

**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL Y ESTUDIO DE EFICIENCIA
DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO EN INVERSORES EN LA
EMPRESA ELIRMEX.**

DAVID ALEJANDRO ESCOBAR HERNANDEZ 13270914

ASESOR INTERNO

M.C. OSVALDO BRINDIS VELAZQUEZ

ASESOR EXTERNO

ING. OSCAR REYES ESCAMILLA

**PERIODO DE REALIZACIÓN:
AGOSTO-DICIEMBRE 2017**

ELIRMEX S.A. DE C.V.

Índice

Contenido

LISTADO DE FIGURAS.....	3
LISTADO DE TABLAS.....	4
LISTADO DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	5
1. Introducción.....	6
1.1 Antecedentes	6
1.2 Estado del Arte	7
1.3 justificación.....	7
1.4 Objetivos	8
1.5 Metodología	9
2. Fundamento teórico	11
2.1 Energía Fotovoltaica	11
2.2 Módulos fotovoltaicos	14
2.3 Inversores y micro inversores	21
2.4 Interconexión con CFE	27
3. Desarrollo.....	30
3.1 Descripción de los circuitos, estructura y canalización realizados.	30
3.2 Descripción de los programas realizados y sus contenidos.....	43
3.3 Descripción de las pruebas, correcciones y validación	57
4.- Resultados y Conclusiones	61
Bibliografía	65
Anexos	65

Listado de Figuras

Fig.1.1 Diagrama a bloques hardware de un sistema fotovoltaico interconectado a la red.....	9
Fig.2.1 Radiación Global media diaria en México.....	13
Fig.2.2 Efecto Fotoeléctrico.....	14
Fig.2.3 Tipos de Celdas Fotovoltaicas.....	14
Fig.2.4 Tipos de módulos fotovoltaicos.....	15
Fig.2.5 Barra de silicio.....	15
Fig.2.6 Modulo Fotovoltaico Monocristalino.....	16
Fig.2.7 Modulo Fotovoltaico Policristalino.....	16
Fig.2.8 Modulo Fotovoltaico Amorfo.....	17
Fig.2.9 Funcionamiento interno de un módulo Fotovoltaico.....	18
Fig.2.10 Componentes del módulo fotovoltaico.....	18
Fig.2.11 Grafica de punto Máximo de Potencia.....	19
Fig.2.12 Grafica de Corriente contra voltaje en incidencia.....	20
Fig.2.13 Módulos fotovoltaicos conectados con inversor central.....	22
Fig.2.14 Módulos fotovoltaicos conectados con micro-inversores.....	23
Fig.2.15 Grafica de comportamiento de puntos máximos.....	24
Fig.2.16 Micro-inversor Enphase.....	26
Fig.2.17 Envoy marca Enphase.....	26
Fig.2.18 Portal de monitoreo del SFV.....	27
Fig.3.1 Grafica de horas- Pico de irradiación diariamente.....	32
Fig.3.2 Grado de inclinación.....	33
Fig.3.3 Fotografías de levantamiento técnico.....	34 y 35
Fig.3.4 Posible ruta de Canalización.....	35
Fig.3.5 Estructura para montaje de paneles solares.....	39
Fig.3.6 Montajes de los paneles solares.....	39
Fig.3.7 Conexión con tubería entre estructuras.....	40

Fig.3.8 Propuesta de ruta de canalización.....	41
Fig.3.9 Cálculo de Perdidas por orientación.....	45
Fig.3.10 Configuración para movimiento de sombras.....	48
Fig.3.11 Geolocalización de la residencia.....	50
Fig.3.12 Renders de la residencia.....	51 y 52
Fig.3.13 Balance del ahorro de energía anual.....	53
Fig.3.14 Diagrama de conexión general de un SFV.....	54
Fig.3.15 Diagrama eléctrico de conexión de un SFV.....	55
Fig.3.16 Fotografías de montaje de estructura.....	56
Fig.3.17 Braket para unir Largueros con travesaños.....	56
Fig.3.18 Instalación de micro-inversores.....	56
Fig.4.1 Instalación de módulos fotovoltaicos.....	61
Fig.4.2 Instalación de ruta de canalización.....	62
Fig.4.3 Datos de instalación.....	62

Listado de Tablas

Tabla 2.1 Porcentajes por orientación e inclinación.....	20
Tabla.3.1 Tabla de generación del SFV.....	53

LISTADO DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
A	Intensidad de corriente eléctrica	A
EC	Energía consumida	W-h
Egm	Energía generada por módulo	W-h
hp	Hora solar-pico	h
Im	Corriente del módulo	A
linv	Corriente del inversor	A
Kg	Masa	k
M	Número de módulos	--
m	Distancia	m
m ²	Área	m ²
Nsis	Eficiencia combinada	--
P	Potencia	W
Pinv	Potencia del inversor	W
Pm	Potencia del módulo	W
Ra	Radiación albedo	W/m ²
Rd	Radiación directa	W/m ²
Rs	Radiación dispersa	W/m ²
Rt	Radiación solar total	W/m ²
t	Tiempo en horas	h
V	Tensión eléctrica	V
Vinv	Tensión del inversor	V
Vm	Tensión del módulo	V
Pp	Potencia pico	W
t	Temperatura	°C

SIGLAS

SFCR	Sistema fotovoltaico conectado a la red	--
SFV	Sistema fotovoltaico	--
FV	Fotovoltaico	--

1. Introducción

1.1 Antecedentes

México en la actualidad está viendo enfrentado a problemas energéticos, debido al agotamiento de las reservas de petróleo, el cual es utilizado como fuente directa de energía (motores de vehículos u otros), o bien para que a través de él se generen otras energías como lo es la eléctrica. Frente a esta crisis ha surgido la necesidad de aprovechar de mejor forma los recursos energéticos disponibles.

La crisis energética es un problema que a todos nos afecta, un ejemplo de esto es el aumento de los costos de la energía eléctrica. Es por esto que desde un tiempo a esta parte ha surgido un gran interés por buscar alternativas que permitan reducir estos costos, y para esto pueden existir opciones como: usar de forma eficiente y consiente la energía, esto a través de dispositivos eléctricos y electrónicos eficientes, aplicando medidas de ahorro como apagar las luces que no se están utilizando, etc. Pero nos estaríamos deslindado de comodidades.

México es un país con un alto potencial en el desarrollo de las energías alternativas, mismas que ofrecen un desarrollo sustentable ya que se encuentra rodeándonos de forma cotidiana y se revela de diversos aspectos. Si bien es cierto, la energía se encuentra en todos los espacios, sin embargo, desde un punto de vista material, la energía no se puede delimitar, entonces se puede decir que se concibe como la medida de capacidad de un sistema.

Por otro lado se han ideado formas de aprovechar distintos tipos de energías naturales con el propósito de convertirlas en energía eléctrica, las que además cuentan con la ventaja de ser renovables, dentro de estas se encuentran por ejemplo: la energía solar. Pero a su vez las personas en su mayoría desconocen este tipo de energías porque no se ha expandido ni producido como por ejemplo la energía de las hidroeléctricas que estas a su vez utilizan combustibles para la generación de electricidad.

El conocimiento del funcionamiento de un Sistema Solar Fotovoltaico establece un conjunto de mejores prácticas que garanticen que se proteja la seguridad pública cuando los elementos que componen la instalación cumplen con reglamentaciones, certificaciones, normas o estándares de calidad. Es por eso que la capacitación para el personal administrativo y operativo de cualquier empresa que se dedique al sector de generación de energía es fundamental para el desarrollo de una industria fotovoltaica saludable y segura.

La problemática surge cuando la población en general no hacemos conciencia del gasto que se hace en cuanto a la electricidad y parte de la población que ya cuenta con alguna energía alternativa como lo es la solar no tienen el conocimiento de si su sistema fotovoltaico tiene un rendimiento adecuado en cuanto a su funcionalidad y si la eficiencia de su arreglo es el correcto para su funcionamiento tanto de los paneles como de los micro-inversores e inversores.

1.2 Estado del Arte

El techo del local de The Green Corner Coyoacán está cubierto por 204 módulos fotovoltaicos capaces de generar 30 000 W de energía eléctrica. El sistema permitirá que dejen de consumirse en promedio 120 kW-h por día. Además, por estar conectado a la red de distribución pública su diseño le permite inyectar los excedentes de energía para que sean aprovechados por otros usuarios, con lo cual se realiza una contribución positiva a la sociedad. [1]

El 12 de octubre de 2006 en Mexicali B. C., fueron entregadas las primeras casas en México con SFCR. El fraccionamiento cuenta con 220 casas de interés social con 1 kW FV c/u. Esto permite que cada vivienda provista con este sistema, sea capaz de producir una parte importante de la energía que consume. Con esto se estima que una vivienda de este tipo puede producir hasta el 50% anual de su consumo de energía eléctrica. [2]

El SFCR tiene una capacidad de 30 kWp $\pm 2\%$, los módulos FV están en la plataforma de concreto que actualmente ocupa la maqueta de la “Planta Geotérmica de Cerro Prieto, B. C.” del MUTEK. El SFV se instaló en las áreas exteriores de las instalaciones del MUTEK, las cuales se localizan en la ciudad de México, D. F., ubicadas en la Av. Grande del Bosque s/n 2ª sección del Bosque de Chapultepec. [3]

Es un edificio de 315 m de largo x 37 m de alto, diseñado a partir de formas curvadas, un edificio puente, un cuadrado curvo y gigante forrado de 5000 paneles FV. Se construyó en el 2005 para la exposición universal de Aichi, como un icono de lo que puede conseguir la arquitectura integrada con las tecnologías productoras de energías renovables. Lo particular, es que este edificio surgió a partir de un error, hace varios años Sanyo anunció la construcción de la central de energía solar más grande del mundo, con 3.4 MW de potencia, para celebrar su quincuagésimo aniversario. [4]

Lo que se propone en este proyecto es un dimensionamiento e implementación de un sistema fotovoltaico específico para una residencia que se encuentra ubicada en la ciudad de México que pueda cubrir toda la carga que se tiene en el domicilio, al igual que un análisis de la eficiencia en los arreglos que se realizan para los micro-inversores e inversores usados en la empresa Elirmex.

1.3 justificación

Día a día, el uso no eficiente de las fuentes de energía convencional como el petróleo, el gas o el carbón van provocando que el planeta sufra ciertos cambios en el clima y la atmosfera, cambios que a diario podemos observar en diversos medios de comunicación y en centros de investigación, pero no realizamos alguna acción para tratar de evitarlo; una manera de remediar esta situación es aprovechar las fuentes de energía alternativas, como son la energía fotovoltaica que aprovecha la energía que nos brinda el sol sin contaminar.

Este proyecto tiene la intención de darle la importancia y el gran cuidado que tiene este tipo de energía. Actualmente es demasiada la contaminación que existe a base de combustiones

fósiles. Implementar paneles solares que generen energía a partir de radiación solar implica un gran avance para nuestra sociedad, es dejar atrás la generación del exceso de gases de invernadero que afectan directamente a la atmósfera e indirectamente a todos los seres vivos del planeta.

En cuanto a las personas que ya cuentan con una energía que es limpia y renovable como son la utilización de los módulos fotovoltaicos se pretende hacer un análisis y un estudio de la eficiencia que está teniendo su arreglo fotovoltaico ya sea con micro-inversores o inversores centrales para saber si se está aprovechando en un cierto porcentaje toda la energía que pudiera ofrecer los paneles solares que se tienen conectados en las viviendas.

Este proyecto es importante ya que busca una forma alternativa técnicamente factible y económicamente viable que permita reducir el consumo eléctrico y los costos por este concepto utilizando los módulos fotovoltaicos necesarios para el abastecimiento de una vivienda. Se propone el caso puntual de una casa conectada a la red eléctrica de la ciudad de México, cuyo elevado consumo energético provoca un alto costo económico.

1.4 Objetivos

General

Diseñar, Generar y analizar con microprocesadores e inversores centrales un sistema fotovoltaico que permita reducir el consumo eléctrico en una residencia que se encuentra conectada a la red eléctrica de CFE

Específicos

- Diseñar un sistema fotovoltaico en una residencia en la ciudad de México.
- Observar e implementar un levantamiento de ingeniería para la realización del SFV.
- Estudiar todos los aspectos que con lleva una instalación de SFV.
- Manejar todos los softwares necesarios para la realización de un proyecto FV.
- Ejecutar e instalar un proyecto de SFV residencial.
- Estudiar la eficiencia de los arreglos FV instalados en la empresa Elirmex.

1.5 Metodología

a). Diagrama a bloques del hardware

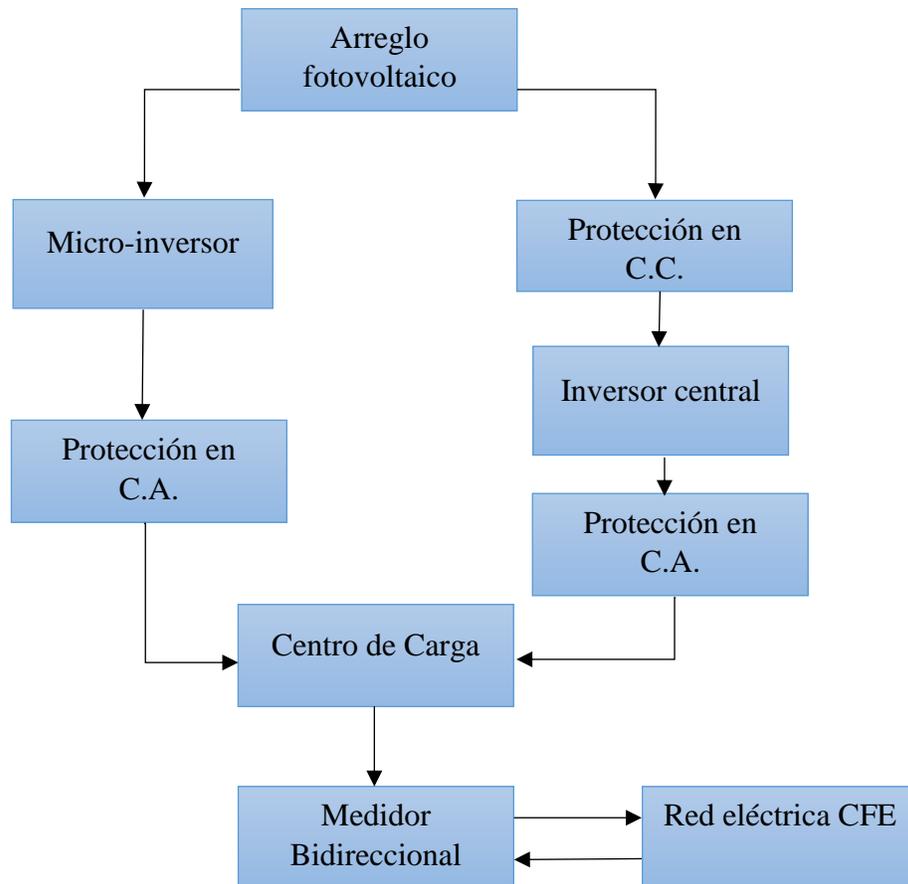


Fig.1.1 Diagrama a bloques hardware de un sistema fotovoltaico interconectado a la red.

