaciones y utilidades de las energías ambientales tales como las tecnologías fotovoltaicas; hoy en día el uso de este recursos naturales debes ser una de las principales preocupaciones del ser humano ante el medio ambiente ya que hemos explotado demasiados recursos y por ende estamos acabando con la vida en el planeta.

También me di cuenta que la energía solar presenta las mismas ventajas del resto de las energías renovables, tanto como en el medio ambiente ya que contribuye a la reducción de las emisiones de  $CO^2$ , ya que no produce residuos de difícil tratamiento y constituye una fuente de energía inagotable.

Esta tecnología puede representar una gran ventana de producción de energías, empleos, empresas y diversos campos que pueden llegar a tener un gran impacto tanto en nosotros como profesionales y en los usuarios de estos sistemas. Los sistemas fotovoltaicos, aunque no se han estudiado como para tener un uso masivo continuamente presentan avances que no son más que ventajas para todos los seres en general.

La ventaja socioeconómica ya que presenta el valor añadido de generar puestos de trabajo y permite el desarrollo de tecnologías propias; pero además la energía solar presenta otras ventajas propias como consecuencia de su tecnología y del gran potencial solar en México, y más concretamente la comunidad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

La importancia de tener energías limpias y libres de contaminación hoy en día debe ser uno de los más importantes puntos de discusión de las sociedades; quedara solo en nosotros los profesionales y los usuarios que se les ha instalado esta tecnología para poder mejoras, mantener la calidad de energía y la economía de nuestro estilo de vida, también mencionar que ayudamos al medio ambiente.

## Referencias bibliográficas

Aljarafe, M. d. (2010). Sistemas de energía fotovoltaico. Sevilla.

Chivelet, M. (2011). Integración de la energía fotovoltaica en edificios. Sevilla.

Copyright 2018 ABB. (18 de Julio de 2018). PVS-50\_60-TL-Quick Installation Guide ES-RevB.

Daniel Alencastri, G. L. (s.f.). Producción de electricidad mediante colectores solares térmicos en los sectores rurales de la costa ecuatoriana.

FINDER. (2011). *El Mundo Sustentable de las Energías Renovables*.

INER. *Instituto Nacional de Eficiencia Energética Renovables, Energía Solar*. .

J, C. S. (2016). Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid, España.

J, D. V. (2015). Sistemas de energías renovables. Madrid, España.

Reynaldo Aes, Abiud de Jesús. (Julio de 2019). Diseño e instalación de un sistema interconectado a la red de Comisión Federal de Electricidad de paneles fotovoltaicos en una estación de servicio. Tuxtla Gutiérrez , Chiapas.

V, M. M. (2016). Gestión del montaje de instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid, España.