El arreglo fotovoltaico: es la parte esencial en la realización del proyecto ya que determinará la potencia que estará entregando todo el sistema, es el conjunto de paneles solares conectados en serie y paralelo para incrementar la potencia del trabajo del sistema. En la empresa Elirmex se manejan paneles solares de 255w, 310w y 320w. Todo depende de que tan grande sea la instalación y del tamaño que se tiene ya que cada módulo solar tiene diferentes medidas.

Micro-inversor: se tiene que para instalaciones que son pequeñas (20 módulos solares máximos), son recomendables usar micro-inversores ya que aparte de ser redituables, cuenta con muchos beneficios, ya que cada módulo solar tendrá su propio micro-inversor, y la conversión de corriente continua a corriente alterna se hace al instante por la ubicación del micro-inversor ya que se encuentran por debajo de los módulos solares.

Inversor Central: las instalaciones que superan los 20 módulos fotovoltaicos es recomendable usar un inversor central ya que la capacidad de este dependiendo de la marca puede llegar a soportar de 30 a 40 módulos fotovoltaicos, aparte de que es na mejor inversión económicamente hablando ya que conviene más un inversor para todo un arreglo fotovoltaico que sea grande que comprar los micro-inversores.

Protección C.C.: Las protección en corriente continua son los interruptores termo-magnéticos los cuales se obtienen de que capacidad van hacer multiplicando la corriente que tendrá por 1.5 y así obtenemos la protección que se requerirá, todas estas protecciones tanto con el cable de tierra son introducidos en una caja llamada “Mistral” que son las que se manejan en la empresa y que se explicara más adelante las cuales tiene una capacidad de albergar de 4 polos, 6 polos, 8 polos, 12 polos y 24 polos.

Protección C.A.: Protecciones las cual es la encargada de salvaguardar toda la instalación eléctrica de un posible cortocircuito o punta de intensidad la cual afectaría a todos los componentes conectados a la red. Las protección en corriente alterna son los interruptores termo-magnéticos los cuales se obtienen de que capacidad van hacer multiplicando la corriente que tendrá por 1.25 y así obtenemos la protección que se requerirá, todas estas protecciones tanto con el cable de tierra son introducidos en una caja llamada “Mistral” que son las que se manejan en la empresa y que se explicara más adelante las cuales tiene una capacidad de albergar de 4 polos, 6 polos, 8 polos, 12 polos y 24 polos.

Centro de carga: es un tablero metálico que contiene una cantidad determinada de interruptores termo-magnéticos, generalmente empleados para la protección y desconexión de pequeñas cargas eléctricas y alumbrado. Dentro de este se puede tener uno o más tableros ya que existe la posibilidad de tener un tablero para alumbrado, otro para interruptores, entre otros. Pero siempre habrá un general al cual se debe conectar los módulos fotovoltaicos.

Medidor bidireccional: son aquéllos que permite al usuario interconectar la energía convencional con aquellas que genere a través de paneles solares u otros mecanismos. Los distintos beneficios que se adquieren al elegir la energía solar fotovoltaica como fuente alternativa de electricidad. La cual mide la electricidad neta (la que entra por parte de CFE menos la que los paneles producen).

Red eléctrica CFE: es una red interconectada que tiene el propósito de suministrar electricidad desde los proveedores hasta los consumidores, con la cual el cliente tiene contrato.

2. Fundamento teórico

2.1 Energía Fotovoltaica

Desde la antigüedad se inventaron artefactos capaces de hacer un uso útil de la radiación solar y unos de los primeros fueron los Griegos y Romanos ya en el Siglo (III a.C.) fueron capaces de prender las antorchas de los rituales religiosos por medio de unos recipientes en forma parabólica con el interior reflejante. El funcionamiento de este artefacto era sencillo, bastaba con exponerlo los días soleados al sol para que la radiación se concentrara en su foco alcanzando altas temperaturas y en el momento en el que se ponía una antorcha en el foco esta prendía en pocos segundos.

En una época en la que se estaba lejos de entender la naturaleza de la radiación solar, la generación de fuego de esta forma era considerada un prodigio digno de los dioses. Un hecho fundamental en la historia de la energía solar térmica la originó en Suiza, Horace de Saussure en el año de (1767) cuando inventó lo que se denominó como Caja Caliente. Saussure era conocedor del efecto invernadero que se produce en todo espacio cerrado que cuenta con una apertura acristalada por donde entra la radiación solar y decidió potenciar al máximo el efecto para comprobar hasta que temperaturas se lograba alcanzar.

Para ello dispuso una caja acristalada con el interior pintado de negro. Todas las caras, excepto la acristalada, contaban con una capa de aislante que retenía el calor producido en su interior. El resultado fue que con su caja caliente logró alcanzar temperaturas de hasta (109 °C). A partir de su invento surgirán todos los desarrollos posteriores de calentadores solares de agua de placa plana que se han proporcionado agua caliente a millones de personas en el mundo.

A efecto de calcular la energía radiante emitida, el sol se comporta como un cuerpo negro a una temperatura equivalente de (5777o K), constituyendo una fuente térmica de alto valor energético. Ahora bien, la radiación solar en las condiciones que llega a la Tierra sólo alcanza (1.367 kW/m²), siendo necesaria su concentración para producir electricidad por vía térmica. Para la generación de energía solar termoeléctrica es necesario utilizar sistemas de concentración óptica de la radiación solar para conseguir mayores densidades de flujo y temperaturas más elevadas.

Alexandre Edmond Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico a en el año de (1938), mismo que consistente en la transformación directa de la luz en electricidad utilizando un semiconductor, algunos años más tarde, en (1877), el inglés William Grylls Adams profesor de Filosofía Natural en la King College de Londres, junto con su alumno Richard Evans Day, crearon la primera célula fotovoltaica de selenio.

Si bien es cierto, en todos estos descubrimientos la cantidad de electricidad que se obtenía era muy reducida y quedaba descartada cualquier aplicación práctica, ya que se demostraba la posibilidad de transformar la luz solar en electricidad por medio de elementos sólidos sin partes móviles. De este modo, tuvo que transcurrir un siglo más hasta que Gerald Pearson de Laboratorios Bell, patentó la primera célula fotovoltaica en el año de (1953), mientras

experimentaba con las aplicaciones en la electrónica del silicio, fabricó casi accidentalmente una célula fotovoltaica basada en este material que resultaba mucho más eficiente que cualquiera hecha de selenio.

A partir de ese momento la eficiencia de las células no ha dejado de crecer y su campo de aplicaciones se ha extendido enormemente, desde los pequeños electrodomésticos, sistemas de iluminación, sensores remotos, sistemas de bombeo y desalación de agua, hasta las centrales de producción de energía eléctrica. La modularidad de los paneles fotovoltaicos es una característica esencial para la versatilidad de este tipo de energía, muy apropiada para los países con bajo nivel de renta que no disponen de redes de transporte de electricidad.

Este tipo de energía es una tecnología que genera corriente continua, que viene a ser medida en vatios o kilovatios, por medio de semiconductores cuando éstos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue, la electricidad desaparece. Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías, pudiéndose mantener algunas células solares en operación terrestre o en el espacio por años.

El autoconsumo fotovoltaico es una alternativa para la reducción del CO₂, sin embargo, son muy escasas las políticas de ayuda de cualquier tipo a los productores de autoconsumo. En este caso además de la protección del medio ambiente el directo beneficiario es el consumidor. Las instalaciones fotovoltaicas se realizan por iniciativa privada y sin ningún tipo de ayuda.

La tecnología fotovoltaica actual está basada en el silicio cristalino, sin embargo se están ensayando otros materiales en lámina delgada que podrían ocupar una cuota importante del mercado en los próximos años. Si bien los costes se han ido reduciendo gradualmente como consecuencia de las mejoras en las tecnologías de producción y del aumento de la eficiencia de células y módulos, están situados aún en un nivel muy alto en comparación con otras fuentes primarias de energía.

México posee un potencial considerable de generación de energía a partir de energías renovables, tanto por su extensión territorial (2 millones de kilómetros cuadrados), como por su ubicación geográfica, comprendida entre las latitudes 14 y 33 del hemisferio norte, de gran disponibilidad solar. Al Oeste y al Este, el país está limitado por grandes litorales del Océano Pacífico y el Golfo de México que producen lluvias prácticamente durante todo el año y varias zonas geográficas preferenciales de viento. Los estimados, por forma de energía, son los siguientes:

- Sol. Casi tres cuartas partes del territorio nacional pueden ser consideradas como zonas áridas o semi-áridas y en las que se observa una irradiación solar promedio superior a los 5.5 kilowatts-hora por metro cuadrado

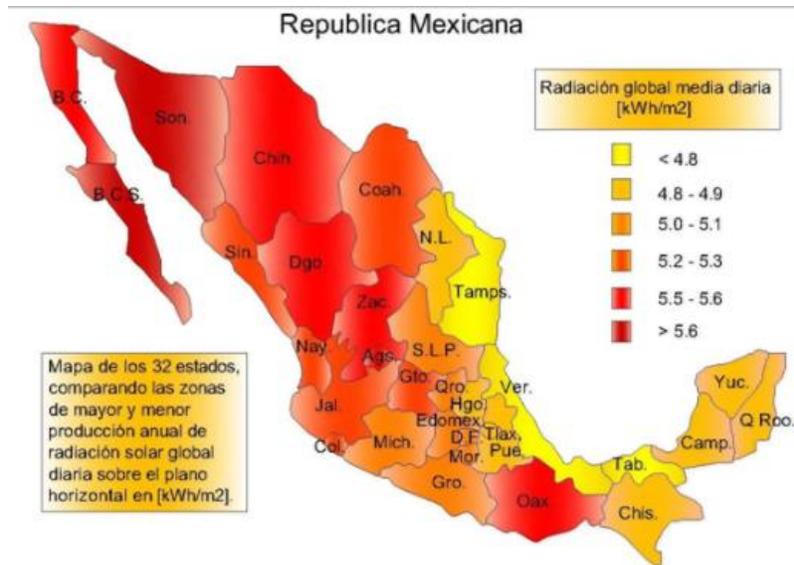


Fig.2.1 Radiación Global media diaria en México

La energía solar en México está creciendo muy rápido y los expertos consideran que crecerá aun más rápido. Tan sólo en el 2015 las instalaciones de paneles solares crecieron un 100% con respecto al 2014.

¿Cuánta energía solar se instaló durante el 2015?

- entre 39 y 48 megawatts en parques solares
- entre 18 y 20 megawatts en instalaciones comerciales de mediana escala
- entre 28 y 30 megawatts en instalaciones residenciales
- 3 megawatts en electrificación rural y bombeo agua
- 1 megawatt en luminarias solares

Además, el país ahora cuenta con una capacidad de fabricación de paneles solares superior a 1 Gigawatt (1000 MW), superando por mucho la demanda actual, por lo que ahora muchas compañías están entrando al mercado estadounidense. Los expertos creen que el sector en México, está a punto de entrar en un crecimiento exponencial.

Uno de los cambios significativos en los anteriores años es que los precios han bajado considerablemente, gracias al avance de la tecnología solar mejorando la eficiencia y el crecimiento de la demanda y los productores. Ya que el punto es que podemos tener la misma casa y aparatos eléctricos pero nuestros consumos siempre serán totalmente diferentes. En una entrevista con el presidente de Pan American Finance, Ben Moody, dijo que el costo de los paneles solares se ha reducido en un 60% en los últimos 3 años desde un primer precio de aprox. 1.82 dólares por watt en 2010, hasta 0.70 dólares por watt el día de hoy.

A pesar del increíble potencial que tenemos de energía solar en México, sigue siendo una tecnología prácticamente desconocida y no utilizada en el país. Afortunadamente, eso no

quiere decir que no la podamos usar y que no existan empresas en México que nos vendan aparatos para poder aprovechar la energía solar.

2.2 Módulos fotovoltaicos

Una celda fotovoltaica, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotoeléctrico. A su vez el efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética, estos electrones libres, al ser capturados generan una corriente eléctrica

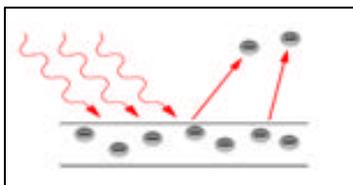


Fig.2.2 Efecto Fotoeléctrico

Hoy se utilizan diferentes tecnologías en la producción de las celdas fotovoltaicas con el fin de aumentar su producción y reducir su coste.



Fig.2.3 Tipos de Celdas Fotovoltaicas

Al grupo de células fotoeléctricas o celdas fotovoltaicas se le conoce como panel fotovoltaico.

Los paneles fotovoltaicos consisten en una red de células conectadas como circuito en serie para aumentar la tensión de salida hasta el valor deseado (usualmente se utilizan 12V a 36V) a la vez que se conectan varias redes como circuito paralelo para aumentar la corriente eléctrica que es capaz de proporcionar el dispositivo.

La eficiencia de conversión media obtenida por las células disponibles comercialmente (producidas a partir de silicio monocristalino) está alrededor del 16%. La vida útil media a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye.

El tipo de corriente eléctrica que proporcionan es corriente continua, por lo que si necesitamos corriente alterna o aumentar su tensión, tendremos que añadir un inversor y/o un convertidor de potencia

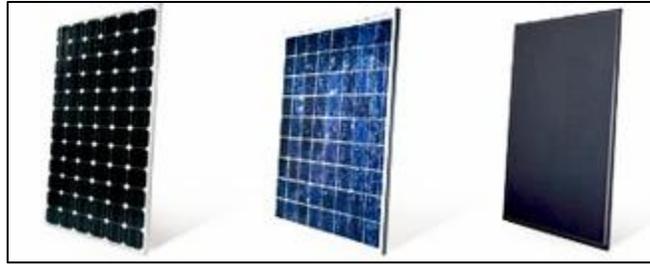


Fig.2.4 Tipos de módulos fotovoltaicos

Para su construcción, de la arena común (con alto contenido en silicio) se obtiene inicialmente una barra de silicio sin estructura cristalina (amorfo), una vez separados sus dos componentes básicos, y que acoge gran cantidad de impurezas.



Fig.2.5 Barra de silicio

Mediante un proceso electrónico, que también permite eliminar las impurezas, la barra de silicio amorfo es transformada en una estructura monocristalina, la cual posee características de aislante eléctrico, al estar formada por una red de uniones atómicas altamente estables. A continuación, con el material ausente totalmente de impurezas (una pequeña impureza lo hace inservible), es cortado en obleas (finas láminas de sólo una décima de milímetro).

Las obleas, son entonces fotograbadas en celdillas con polaridades positiva y negativa; la polaridad positiva se consigue a base de introducir lo que electrónicamente hablando se denominan huecos, es decir, impurezas que están compuestas por átomos que en su capa de valencia sólo tienen tres electrones (les falta uno para estar estables).

Por su parte, en la zona negativa se sigue un proceso similar al de la zona positiva, pero en éste caso las impurezas que se inyectan son átomos que en su capa de valencia tienen cinco electrones, es decir, en la estructura de cristal sobra un electrón (sobra un electrón, por eso se dice que tiene carga negativa).

El conjunto de ambos materiales (positivos y negativos) forman un diodo; éste dispositivo tiene la característica de dejar pasar la corriente eléctrica en un sentido pero en el otro no, y aunque los diodos son utilizados para rectificar la corriente eléctrica, en éste caso, permitiendo la entrada de luz en la estructura cristalina, permitiremos que se produzca movimiento de electrones dentro del material, por eso éste diodo es denominado “fotodiodo” o “célula fotoeléctrica”,

Las celdas solares de silicio se construyen utilizando planchas mono cristalinas, planchas policristalinas o láminas delgadas (amorfos).

- Silicio Monocristalino:

Estas celdas están fabricadas en base a láminas de un único cristal de muy alta pureza y estructura cristalina casi perfecta (reconocibles por su forma circular o hexagonal). El espesor aproximado de las láminas es de 1/3 a 1/2 milímetro, las cuales son cortadas de una gran barra o lingote monocristalino creado a una temperatura cercana a 1400° C, siendo este un proceso muy costoso. La eficiencia de estas celdas ha llegado hasta el 24,7% en laboratorio y a un 16% en paneles comerciales. Los paneles construidos con este tipo de tecnología son los más desarrollados del mercado, siendo garantizados por algunos fabricantes por hasta 25 años.



Fig.2.6 Modulo Fotovoltaico Monocristalino

- Silicio policristalino:

Las láminas policristalinas son fabricadas a través de un proceso de moldeo, para esto se funde el silicio y luego se vierte sobre moldes. Una vez que el material se ha secado, se corta en delgadas láminas. El proceso de moldeo es menos costoso de producir que el silicio monocristalino, pero son menos eficientes, debido a que el proceso deja imperfecciones en la superficie de la lámina. La eficiencia de conversión alcanza valores alrededor del 19,8% en laboratorio y de 14% en paneles comerciales.

Las características del silicio cristalizado, hacen que los paneles de silicio policristalino posean un grosor considerable. Empleando silicio con otros materiales semiconductores, es posible obtener paneles más finos e incluso flexibles.



Fig.2.7 Modulo Fotovoltaico Policristalino

- Silicio amorfo:

Es una tecnología de lámina delgada y se fabrica depositando silicio sobre un sustrato de vidrio de un gas reactivo, tal como silano (SiH_4). Además es posible aplicarlo como película sobre sustratos de bajo costo como cristal o plástico. La tecnología de fabricación ha cambiado rápidamente, lo que ha generado un aumento de su eficiencia, llegando a valores entre 5 y 10% para paneles comerciales y de 13% en laboratorios. Existen tecnologías de lámina delgada que incluyen láminas de silicio multicristalino, seleniuro de cobre e indio/sulfuro de cadmio, telurio de cadmio/sulfuro del cadmio y arseniuro de galio.

Este tipo de tecnología ofrece una serie de ventajas como: deposición y un ensamblado más fácil, la capacidad de ser depositadas en sustratos o materiales de construcción baratos, los que incluso pueden ser flexibles, producción en masa, y conveniencia para grandes aplicaciones. Sus costos son inferiores a las dos tecnologías anteriores.



Fig.2.8 Modulo Fotovoltaico Amorfo

El gran auge del uso de Paneles fotovoltaicos para la generación eléctrica en los últimos años ha permitido que la industria de Paneles desarrolle nuevas tecnologías para producir paneles cada vez de menor costo. Actualmente existen diversas soluciones técnicamente viables para la generación de electricidad a partir de luz solar basadas, fundamentalmente, en células fotovoltaicas de silicio relativamente caras. Las tecnologías actuales de película delgada basadas en el silicio podrían estar llegando al límite en cuanto a relación eficacia-coste.

Los módulos de película delgada (thin-film) no están hechos a base de células de silicio convencionales, sino que se basan en CIGS (Cobre Indio Galio Selenio) incrustadas en un soporte flexible y ligero y aptas para colocarlas no sólo sobre los tejados, sino también sobre las fachadas de los edificios, ventanas etc. Estas nuevas tecnologías, que se revelan como más rentables y eco eficientes, que constituyen, sin duda, una alternativa de bajo costo.

Funcionamiento de un panel fotovoltaico.

El principio de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos se basa en el efecto fotovoltaico o efecto fotoeléctrico, mediante la captación de fotones provenientes de la luz solar, los cuales inciden con una cierta cantidad de energía en la superficie del panel, esta interacción provoca el desprendimiento de los electrones de los átomos de silicio, rompiendo y atravesando la barrera de potencial de la capa semiconductor. Esto genera una diferencia de potencial en la capa N con respecto a la P. Luego si se conecta una carga eléctrica o elemento de consumo entre los terminales del panel se iniciará una circulación de corriente continua.

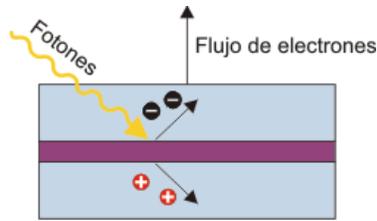


Fig.2.9 Funcionamiento interno de un módulo Fotovoltaico

El nivel de energía proporcionado por un panel fotovoltaico depende de lo siguiente:

- Tipo de panel y área del mismo
- Nivel de radiación e insolación
- Longitud de onda de la luz solar

Una celda fotovoltaica común de silicio monocristalino de 100 cm² de superficie, puede producir aproximadamente 1.5 Watt de energía, a 0.5 volt (CC) y 3 amperes de corriente bajo condiciones óptimas (luz solar en pleno verano a una radiación de 1000W/m²). La energía entregada por la celda es casi directamente proporcional al nivel de radiación solar.

El nivel de potencia de salida por panel es denominado potencia pico, la cual corresponde a la potencia máxima entregable por el conjunto de celdas bajo las siguientes condiciones estándares de prueba:

Radiación de 1000 W/m²

Temperatura de celda de 25° C (no corresponde a la temperatura ambiente).

Masa de aire (AM=1,5).

Bajo estas condiciones es posible medir los siguientes parámetros:

Corriente de corto circuito (Isc): corresponde a la máxima corriente en amperes generada por cada panel, al conectar una carga de resistencia cero en sus terminales de salida. Su valor depende de la superficie del panel y de la radiación solar.

Voltaje de circuito abierto (Voc): corresponde al voltaje máximo que genera un panel solar y medido en los terminales de salida cuando no existe carga conectada, es decir, a circuito abierto.

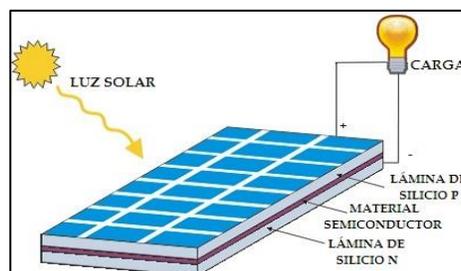


Fig.2.10 Componentes del módulo fotovoltaico

Factores de eficiencia de un panel fotovoltaico

Punto de máxima potencia (Por sus siglas en ingles MPP): corresponde a la máxima potencia que el panel puede entregar, la cual se da cuando el voltaje y la corriente alcanzan sus valores máximos en forma simultanea, esto se puede ver en el rectángulo inscrito dentro la curva donde el vértice sobre la curva, denominado Pmp, representa el valor de máxima potencia. Este valor se consigue de acuerdo a la siguiente formula:

$$P_{mp} = V_{mp} * I_{mp}$$

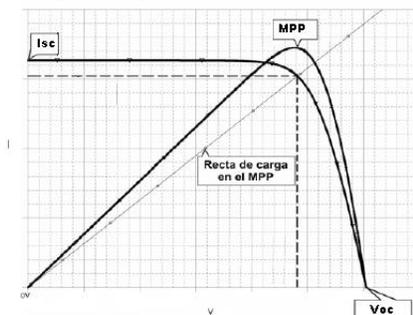


Fig.2.11 Grafica de punto Máximo de Potencia

Eficiencia en la conversión de energía

La eficiencia de un panel fotovoltaico, corresponde al porcentaje de energía eléctrica generada en relación a la cantidad de energía luminosa recibida desde el sol, cuando el panel se encuentra conectado a un circuito eléctrico.

$$\eta = \frac{P_{mp}}{E \times A_c} = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{P_i}$$

Donde:

- η : representa a la eficiencia de la conversión de la energía.
- P_{mp} : punto de potencia máxima (W).
- E : nivel de radiación solar en la superficie del panel (W/m^2), bajo condiciones STC.
- A_c : Superficie del panel fotovoltaico (m^2).
- P_i : Potencia Recibida por el panel

Energía de la luz incidente

Para producir el movimiento de los electrones y generar flujo de corriente, es necesario que el nivel de radiación que incide sobre el panel (fotones) posea una cantidad de energía entre ciertos límites. Debido a que la luz incidente tiene distintas longitudes de onda, cerca del 50% de la radiación recibida no está dentro del margen aceptado por los paneles solares disponibles comercialmente y se pierde, ya sea por poca o demasiada energía. Por otro lado la corriente es directamente proporcional a la radiación incidente y aceptada por el panel, por lo que un bajo nivel de energía radiante provocará que la corriente generada también sea baja.

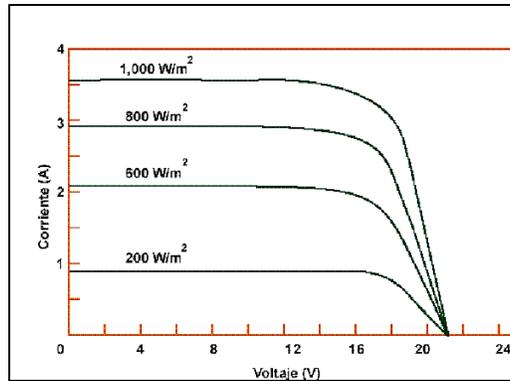


Fig.2.12 Grafica de Corriente contra voltaje en incidencia

Reflexión

Este tipo de pérdidas se produce en la superficie del panel, debido a la reflexión de los rayos incidentes. Para disminuir este tipo de pérdidas, en el proceso de fabricación se están utilizando capas antirreflejo y superficies rugosas.

Efecto de la Sombra

El efecto de sombras sobre los paneles solares, afecta notoriamente el rendimiento de estos, es por esto que se debe procurar al momento de diseñar una instalación fotovoltaica, situar los paneles en lugares donde no sufran este tipo de interferencias.

Este efecto es más notorio en instalaciones de paneles conectados en serie, ya que si un panel es sombreado no generará los mismos niveles de energía que los que se encuentran descubiertos, por lo cual consumirá energía, en vez de generarla.

Efecto de la orientación e inclinación

Los paneles solares trabajarán en forma óptima cuando su orientación sea directa hacia el sol, es decir, que el panel se sitúe perpendicularmente hacia el sol. En instalaciones fijas, es imposible mantener el panel perpendicular al sol, por lo cual, el sistema se debe diseñar de tal forma que su instalación permita aprovechar la mayor cantidad de luz posible y en los periodos de mayor radiación.

Para las instalaciones con sistema de seguimiento, este problema tiene menor incidencia, ya que el panel tiende a mantener la perpendicularidad hacia el sol. La Tabla muestra los valores aceptables para distintos factores de pérdidas.

	Orientación e Inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración Arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 2.1 Porcentajes por orientación e inclinación

Efecto de la Temperatura

La temperatura es un parámetro que afecta directamente la generación de energía en un panel fotovoltaico. Al aumentar la temperatura, la corriente también tiende a aumentar, pero el voltaje cae notablemente, lo que provoca una disminución de la potencia entregada por el panel, en cambio, al disminuir la temperatura el voltaje tiende a aumentar, pero la corriente disminuye, aumentando en una fracción el nivel de potencia entregada. Se estima que la potencia nominal se reduce aproximadamente un 0.5% por cada grado por sobre de 25 °C.

APLICACIONES DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

Los sistemas fotovoltaicos pueden ser aplicados tanto en la superficie terrestre como en el espacio. En el espacio son una forma muy confiable para alimentar de energía a los satélites o sondas espaciales, ya que los niveles de radiación son más elevados por la carencia de obstáculos como la atmósfera.

Por otro lado, las aplicaciones en tierra van desde una simple celda para energizar calculadoras o relojes, hasta complejos sistemas de captación de la energía solar, también llamados parques solares. Las instalaciones pueden ser de dos tipos: conectadas a la red eléctrica, o bien, aisladas de la red eléctrica. Éstas serán descritas más adelante.

La utilización de sistemas auxiliares, como, baterías, inversores o reguladores, han permitido ampliar el campo de aplicación de estos sistemas, ya que como se sabe, los paneles fotovoltaicos entregan por sí solos corriente continua, lo cual imposibilita su utilización directa en sistemas que funcionen en base a corriente alterna.

2.3 Inversores y micro inversores

Los micro-inversores se han venido usando con la finalidad de resolver el problema de conectar módulos fotovoltaicos entre sí con diferentes condiciones de funcionamiento entre ellos, las denominadas pérdidas por desadaptación. Hoy en día son conocidos algunos de los problemas que pueden ocasionar estas pérdidas energéticas en los sistemas fotovoltaicos como por ejemplo: la desigual orientación e inclinación, las diferentes condiciones meteorológicas, la desigual suciedad en los módulos, el gradiente de temperatura de las células, la tolerancia en la potencia nominal, las sombras, etc.

Éstas son ocasionadas cuando los módulos fotovoltaicos que componen la instalación trabajan bajo distintas condiciones de funcionamiento, en otras palabras, cuando se conectan células en serie con diferentes propiedades y/o, las células se encuentran sometidas a diferentes condiciones de trabajo dando lugar a una situación de conexión de células con comportamiento diferente.

Esta situación ocasiona que la corriente del string de células se vea reducida a la corriente de la peor célula. Así mismo ocurre con el conjunto de módulos: el módulo de menor corriente limitará la corriente de la serie y, de modo semejante ocurre para la tensión de la conexión de módulos en paralelo. El resultado producido es que la potencia del generador fotovoltaico

es inferior a la suma de las potencias de cada uno de los módulos fotovoltaicos que lo componen.

Los módulos fotovoltaicos, de manera convencional, se han venido disponiendo en serie, formando cadenas para reducir el costo del cableado, reducir el número de cajas de conexiones y el número de inversores. En las grandes instalaciones fotovoltaicas, los paneles son conectados de esta manera ya que es así como generan un mayor voltaje en corriente continua, minimizando de este modo las pérdidas eléctricas de la instalación, (5-25% de pérdidas debidas a las sombras parciales ejercidas por un módulo sobre otro). Para inyectar la corriente continua generada por la instalación fotovoltaica a la red eléctrica es requerido el uso de los inversores (dispositivos electrónicos capaces de realizar la transformación de corriente continua, CC, a corriente alterna, AC).

A diferencia de las grandes instalaciones fotovoltaicas, en el diseño de sistemas fotovoltaicos integrados en edificaciones y en el entorno urbano, deben ser considerados otros aspectos como pueden ser los estéticos y los funcionales. Por tanto, puede decirse que, en general, el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos integrados en la edificación será inferior al obtenido en las grandes plantas fotovoltaicas de producción, debido principalmente, a que en las instalaciones fotovoltaicas urbanas no siempre es posible lograr la inclinación y orientación óptima de los módulos y la ausencia de sombras sobre el generador fotovoltaico.

Por tanto, centrándonos en las instalaciones fotovoltaicas urbanas de autoconsumo en viviendas, la conexión del generador fotovoltaico a red en estas instalaciones puede no resultar tan obvia, pues se tendrán que considerar diferentes inconvenientes que no se presentan en los espacios abiertos en los que se emplazan las grandes instalaciones, y que pueden comprometer de forma importante el rendimiento de la instalación.

Debido a la existencia de un único inversor, este tipo de conexionado no permite el trabajo de cada módulo individual en el punto de máxima potencia. Esto implica que en este tipo de instalación no puede extraerse la máxima producción posible del campo solar. Además, en caso de fallo en el sistema fotovoltaico, debido a que no existe una monitorización individual de cada panel, determinar o precisar la localización de un fallo en el sistema puede llegar a ser complicado.

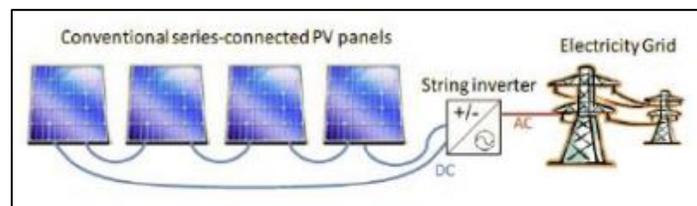


Fig.2.13 Módulos fotovoltaicos conectados con inversor central

Una forma alternativa de conexión de los paneles consiste en la disposición de un micro-inversor de corriente continua a corriente continua, CC-CC, Todos estos son conectados a un inversor que transforma la corriente continua en alterna, CC-AC. De este modo las pérdidas por sombras parciales se ven reducidas a 4-12%. Este montaje difiere del convencional con

inversor central en la adición de micro-inversores CC-CC a cada uno de los módulos fotovoltaicos.

Esto permite que cada uno de los módulos pueda trabajar bajo su punto de máxima potencia gracias el micro-inversor que actúan como optimizadores de la instalación, mejorando de esta manera el rendimiento de ésta. Finalmente, el inversor central de la cadena se encarga de la transformación CC-AC para su inyección a red y su posterior consumo.

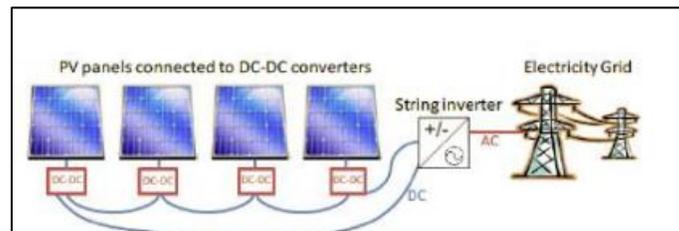


Fig.2.14 Módulos fotovoltaicos conectados con micro-inversores

Los micro-inversores pueden ser la solución en este tipo de situaciones en las que la orientación, el espacio u otros elementos arquitectónicos impidan que los módulos que componen la instalación fotovoltaica de una vivienda puedan trabajar de forma homogénea, ya que permiten que cada módulo fotovoltaico trabaje de forma independiente a los demás, bajo su propio punto de máxima potencia. Un micro-inversor tiene la misma función que un inversor convencional, la transformación de la corriente continua en alterna.

La diferencia principal se encuentra en que los micro-inversores se conectan de forma individual y directamente a la parte posterior de cada uno de los módulos fotovoltaicos existentes en la instalación, mientras que los inversores convencionales se encargan de transformar la corriente continua producida por todos los paneles de cada cadena presente en la instalación o de la corriente generada directamente por la instalación completa.

Así pues, el conexionado de micro-inversores tipo corriente continúa a corriente alterna, seguidamente de los módulos fotovoltaicos, sin necesidad de un inversor aguas debajo de la instalación permite convertir el defecto en una virtud, y concede pequeñas ganancias ya que recuperan parcialmente la pérdida de potencia.

La principal causa de los problemas asociados a la generación fotovoltaica está relacionada con la variabilidad del recurso debido a la intermitencia provocada por los ciclos de día y noche y por las nubes. Actualmente, los micro-inversores pueden combatir algunos de dichos problemas ocasionando una mayor producción de energía.

El efecto de sombra en los paneles puede ser ocasionados por diferentes factores: desde nubes, factores atmosféricos tales como la nieve, suciedad hasta sombras debidas a construcciones aledañas o incluso por otros paneles adyacentes. La consecuencia de las sombras es que eliminan la componente directa de la radiación solar, la cual entrega la mayor porción de energía al módulo fotovoltaico.

El efecto de la disminución de radiación sobre una celda se ve reflejado en una disminución de su corriente. Los efectos que producen estas sombras dependen fuertemente de la configuración de los paneles y de la no homogeneidad de la sombra a través del mismo módulo. Así pues, al conectar dos celdas con distintos niveles de radiación en paralelo no generará mayor problema debido a que no existe discordancia entre los voltajes para realizar la conexión, y las corrientes se suman.

En cambio, para realizar la misma conexión en serie, los distintos niveles de corriente hacen que esta conexión genere efectos no deseables. Sea la curva característica en situación ideal de una célula fotovoltaica de la siguiente forma:

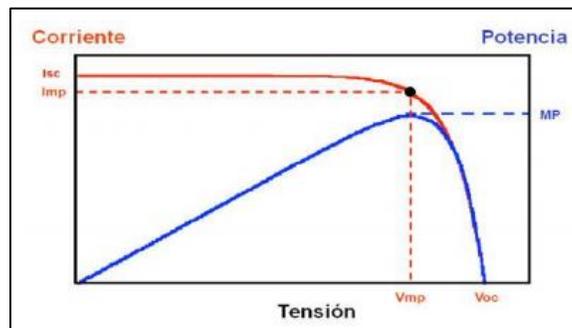


Fig.2.15 Grafica de comportamiento de puntos máximos

El sistema de micro-inversores de Enphase que son los manejados en la empresa convierte la energía de corriente continua (CC) generada por los módulos solares (paneles) en energía de corriente alterna (CA) que se consume en el hogar. Los micro-inversores también transmiten información por Internet sobre el rendimiento del sistema, de manera que usted y su profesional de energía solar puedan monitorearlo.

Los micro-inversores tienen varias ventajas sobre los inversores centrales convencionales. La principal ventaja es que cuando se presenta una pequeña cantidad de sombra, escombros o líneas de nieve sobre un mismo panel solar o si, incluso, ocurre un fallo completo de un panel, no se reduce de manera desproporcionada la producción de todo el conjunto. Cada micro-inversor recoge la cantidad de energía óptima mediante la realización del seguimiento del punto de máxima potencia para su panel conectado.

También son fáciles de diseñar y almacenar, ya que normalmente hay un único modelo de convertidor que se puede utilizar con cualquier tamaño de matriz o conjunto y con una amplia variedad de paneles. Los micro-inversores que aceptan la entrada de CC a partir de dos paneles solares, en lugar de uno, son un desarrollo reciente. Llevan a cabo el seguimiento del punto de máxima potencia de forma independiente en cada panel conectado. Esto reduce el coste del equipo y convierte a los sistemas fotovoltaicos basados en micro-inversores comparables en coste con el uso de los inversores de cadenas.

El uso de micro-inversores en sistemas solares es muy atractivo por su capacidad de monitoreo y la flexibilidad que ofrecen durante la instalación. La diferencia principal en comparación con sistemas solares con un inversor central, donde un inversor controla la

producción de todos los paneles solares del sistema, es que en el caso del micro-inversor se tiene un inversor por cada panel solar. Como es de esperarse con el uso de micro-inversores aumenta el número de componentes del sistema y por consiguiente el costo del mismo.

A continuación se explican las situaciones donde los micro-inversores presentan ventajas en comparación con los inversores centrales ya que desde el punto de vista económico es conveniente utilizar inversores centrales en la mayoría de los casos.

Arreglo solar con sombras

Cuando una celda del panel solar se sombrea la serie de celdas deja de producir energía. Cuando un panel solar se sombrea, la serie de paneles solares deja de producir energía. Esta es la forma en que la generación con energía fotovoltaica funciona. Los micro-inversores ayudan a reducir el problema de sombreado en instalaciones donde se sabe que habrá sombras permanentes que no pueden eliminarse, por ejemplo, un edificio aledaño, antenas de comunicaciones, cables, árboles que no pueden ser podados, etc.

Esto se debe a que los micro-inversores no están interconectados en serie, y cuando un panel solar es sombreado solo se pierde la producción energética de ese panel (en lugar de la generación de toda la serie como sería en el caso de los inversores centrales).

Paneles con diferente orientación

Cuando los paneles solares de un sistema solar se instalan (erróneamente) con diferente orientación se produce un fenómeno parecido al sombreado, donde en una serie todos los paneles van a producir energía eléctrica con la misma capacidad, y si la capacidad de uno o varios paneles solares en esa serie se ve afectado, como por ejemplo una orientación con menos radiación solar, la serie completa se ve afectada. Es por eso que se recomienda que todos los paneles solares en una serie se instalen con la misma orientación e inclinación.

Los inversores centrales requieren un número mínimo de paneles por serie y el mismo número de paneles en cada serie del sistema. Desafortunadamente en ocasiones donde hay una limitación de espacio resulta complicado tener una configuración óptima de paneles por serie con la misma orientación. Este problema se elimina totalmente con el uso de micro-inversores ya que cada panel solar en el sistema puede tener una orientación única.

Monitoreo independiente por panel

Una de las funciones más atractivas del uso de micro-inversores es la capacidad que tienen de monitorear el desempeño de cada panel solar de forma independiente. De esta forma se puede saber cuáles son los paneles del sistema que más (o menos) energía producen en casos donde se tienen sombras u orientaciones diferentes. También se puede identificar de forma inmediata si un panel o micro-inversor está dañado o desconectado. En el caso de inversores centrales el monitoreo se realiza a nivel sistema por lo que no es posible conocer el desempeño de cada panel solar de forma individual.

Sistemas muy pequeños

El inversor central para interconexión más pequeño disponible en el mercado es de 2000 Watts. Si por cualquier razón se requiere un sistema de menor potencia entonces los micro-inversores son la única alternativa. Con los micro-inversores es posible conectar un sólo panel solar a la red eléctrica, sin embargo, por cuestiones económicas y de producción no recomendamos instalar sistemas de menos de 3 paneles solares ya que no se contempla que tenga una retribución económica tan pronto.

El sistema de micro-inversores de Enphase consta de tres componentes principales:

1.- Los micro-inversores de Enphase se instalan debajo de cada módulo solar y convierten la energía de CC en energía de CA. Cada micro-inversor envía energía de CA al panel eléctrico del hogar (centro de carga del sitio) y transmite datos de rendimiento al Envoy a través del cableado eléctrico del hogar.



Fig.2.16 Micro-inversor Enphase

2.- El Portal de comunicaciones Envoy de Enphase transmite la información del rendimiento a Enlighten a través de Internet. El cual es una plataforma cerrada que puede ser configurada por cada empresa la cual quiera este sistema



Fig.2.17 Envoy marca Enphase

3.- El software Enlighten de Enphase le permite monitorear el rendimiento de su sistema en línea y ofrece herramientas de diagnóstico para el profesional de energía solar.



Fig.2.18 Portal de monitoreo del SFV

2.4 Interconexión con CFE

Pasamos rápido a uno de los temas más importantes para tomar en cuenta en la energía solar en México. El contrato de interconexión con CFE.

Una buena noticia es que ya no es necesario contar con un banco de baterías para almacenar la energía solar, lo que reduce mucho los costos. Ahora es posible instalar paneles solares en tu casa y conectarlos con la red eléctrica. Bueno, en realidad es posible desde junio 2007. Es posible conectarse a la red eléctrica...

Hasta 10 kWp en uso residencial

Hasta 30 kWp en uso comercial

Hasta 500 kWp en uso industrial

Para hacer un contrato de interconexión tienes que acercarte a las oficinas de CFE. Después del trámite instalarás también un medidor bidireccional. Es un medidor digital que puede medir el intercambio de energía que entra de los paneles solares y la que entra de la red eléctrica nacional.

Con el contrato de interconexión correctamente llenado, acude a las oficinas de CFE correspondientes a tu zona. La división de energía solar generalmente se encuentra ubicada en las oficinas de proyectos comerciales de CFE. Si acudes a un módulo de pagos o una oficina más pequeña es probable que no te puedan atender ya que el contrato de interconexión es un asunto muy particular.

En enero del 2014 el contrato de interconexión tenía un costo de \$850. Esto incluye la programación e instalación de tu medidor bidireccional. Este no es el costo del medidor en si, el medidor es propiedad de CFE.

Una vez hecho esto, personal de CFE visitarán su domicilio para instalar el nuevo medidor, el cual previamente ha sido programado con la información de tu RPU. El tiempo normal del cambio de medidor es de 2-3 semanas a partir del día en que se paga el contrato. Si se han demorado 4 semanas es recomendable hablar a tu oficina local para indagar sobre el estatus de tu solicitud.

Es posible que el técnico que visite tu domicilio te pida verificar tu sistema solar. Esto es con el fin de asegurarse que la conexión a red se realizó correctamente. Raramente piden revisar los paneles solares, sin embargo existe la posibilidad y debes de estar preparado para tal instancia. Este es un buen momento para aclarar dudas respecto al nuevo medidor con el técnico de CFE. Una vez que el nuevo medidor bidireccional ha sido instalado puedes encender tu inversor y disfrutar de la energía gratuita del sol.

Si generas más energía de la que consumes se “guarda” esa energía y sabes que tienes unos kWh a favor que puedes usar en los próximos meses (el periodo dura 12 meses) de la misma forma si generas menos energía de la que consumes tienes el respaldo de la red eléctrica y no te quedarás sin electricidad.

Es importante mencionar que cuando estás interconectado con CFE con tus paneles solares y “se va la luz” también se apagará tu sistema solar. La explicación es simple; en ocasiones los técnicos de CFE cortan la electricidad para hacer reparaciones o mantenimiento, que los paneles solares sigan enviando energía puede provocar un accidente.

Los requisitos son:

Contar con una instalación de suministro normal por el cual pagas la luz bimestralmente, ya sea de baja tensión (en el hogar), o de tensión media (de uso industrial).

Información sobre la instalación y el equipo

La CFE advierte que el contrato es indefinido, por lo cual no es necesario renovarlo, y que puede ser cancelado con un aviso de 30 días de anticipación.

El contrato de interconexión está disponible en todo México. El precio es diferente en cada estado, en Cuernavaca, Morelos, por ejemplo me costó 3,000 pesos mexicanos.

OJO con la Tarifa DAC

Si quieres cambiar a energía solar tienes que poner mucha atención a la tarifa DAC, no sólo es la tarifa más cara que tiene CFE, es una de las tarifas más costosas de todo el continente americano.

Tarifa DAC (Domestica de alto consumo)

¿Porque es tan costosa? porque en esta tarifa no aplica ningún tipo de subsidio y aplica un incremento exponencial al precio de electricidad.

Pero OJO, que no es voluntario estar en esta tarifa, (por supuesto que nadie lo elegiría) se aplica a todos los usuarios de uso residencial cuando consumen más energía por bimestre de acuerdo a su tarifa en la siguiente observación.

“Límite para ingresar a tarifa de alto consumo”

1- 500 kWh/bimestre

1A – 600 kWh/bimestre

1B – 800 kWh/bimestre

1C – 1,700 kWh/bimestre
1D – 2,000 kWh/bimestre
1E – 4,000 kWh/bimestre
1F – 5,000 kWh/bimestre

La energía solar la podemos usar de la mejor forma a nuestra conveniencia, en este caso, se puede recomendar calcular la energía necesaria que necesitarías generar con paneles solares para reducir tu consumo con CFE y bajar de nuevo a tarifas más económicas gracias a la energía solar.

También hay que recordar que no hay electricidad más barata que la que no se consume. Conforme vayas disminuyendo tu consumo bimestral puedes volver a bajar a otras tarifas más económicas. Es recomendable primero adquirir buenos hábitos de consumo de energía para no tener que pagar con dinero en paneles solares nuestros malos hábitos.

En el caso de que tengas un saldo a tu favor, debido a que generaste más energía solar de la que necesitabas, ese excedente se convertirá en un crédito que te permitirá utilizar la misma, a lo largo de los siguientes 12 meses.

Con la instalación de tus paneles solares, tendrás lo mejor de dos mundos: Cuando tus paneles solares estén activos y tú no emplees la electricidad, el excedente será utilizado por la CFE para distribuirlo en la red. A cambio de este “préstamo” que haces, la CFE te restará este excedente en tu siguiente recibo. Del mismo modo, aquella energía que no utilizaste durante el día, podrás compensarla durante la noche, cuando las celdas fotovoltaicas no están recibiendo luz solar.

Al final del bimestre, en tu cuenta de luz te llegará la suma de lo consumido de la red eléctrica, a lo cual se le resta todo el excedente que le hayas “prestado” a la CFE, con lo cual tu saldo será mínimo, o incluso favorable en la forma de crédito utilizable por el resto del año.

Existen dos conceptos de costo que se debe tomar en cuenta al considerar la adquisición de un SFV: el costo *de* inversión y el costo de energía. El costo de inversión de un SFV depende de diversos factores, como son:

- La capacidad del sistema.
- La preparación y ejecución del proyecto, lo que incluye diseño, instalación, conexión y puesta en marcha del sistema.
- Las características tecnológicas y económicas de los componentes, principalmente de los módulos y el inversor.
- Si el sistema se instala en el techo o a nivel de piso, o bien, si será un elemento integral de techos y fachadas.

El costo de energía se refiere al costo por cada kW-h de electricidad producida por el SFV. En el ámbito técnico se denomina costo nivelado de energía y se puede comparar directamente contra el precio de electricidad de la red. En su determinación intervienen los siguientes factores:

- El monto de la inversión.
- La eficiencia con la cual se estará efectuado la conversión de energía solar a eléctrica.
- La localidad donde se instalará el sistema.
- La afectación por sombras.
- La vida útil del sistema.

Los SFV requieren una importante inversión de capital inicial, pero dependen de las condiciones locales como, la normatividad, radiación solar, espacio disponible, impacto ambiental y su vida útil esta entre 25 años y 30 años. En algunos casos, la inversión inicial se amortiza sólo por el hecho de que el costo para electrificar la zona es superior al de la instalación de un SFV.

En muchas ocasiones el SFV presenta un costo por kW-h producido notablemente superior al costo del kW-h comprado de la red eléctrica. Por ello, la rentabilidad de la instalación depende mucho de los incentivos por parte de las administraciones públicas. Para obtener un costo por kW-h producido por un SFV comparable al kW-h comprado de la red, es necesario contar con la financiación de subvenciones en porcentaje entre 70% y 80%.

3. Desarrollo

3.1 Descripción de los circuitos, estructura y canalización realizados.

Un punto muy importante antes de cualquier acción es conocer cuánta energía eléctrica se requiere en el objetivo a electrificar, se deben tener en cuenta las características eléctricas de los equipos a alimentar y el tiempo de empleo de los mismos por parte del usuario del sistema. Es decir, se hace necesario conocer o estimar la corriente y la tensión o voltaje de trabajo de los equipos instalados y el número de horas diarias de trabajo, teniendo en cuenta las posibles ampliaciones que en el futuro se hagan en la instalación proyectada.

Ya que en muchas instalaciones toca ver que se encuentran aparatos eléctricos que consumen una cantidad considerable de corriente como, por ejemplo: bombas, aires acondicionados, etc. que puede ser lo que más consuman pero luego los mismos clientes tienen proyecciones más grandes como por ejemplo calefacción a la casa o albercas etc. Entonces este tipo de situaciones es de tomar en cuenta para proyectos a largo plazo ya que si se tiene a corto plazo es necesario meter más módulos fotovoltaicos lo que implicaría una reubicación de todo lo ya planeado, por lo que se debe considerar una posible ampliación con el paso del tiempo.

Pero este no es el caso ya que se tiene el área donde se va a trabajar, por lo que haría falta la energía que se debe entregar antes de planear comenzar la instalación ya que se debe satisfacer las demandas de energías que se tiene en el domicilio lo cual se tiene que ver mediante el historial de recibo de CFE que es compartido por el cliente, en caso de no contar con este recibo, la empresa tiene una plataforma con CFE en la cual se puede analizar los recibos de cada cliente solo contando con el número de servicio.

Una vez teniendo dicha información sobre la cantidad de potencia (Watts) que debemos generar para reducir el consumo de lo que nos manda CFE y así ya ser usuarios cogeneradores, se procede con hacer un diagrama eléctrico el cual permita entregar la potencia adecuada sin tener una pérdida de consumo así como también de espacio dentro de la casa en la que se realizara el proyecto.

Dentro del interior de un solo modulo solar existen conexiones hechas en serie y paralelo en el caso de la empresa se manejan paneles de 320 y 310 watts los cuales dependiendo de la potencia que se quiere entregar se determina cuales usar, en el caso de esta residencia se requiere una potencia de 6.51 KW por lo que para este proyecto a desarrollar se usaran paneles de 310 watts los cuales conectados de cierta manera nos de los 6.51KW.

Existen protecciones dentro de un módulo solar el cual tratara de cuidar en la medida de lo posible proteger al módulo solar y así evitar que los circuitos internos se logren quemar, así como también proteger la estructura de aluminio que tiene a su alrededor del módulo solar ya que en ciertos casos pueden llegar a romperse ante alguna anomalía y uno de los dispositivos más importantes dentro de este son los:

- Diodos de “bypass” permiten un camino alternativo a la corriente alrededor de una asociación en serie de celdas cuando alguna de las celdas que conforman dicha cadena está parcialmente sombreada o destruida. Normalmente en cada módulo Sharp se incorporan de uno a cuatro de estos componentes, estos protegen a las celdas solares de la destrucción térmica en caso de sombra total o parcial, celdas rotas, o fallos en cadenas de celdas o de celdas solares individuales, mientras que otras celdas están expuestas a plena luz.

Un diodo bypass conduce la corriente más allá de una celda inactiva con el fin de:

1. prevenir el efecto de punto caliente
2. para minimizar la pérdida de energía si una célula se vuelve inactiva

El punto caliente, se llega cuando la sombra proyectada a una célula del panel pasa mucho tiempo afectando a la misma es decir por minutos o horas. Si una celda inactiva se alimenta de corriente por las otras celdas, celdas activas, esta convierte esa energía en calor. En el peor escenario es que un punto caliente se acumula en las celdas inactivas que pueden destruir el módulo.

Para un desarrollo correcto de la conexión que deben tener los paneles se debe tomar en cuenta que los paneles en serie se mantiene la corriente pero se suman los voltajes, así como también cuando los paneles están conectados en paralelo los voltajes se mantienen pero las

corrientes se suman, entonces tomando todo este conocimiento en cuenta se estructura y se hacen cálculos los cuales permitan llegar a la potencia necesaria.

La tabla presentada anteriormente en los fundamentos teóricos (2.1) se tiene que la ciudad de México tiene entre 5 y 5.1 Kwh/m^2 en este caso para desarrollar la formula tomaremos el valor de 5 Kwh/m^2 ya que representa un valor más exacto al resultado. Se tiene la formula

$$HP = \frac{ID}{1000 \text{ W/m}^2}$$

HP: Horas- pico que los módulos fotovoltaicos estarán recibiendo diariamente

ID: Irradiación diaria del lugar

1000 W/m^2 = Número máximo que se puede alcanzar de irradiación

Por tanto sustituyendo en la formula anterior tenemos que:

$$HP = \frac{5000 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$HP = 5 \text{ Horas}$$

Por tanto se debe tener 5 horas pico en la cual los módulos fotovoltaicos no deberían tener problemas con suministrar toda la potencia necesaria.

El resultado como podemos observar es de 5 horas pico la cual tendremos de irradiación diariamente. Graficando tenemos que:

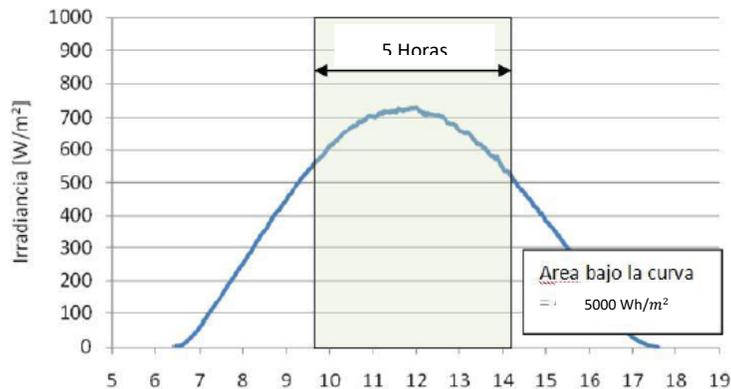


Fig.3.1 Grafica de horas- Pico de irradiación diariamente

El ángulo de inclinación (α) que se debe dar a los módulos fotovoltaicos siempre será en función de la latitud del lugar donde se instalen para que el ángulo de incidencia (β) logre formar una perpendicular a la superficie del colector.

El grado de inclinación del arreglo no determina que tanta pérdida pueda existir, lo único que se sugiere es que debe estar en un rango de 5° a 15° ya que cuando se sale del rango si existe perdidas más grandes, ese grado de inclinación puede variar dependiendo de la superficie que se tenga, en este caso en el techo existía suficiente espacio para acomodarlos bien por lo que se propuse que fuera a 5° ya que también ayudaría a que no se vieran desde las afueras de la casa.

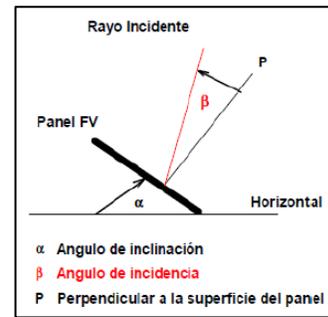


Fig.3.2 Grado de inclinación

Se debe tomar en cuenta el espacio que debe ser considerado entre panel solar y panel solar ya que la residencia cuenta con demasiados tragaluces y un techo en su aspecto chico, se tendrá que distribuir los módulos solares en varias partes del techo para no quitar la estética y el aprovechamiento de los tragaluces en cuestión de luminosidad de la casa y no afectar al usuario el cual nos está contratando.

Existe un software que permite hacer arreglos fotovoltaicos el cual nos facilita una conexión correcta y eficiente, este software lo da la marca que manejan los paneles solares. Cada marca tiene su propio software el cual permite hacer estos arreglos fotovoltaicos, en este software te arroja varias combinaciones los cuales se tienen que analizar con tiempo para poder determinar una correcta instalación.

Después de analizar los arreglos fotovoltaicos se debe elegir el correcto ya que es de tomar en cuenta el espacio que se necesita para hacer las conexiones, así como también lo que se debe tomar en cuenta para una instalación como son metros de cable, los accesorios que usan como son abrazaderas de uña y omegas, abrazaderas unicanal, entre otros. Para poder conectar la tubería de $3/4''$ entre panel y panel.

Ya que como se había mencionado antes para no interrumpir o estorbar los tragaluces que tiene el hogar la solución más correcta es distribuir los módulos fotovoltaicos por el techo de la casa cuidando tanto la estética como de la correcta instalación ya que si los módulos fotovoltaicos no están mirando hacia un mismo punto se tendrá una pérdida la cual se verá reflejada al final de la potencia que es entregada.

Al igual que si el ángulo en el que están distribuidos los módulos fotovoltaicos no es el mismo se tendrá una pérdida que igual es reflejada al final, por lo que es recomendable que tanto como la dirección del módulo y el ángulo en el que están los módulos sea el mismo para que al final con la potencia entregada no exista una pérdida en cuanto a potencia que es reflejada en la potencia y corriente de estos.

La conexión que se obtuvo en el desarrollo del software nos arroja una posibilidad de hacer una conexión en la cual se tengan 21 módulos fotovoltaicos de 310 w que por ende en la suma de la potencia dará los 6.51KW que estamos buscando, como ya se ha visto

anteriormente estos módulos fotovoltaicos pasan directamente hacia un micro-inversor el cual entregara una potencia de 250W entonces se tendrá una potencia de 5.25 KW en CA.

Al micro inversor entran 45V y 8 A en resumen, ya que estos se encuentran en circuito abierto, y al final de todo salen los 220V y 1 A ya que aumenta el voltaje y como resultado bajara la corriente, todos los micro-inversores se conectan en paralelo por lo que el voltaje se mantiene y solo va aumentando la corriente con cada micro-inversor que se agrega lo que daría de entrada 21A de corriente nominal.

Para la protección se debe de agregar el 25% de la corriente nominal lo cual daría el 26.25 como no existe en stock ese tipo de protección se retoma la más cerca y que no afecte a las conexiones que se han hecho por lo cual se utilizara una protección de 25A y para determinar el calibre de cable que se necesita usar se consultó en la NOM001 que es la que rige en toda la república Mexicana que el calibre de cable será el numero de 10.

Una vez teniendo la cantidad de módulos fotovoltaicos que se necesitan para llegar a la potencia necesaria, se necesita analizar el previo levantamiento para observar medidas exactas y dimensiones de los tragaluces así como de los espacios para poder ubicar los módulos solares por zonas ya que así se nos fue autorizado sin importar que quedaran distribuidas por el techo.

Una de las ventajas de la residencia, como ya se había mencionado antes es que en el levantamiento previo (desde google maps) se podía visualizar que no existían edificios ni casas al lado ya que el cliente contaba con un terreno muy grande y es por eso que no existían obstáculos los cuales interfirieran con las sombras, por lo cual fue un punto muy grande al momento de hacer la presentación.

Pero al llegar al levantamiento en el domicilio nos pudimos percatar que el único inconveniente es que existían demasiados tragaluces en el hogar los cuales dificultarían la postura de la estructura, aparte de que la sombra que pudieran proyectar los paneles podría cubrir alguno de los tragaluces que existían en las siguientes imágenes se muestran aspectos del techo, se trató de poner imágenes que solo fueran del techo ya que por confidencialidad no podemos mostrar algo que nos de la ubicación de la casa.





Fig.3.3 Fotografías de levantamiento técnico

Al igual se tiene que tomar fotografías de la posible ruta de canalización que se tiene que seguir para llegar al centro de carga, el cual se tiene que ser muy cuidadoso ya que como limitación se tenía que la tubería que fuera llevada de los módulos fotovoltaicos hacia el centro de carga no fuera exhibida en la fachada de la casa ni otros puntos en la casa en la que se nos fue avisados. Por tanto se tomaron fotos de una posibilidad:



Fig.3.4 Posible ruta de Canalización

La posibilidad de crear una ruta que no pasara por la fachada era casi nula ya que el centro de carga de la casa se encontraba en una zona de la cocina y la cocina estaba en una de las primeras puertas del hogar, por lo que la ruta más viable era bajar una tubería la cual se viera a la vista aproximadamente de 1 m para luego bajar a una zona en la que con una sola perforación saldría nuestra tubería hasta la cocina.

La otra opción viable era bajar por la superficie por detrás de la casa y rodear prácticamente toda la casa lo cual nos fue notificado que no era viable ya que tendría más tubería visible alrededor de la casa por lo que en este caso desde el primer levantamiento el cliente fue el que tomo la primera opción para poder hacer la ingeniería y no hubiera problemas de improvisar otras rutas.

Una vez terminando el levantamiento se procede a empezar con la ingeniería, se envían todas las fotos, y ubicación de la casa así como también una fotografía con todas las medidas sacadas del techo como son dimensiones de los tragaluces, altura de bodega, formas del techo, desniveles, entre otros para luego ser comprimidos y metidos en una carpeta que posteriormente es subida a una red compartida dentro de la empresa.

En cuanto a distribución de los módulos fotovoltaicos se debe tomar algunos aspectos como son la estructura y la medida de los paneles solares ya que se tiene algunos espacios reducidos, por lo cual en el previo levantamiento que se realiza que se explicara más adelante, se hacen sugerencias de los posibles espacios en los cuales poder montar los paneles solares, por tanto esos espacios son los que se ocuparan, ya que no existe un espacio en el techo de la casa en el cual los módulos fotovoltaicos se puedan montar todos juntos.

Para montar la estructura primeramente se necesita una base donde montar lo cual se le conoce en los sistemas solares fotovoltaicos como “patas”, estas son ancladas al techo en este caso para luego sobre ellas poner ángulos estructurales de 2” los cuales soportaran el peso de la estructura estas patas se determinan dependiendo de la cantidad de paneles que se van a instalar.

Para poder anclar una “pata” al techo son utilizados los taquetes tipo “Z” o también conocidos como taquetes expansivos y para anclar la pata al ángulo estructural de 2” se tiene que usar tornillos tipo coche los cuales a diferencia de otros tienen un cabezal redondo con una tuerca hexagonal lo cual permite una fijación muy correcta, para posteriormente apretarlo con una tuerca “flange” la cual tiene como característica unas ranuras que permite un mejor agarre.

Dentro del montaje de la estructura en la que van a ir montados los paneles se utilizan perfiles de aluminio de un proveedor que garantiza la durabilidad de los mismos así como te da las especificaciones del uso de cada perfil, los perfiles más usados en la empresa son los P4, P6, P8 y P14. Estos tipos de perfiles están estandarizados para cada circunstancia de instalación que logre salir.

Por ejemplo, si en lugar de concreto en el techo existiera una superficie de lámina existen accesorios los cuales pueden sujetar la lámina como son los Snap and rack o los tornillos ejot, los cuales permiten adaptarse dependiendo de la lámina al cual deben anclarse, la condición para poder usar estos accesorios es que se debe tener una lámina galvanizada ya que si pueden soportar el peso de los módulos fotovoltaicos.

Se utiliza estos perfiles de aluminio para armar los travesaños y largueros, los largueros son los que ponen por todo lo largo del ángulo que está sujeto con las patas, existen algunos inconvenientes en cuanto a poner el larguero ya que en algunos existen estructuras muy grandes en donde a veces es necesario usar lo que es conocido como “Empalmes” (en inglés Splice Plates) que son los que permiten la unión de estructuras tipo p4 / p6, tipo p8 y p14 de manera fija.

Dentro de los empalmes para una mayor seguridad en esa unión se ponen “jumper” que son unas agarraderas las cuales permiten unas mayor fijación cuando se tiene que hacer un

empalme, estos jumper junto con el empalme se tiene que asegurar con un tornillo tipo coche con una tuerca flange, todo esto se tiene que poner en las 4 aberturas que se tienen a lo largo del empalme.

Los Travesaños van por encima de los largueros los cuales para unir estas dos piezas de aluminio se utiliza lo que es un “braket” el cual permite la fijación entre el travesaño y el larguero, el braket tiene la característica que tiene 3 aberturas, la parte en donde va montado el braket sobre el larguero son las 2 ranuras y donde va 1 ranura es la parte del travesaño, este braket es fijado en un tornillo tipo T (el cabezal tiene forma de T) y con una tuerca flange al igual que las patas. Hay que tomar en cuenta que solo existen para p6/p8

De igual forma en dados casos cuando los módulos fotovoltaicos son demasiados se tiene que tener travesaños mucho más grandes con lo cual también tiene que ser unidos con empalmes del tipo de estructura que se esté manejando. Así como también usar lo jumper para que quede de manera sujeta, al igual de usar el tornillo coche como la tuerca especial para este tipo de fijación como es la flange.

Estos perfiles tienen diferentes especificaciones de lo que pueden soportar lo que son “claros”. El claro es la distancia que existe entre travesaño y travesaño. El perfil P4 viene en medidas de 4.24m y 6.10m dentro de las especificaciones de este se tiene que puede se puede tener un claro de 1.50m. El perfil p6/p8 viene en medidas de 3.29m, 4.24m, 6.10m. En el P6 se puede tener hasta un claro de 2.10m y en el p8 hasta 3m. El perfil p14 viene en medidas de 4m y 6.10m con un claro de hasta 7m.

Existen también lo que es el margen de los voladizos, que son el espacio que puede existir como máximo de donde termina el travesaño hasta la orilla del módulo fotovoltaico estos al igual que los claros varían según el perfil que se use, el p4 tiene como margen 50 cm, el p6 tiene como margen 70cm, el p8 tiene como margen 1m y el p14 tiene como margen 1.20m. Todos estos son rangos máximos que se tienen dentro de la nom 001-sede-2012.

Para la colocación de los módulos fotovoltaicos nos tenemos que asegurar que la estructura esta fija en su totalidad ya que de lo contrario podría desestabilizarse y caer como consecuencia, después sobre el travesaño se ingresan tornillos tipo de T de 2” a una altura que este considerable para sostener el panel y que este quede fijo de 2 puntos diferentes del módulo fotovoltaico asegurando la estabilidad, estos tornillos deben ser ingresados aproximadamente a 20 cm hacia dentro del travesaño.

Dentro de la colocación del módulo fotovoltaico existen consideraciones las cuales se deben tomar en cuenta para una buena colocación y estabilidad en la estructura en cuanto a la consideración de los travesaños, se debe coman en cuenta que el panel debe estar con un volado de 5 cm, es decir el travesaño debe quedar más corto que el modulo solar para poder estabilizarlo bien del centro.

El otro aspecto sucede en el larguero al cual se le debe dejar después del panel 7 cm extra de perfil, se toma en cuenta este aspecto ya que en dado caso que se requiera un aumento en cuanto a paneles hablando a futuro, ya sea por una carga más pesada que se desee meter al hogar en un par de años, son 7 cm ya que el empalme que se pondría para poner la extensión

de los paneles no afectaría directamente a la estructura que ya existiera, ya que el empalme sujetaría a esa parte del perfil por la mitad lo cual son aproximadamente los 7 cm.

Existen 2 herramientas que ayudan a sostener al módulo fotovoltaico uno de ellos es la “End Clamp” que se coloca en la parte en la orilla de los módulos fotovoltaicos y estos llevan 4 por cada hilera de módulos solares que se coloquen, para que puedan ser distribuidos 2 de cada lado, y se colocan sobre el travesaño con un tornillo tipo T y con una tuerca flange, en ocasiones para no lastimar al cuerpo de la end clamp se le coloca una rondana.

La otra herramienta se le conoce como Mid clamp, esta significativa herramienta es la encargada de sostener el modulo solar, uno de otro, se debe tener el significativo cuidado ya que de no colocarlo bien se puede ir en una dirección incorrecta la postura del panel solar y por ende quedaría mal, es para este caso que se mete con anticipación un tornillo tipo T ya que para luego no tengamos inconveniente de meter las mid clamp y ya solo apretar con la tuerca flange

La potencia que se deben cubrir en el caso de esta residencia es de una potencia de 6.51 KW ya teniendo en cuenta que se realizó un historial de los recibos de luz y este es la potencia que se determinó de por lo que para este proyecto a desarrollar se usaran paneles de 310 watts los cuales conectados de cierta manera nos de los 6.51KW. Lo cual dentro del cálculo de $6.51\text{kw} / 310\text{ w}$ nos da como resultado que necesitamos 21 módulos fotovoltaicos.

Después de tener los cálculos necesarios como son la inclinación de los paneles, así como también el número de paneles solares, se puede comenzar a dibujar el hogar en el primer software.

Primeramente se ve en el diagrama de los espacios que existen en el techo de como poder distribuir los módulos fotovoltaicos sin interrumpir el espacio de los tragaluces, por lo que se hicieron diferentes propuestas primeramente estado los 21 paneles juntos pero todas las propuestas fueron rechazadas ya que se tapaban un par de los tragaluces los cuales era fundamental ya que pertenecían a una zona del baño.

Por tanto se determinó que los módulos fotovoltaicos quedaran distribuidos de la siguiente manera una estructura de 9 módulos fotovoltaicos que tendrá como medidas totales de 5.90m x 2.98m; se tendrán 2 estructuras de 3 módulos fotovoltaicos que tendrás como dimensiones de 1.96m x 2,96m; y se tendrá una última estructura de 6 módulos fotovoltaicos que tendrá unas dimensiones de 3.92m x 2.98m.

Ya que el cliente no tenía inconveniente en ocupar todo lo largo de su techo, por tanto era una gran opción, al igual que las medidas del techo permitía la instalación de la estructura, por tanto no había ningún problema en ese aspecto, una vez sabiendo el ángulo en el que quedaran los módulos fotovoltaicos se puede proceder a empezar a dibujar lo que es la estructura la cual queda de la siguiente manera:

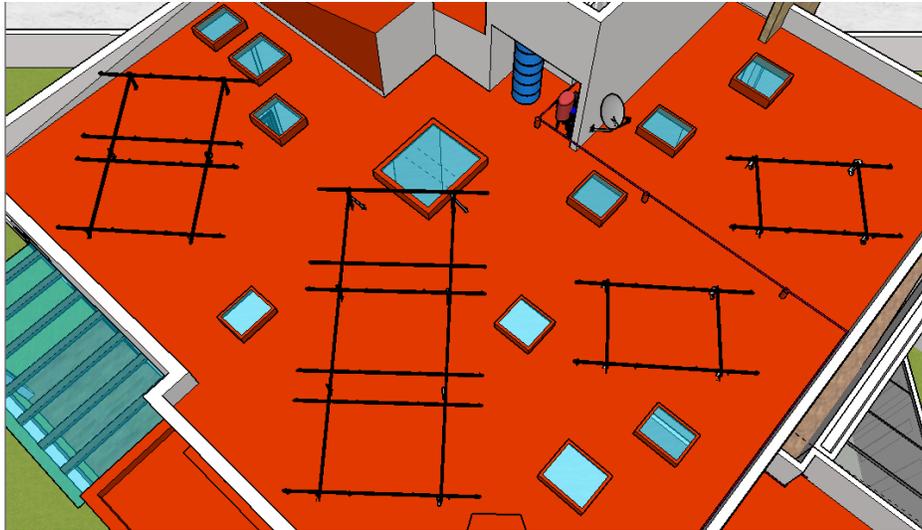


Fig.3.5 Estructura para montaje de paneles solares

Una vez dibujada la estructura se puede proceder a sacar las medidas de estos, para poder saber cuánto es lo que se va necesitar, es decir la cantidad de perfiles que se van a usar, como son estructuras muy cortas se podría hacer con perfiles P4 pero en este caso para agilizar la instalación se usara P6 ya que es lo que se encuentra en stock y ya que el P4 solo viene sobre pedido, por tanto con una herramienta llamada regla se usara para poder medir todas la estructuras. En el cual se tuvo un total de 70m aproximadamente.

Ya que la presentación del perfil P6 viene en medidas de 3.29, 4.42 y 6.10 se debe sacar cuentas de lo que es mejor usar para utilizar menos material y economizar lo que mas se pueda por lo que se determinó dentro de los cálculos que se necesitan 11 piezas de 6.10m y 1 pieza de 4.24m, con lo que aun sobrara aproximadamente 1m.pero es bueno dejar un margen de distancia por cualquier error.

Una vez teniendo la estructura levantada, se procede con montar los paneles para saber si va a quedar de la mejor manera montada ya con la inclinación de los módulos fotovoltaicos, lo cual podemos ver en la siguiente imagen:

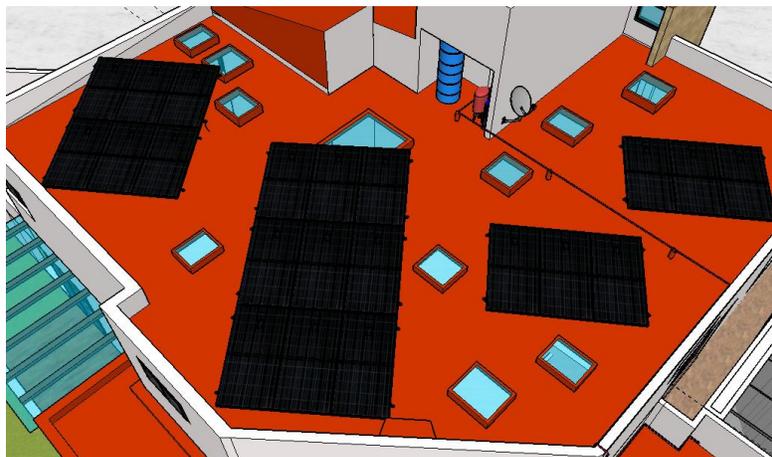


Fig.3.6 Montajes de los paneles solares

Los ángulos que están sujetos por las patas se pueden colocar la caja mistral que nos ayuda para poder hacer las conexiones así como también es donde se colocan los interruptores termo-magnéticos como las clemas para hacer las conexiones de las 2 fases, neutro y el cable de la tierra y a partir de ese punto bajar con el cableado hasta la zona donde se encuentra la siguiente protección.

El cable de tierra es sujeto por todo lo largo de la estructura ya que en caso de existir alguna de descarga que pueda afectar directamente a los módulos solares esto se descargaría en la estructura y no en los paneles solares, este cable de tierra es sujeto con un dispositivo llamado grounding lug (en español, toma de tierra) ya que por su diseño permite meter el cable de tierra y presionarlo con tan solo apretar el tornillo que contiene.

Como ya se había mencionado todas las estructuras y el cableado se tendrá tubería de 3/4" para ocultar las conexiones que se hagan entre las estructuras que estarán esparcidas por el techo, también con la finalidad de proteger al cable que tendrá el conexionado en general, se tiene como restricción que en la fachada de la casa no se pase ninguna tubería por lo que se debe ocultar por la orilla de la casa.

Una vez teniendo los módulos fotovoltaicos nos podemos dar cuenta que ningún módulo afecta a lo que son los tragaluces en ninguna de las zonas, por tal el objetivo se cumple de no interferir con ninguno de los tragaluces, después de estar aprobado se procede con colocar la ruta de canalización que estarán interconectado entre paneles con la tubería galvanizada de 3/4" y se usara como medios de conexión y de registro la caja legrand en casa estructura por lo cual se tuvo como resultado:

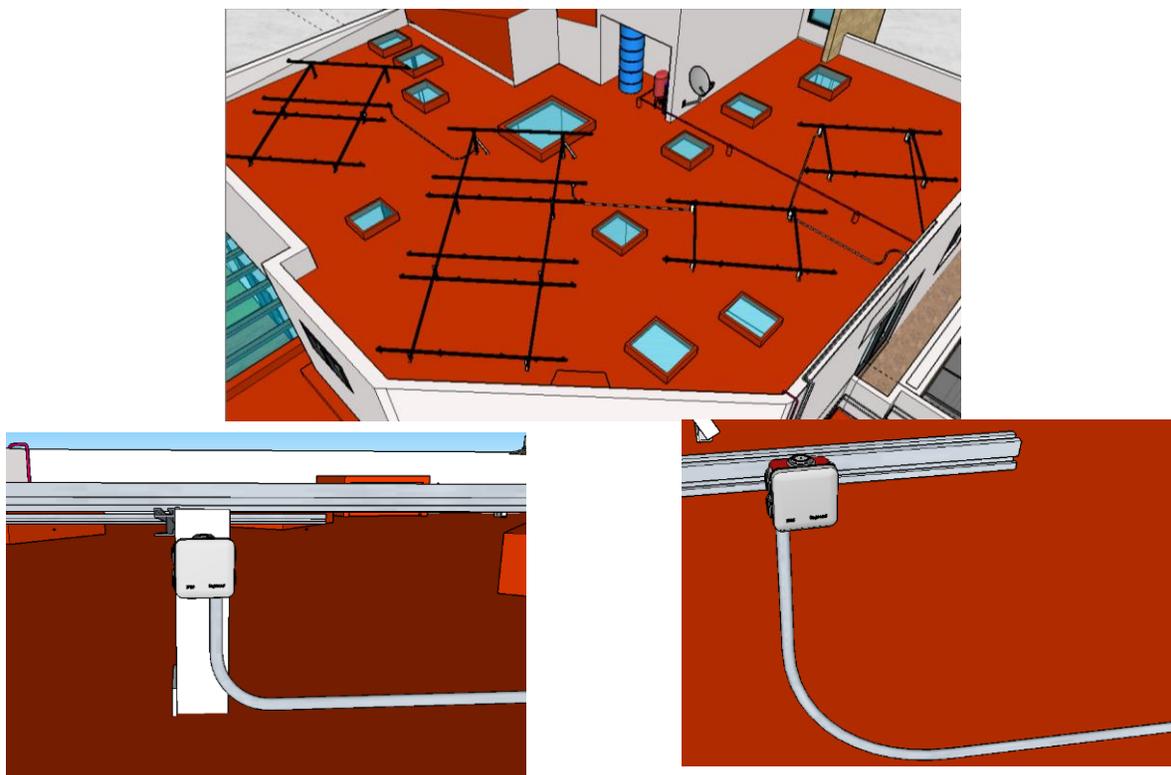


Fig.3.7 Conexión con tubería entre estructuras

Después de las conexiones entre paneles se plantea dibujar la ruta de canalización hacia el tablero general por lo cual se utiliza la herramienta “sígueme” para poder hacer la tubería, al igual se utilizan herramientas de imagen para representar tanto las cajas mistrales, el envoy e incluso el centro de carga que son simplemente representativas la cual quedo de la siguiente manera:

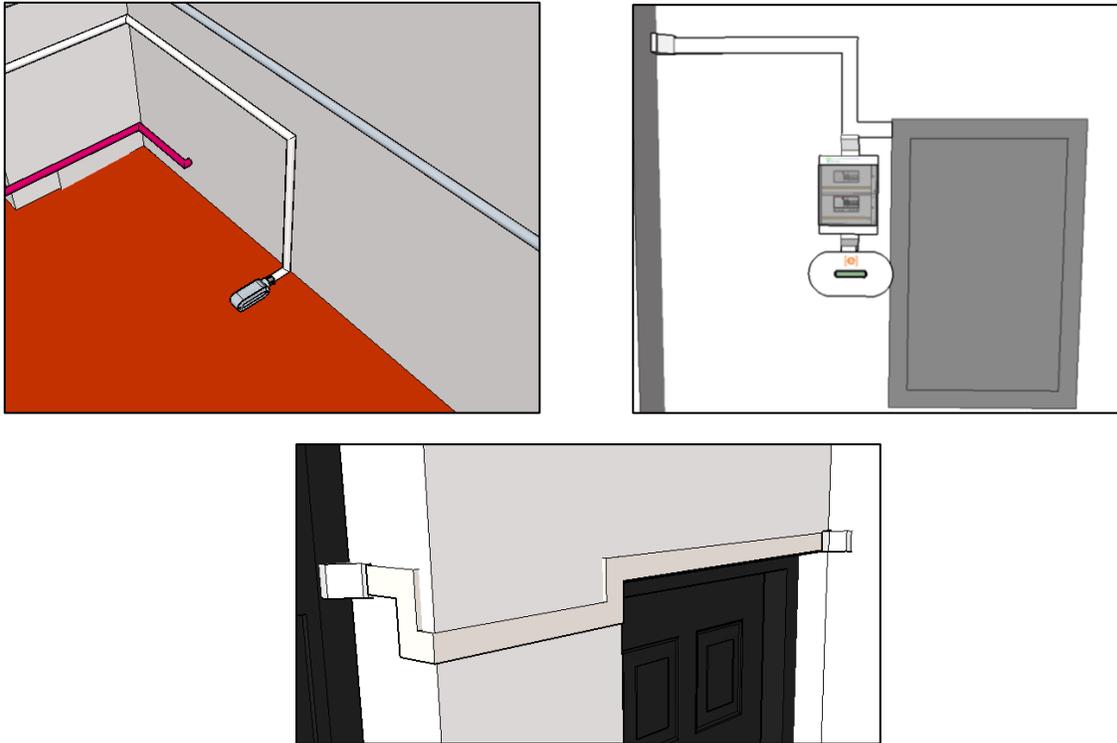


Fig.3.8 Propuesta de ruta de canalización

Se utilizan para poner la ruta de canalización en caso de los conocidos quiebres que no son más que los cambios de dirección que podría tomar la tubería, se hacen bayonetas los cuales permitas hacer estos cambios de dirección de igual forma en cambio de dirección que son de 90° se utilizan condulets dependiendo de hacia dónde es el cambio de dirección como son los LB, LR, LL entre otros.

Se debe tomar un cuidado especial en el cuidado de la casa ya que en caso de perforaciones se debe tomar en cuenta que en la pared no pase alguna tubería en donde puedan pasar cables eléctricos por lo que se usa un aparato electrónico llamado Tester el cual permite detectar si existe una circulación de corriente y en caso de encontrar una se enciende una serie de leds de color rojo, indicando un flujo de corriente existente, si no existe un flujo de corriente el detector encenderá una serie de leds de color azul en señal de aprobación.

Al igual existen detectores de metales o el tester que permiten identificar si hay metales que pasen a través de la pared ya que puede ser encontrado en distintos casos tuberías de gas que existan enterrado, los cuales si se llegaran a perforar sería un gran problema tanto con el cliente como con la capacidad de poder arreglarlo, ya que ha existido casos anteriores en los cuales se ha llegado a perforar y se ha tenido que escarbar para poder componerlo.

Después de hacer todas las conexiones en la parte de arriba se procede con llegar a la caja de protección que se ubicara lo más cercano posible en donde se encuentra el interruptor principal o el tablero general. Esta ruta se tiene que trazar cuidando la estética de la casa y más que nada cuidando la norma que por lo regular se encuentran tuberías de gas las cuales la norma nos dice que debe estar a más de 30 cm de distancia de cualquier tubería de gas que pueda existir.

Por lo que en la ruta se debe ir metiendo dobleces de tubería o ir metiendo condulets los cuales permitan evadir estas circunstancias que se puedan ir dando como ya se habia mencionado anteriormente, al mismo tiempo si se requiere algún registro, la empresa Elirmex maneja lo que son las cajas legrand las cuales permiten dejar ciertos registros a cierta distancia con tal de preveer ciertas conexiones o cruces que puedan existir entre los cables.

Esta tubería tiene la similitud que es de fácil manejo ya que existe una herramienta que permite hacer todos los dobleces como es el llamado “doblador”. Toda la ruta de tubería debe estar lo suficientemente anclada ya sea con una o dos abrazadera de uña u omega las cuales permitan la rápida y eficaz fijación que en este caso será al concreto, al igual que pijas del #8 que permiten una perforación estable.

En caso de requerir una unión de una tubería con un condulet, en ciertos casos se le tiene que sacar rosca a la tubería de 3/4 esto es posible con una herramienta llamada “tarraja”. La cual también nos sirve cuando se tiene que usar coples para alguna unión de las tuberías, cuando a veces es necesario recorrer algunas distancias considerables, en las cuales a veces se necesitan montar muchas más cajas legrand.

En algunos casos cuando se requiere recorrer la tubería por plafón, en lugar de pasar tubería galvanizada lo que se sugiere para un manejo fácil de material es usar tubería flexible que permite una fácil maniobrabilidad del material, no es demasiado estética y la empresa Elirmex la mayoría solo usa este tipo de tubería en ocasiones muy extremas, ya que como es un proceso de calidad los clientes se merecerían lo mejor.

En la mayoría de los casos se utiliza canaleta para poder entrar a la casa ya que por estética es mejor visto usar canaleta que entrar con la tubería galvanizada, para hacer este intercambio de tubería a canaleta, existe un accesorio el cual se llama: “Derivación tubería-canaleta” al cual tiene dos lados para hacerle la perforación y ya viene con medidas estándar para hacerle la ranuración de 1/2", 3/4", 1" que son las que más se usan.

A partir de entrar con canaleta existen diversos accesorios los cuales permiten facilitarnos la instalación ya sea por los cruces que puedan existir, los accesorios pueden ser. Pieza unión, que permite hacer la extensión de una canaleta con otra, sección L que permite hacer los cambios de dirección a 90°, sección T que permite hacer la conexión doble con el centro de carga y el sistema de monitoreo, entre otros accesorios también útiles.

Después de tener la conexión de la tubería de los paneles hasta la protección que se pone a un lado del centro de carga se tiene que dejar un espacio al lado o por debajo para introducir algo conocido como “envoy”. El envoy se conecta a 127 V es decir solo necesita una línea

de las cuales llevamos, el envío la función es estar monitoreando la instalación las 24 horas, a menos que se apague manualmente.

El envío monitorea toda la instalación en cuanto a la potencia que esta generando todo el sistema fotovoltaico, así como si todos los módulos fotovoltaicos estén funcionando correctamente o si en alguno de los módulos existe una pérdida ya sea por sombras o por alguna circunstancia el envío lo detectara y arrojará un error en la pantalla que este aparato tiene.

El envío debe ser colocado en una zona con buena señal WIFI ya que como se conecta a internet debe llegar buena cobertura de lo contrario se le colocará un wifi-stick o un PLC (por sus siglas en inglés Power Line Communication) esto con la intención ya que de cualquier manera el PLC manda resultados al momento a una plataforma a la cual tiene acceso tanto el cliente para ver qué le pasa a su sistema fotovoltaico en tiempo real como a la empresa.

A la empresa esto le funciona ya que en dado caso de estar apagado el sistema por alguna causa se le notificará de manera inmediata a la empresa para verificar que es lo que pasa y darle una solución de manera inmediata ya sea con una llamada o por de manera presencial, porque una de las mayores causas por lo general es que se les bota alguna de las pastillas o en realidad si es un problema más grave pero una de las ventajas del envío es que trae códigos los cuales sirven para identificar más rápido el error.

Una vez conectado el envío desde el interruptor principal o la pastilla general, la última conexión se hace hacia el medidor bidireccional el cual funciona durante el día producimos energía eléctrica con nuestros paneles solares fotovoltaicos, el medidor se encarga de calcular esta energía y restarla al consumo del servicio de luz. Cuando la energía resulta en excedente podemos utilizarla por la noche o en caso contrario de haber utilizado más energía de la producida, puedes volverte a conectar al servicio de la comisión de electricidad.

Este tipo de medidor, además de poder medir el consumo de energía eléctrica de la compañía girando en el sentido normal puede girar de manera contraria, haciendo posible que la CFE (Comisión Federal de Electricidad) reste a nuestro recibo la energía que estamos generando y sume a nuestro favor la energía de exceso, para poder visualizar en el recibo de luz CFE que efectivamente está llegando menor cantidad de dinero.

Cuando el cliente ya se encuentra conforme con su instalación se procede a entregarle una carpeta final especificando todos los aspectos que se le han hecho en la instalación, y guías con la funcionalidad de que cada herramienta, accesorio y aparato electrónico utilizado, lo cual da para que el cliente vea que es una instalación de calidad y que detrás de todo hay una planeación especialmente para la instalación de sus módulos fotovoltaicos

3.2 Descripción de los programas realizados y sus contenidos

En la realización del proyecto se designó un área en la cual se pudiera trabajar dentro de la ciudad de México, por cuestiones de confidencialidad de la empresa no se tiene permitido colocar ubicaciones exactas por lo consecuente se eligió la delegación Miguel Hidalgo,

CDMX. Para poder analizar el estudio de la eficiencia de los inversores y micro-inversores, así como también la implementación de un sistema fotovoltaico ideal para la residencia la cual se me fue asignada dentro de la misma delegación.

Para el alcance de este proyecto se tiene que tomar en consideración aspectos los cuales nos lleva a un análisis previo a instalar los módulos fotovoltaicos en algún lugar, estos aspectos cambian conforme al lugar en el cual se encuentra ubicada la casa estas condiciones a tomar en cuenta son: la insolación del lugar, orientación de los módulos, ángulo de inclinación de los módulos, sombreado, energía eléctrica requerida, requerimientos de espacio y el diseño.

La insolación del lugar corresponde en cuanto a medida que la radiación atraviesa la atmósfera terrestre y esta sufre una reacción en los procesos de absorción, reflexión y refracción. Estos procesos se identifican cuando los rayos de luz chocan con las nubes o con el vapor de agua existente en la atmósfera. Esta radiación cuando llega a la superficie terrestre se puede clasificar en directa y difusa.

La radiación directa es aquella que se recibe en la superficie terrestre sin que esta haya sufrido algún tipo de cambio en cuanto a los procesos ya mencionados al pasar por la atmósfera. La radiación difusa es la que se recibe después de haber sufrido algún tipo de cambio de dirección por los procesos de refracción y reflexión que ocurren en la atmósfera. Es decir por ejemplo en un día soleado o lluvioso los módulos fotovoltaicos solo recibirían radiación difusa lo cual perjudica a la generación de energía.

La energía de la radiación solar que se recibe en una superficie determinada en un instante dado se le conoce como Irradiancia y se mide en unidades de watts por metro cuadrado [W/m²]. La Irradiancia no es un valor fijo ya que por citar un ejemplo la irradiancia en un día despejado a las 9 am no será la misma que a las 12 pm esto se debe a los movimientos de rotación y traslación que tiene la tierra y esto da como resultado que en la noche se tenga una irradiancia de 0 Watts porque simplemente una parte del planeta está sin rayos solares los cuales puedan generar energía en los módulos fotovoltaicos.

La insolación por lo tanto es la energía radiante que incide en una superficie de área conocida en un intervalo de tiempo dado, lo cual en la empresa ELIRMEX esta comúnmente manejado como watts-hora por metro cuadrado [Wh/m²]. La energía útil que produce el arreglo fotovoltaico es directamente proporcional a la insolación que este recibe. A la cantidad de irradiación recibida a un módulo fotovoltaico durante un tiempo de una hora determinado es comúnmente llamado hora-pico.

La Orientación del Módulo

Otro parámetro que afecta radicalmente a la incidencia de la radiación sobre un módulo solar, este es el movimiento aparente del sol a lo largo del día y a lo largo del año. Se dice "aparente" porque en realidad la Tierra es la que está girando y no el Sol. Pero de igualmente es aparente ya que se puede tener un aproximado de como estarán los días pero a veces el clima no es como lo pintan. Ya que se puede programar días soleados pero en realidad amanece nublado

Las estaciones ocurren a medida que la Tierra, que tiene una inclinación sobre su eje, da una vuelta alrededor del Sol cada año. Es verano en el hemisferio que está inclinado hacia el Sol e invierno en el hemisferio que está inclinado lejos del Sol. A medida que la Tierra viaja alrededor del Sol, el hemisferio que está inclinado cerca o lejos del Sol cambia radicalmente lo cual afecta a los módulos solares.

Debido a que nosotros nos encontramos en el hemisferio Sur del Planeta y debido al ángulo de inclinación que la Tierra tiene hacia el Sol, el máximo de radiación solar es hacia la línea ecuatorial o hacia el hemisferio norte. Estando en el hemisferio norte este fenómeno es inverso y por lo tanto se deben orientar los paneles hacia el Sur, cuando se hace un previo levantamiento se debe indicar con flechas hacia donde está el norte y sur.

Se procede con obtener todos los cálculos que sean necesarios para la implementación del sistema fotovoltaico, como son inclinación del lugar, vista hacia el sur, perdidas por orientación de módulos y perdidas por sombreado, al igual de la capacidad de módulos fotovoltaicos que se pueden montar en el techo. Ya que de existir alguna ampliación hablando a futuro son cosas que se deben tomar en cuenta.

En este caso la proyección que se tiene hacia el sur, es decir hacia donde deben ir apuntando los módulos fotovoltaicos, no era ningún problema ya que no había obstáculos de sombreado los cuales pudieran interrumpir, por lo que el azimuth quedaría en los 0° ya que no va a existir ningún desvío hacia el sur o norte, el cual pueda afectar, por tanto para el cálculo de pérdidas por orientación de los módulos únicamente faltaría la latitud del lugar, que en caso de ciudad de México es de 19,38°.

Por lo tanto en el programa que se me proporciono para sacar las pérdidas por orientación de los módulos el cual está en un archivo de Excel tenemos entonces que existe una pérdida de: 0.117926667 el cual no es relativo ya que es una perdida aproximada en 0, por lo que podemos determinar que no existirán perdidas en cuanto a orientación como podemos ver en la realización del programa.

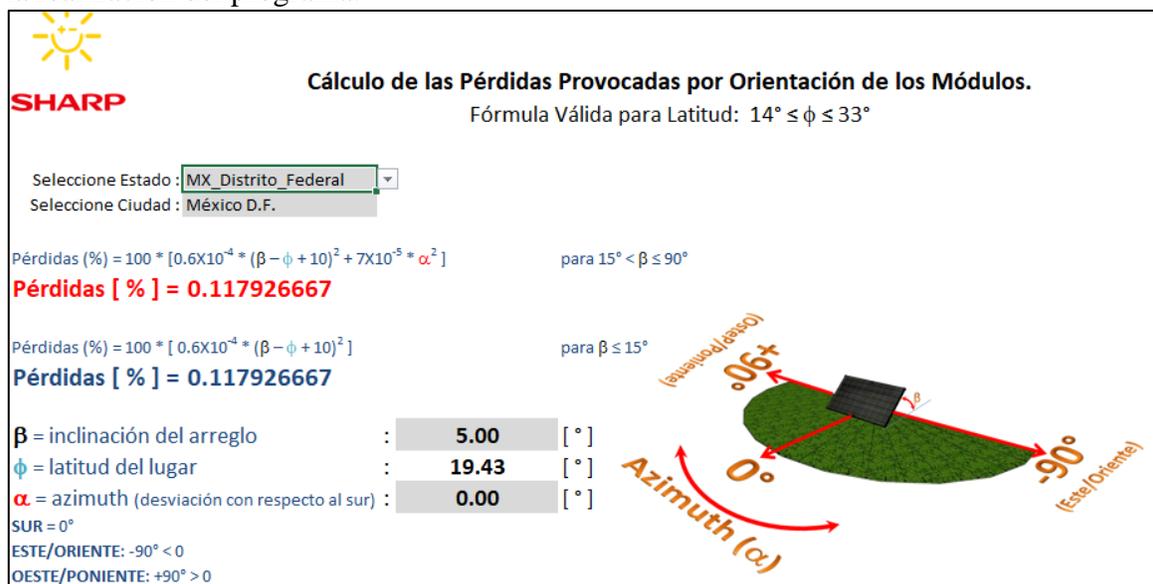


Fig.3.9 Cálculo de Perdidas por orientación

El programa está diseñado para cubrir todas las latitudes del territorio Mexicano, pero no de todas las ciudades ya que solo se ha actualizado en las ciudades donde se ha llegado a instalar. Conforme se van haciendo proyectos de fotovoltaica en nuevas ciudades este programa se va actualizando. Esta misma imagen es la que se incluye en la carpeta final solo como comprobación de que en el sistema no existirán pérdidas.

- Ángulo de Incidencia (inclinación del Módulo)

Un arreglo fotovoltaico recibe la máxima insolación cuando se mantiene apuntando directamente al Sol durante un tiempo que se considera oportuno que normalmente varía del horario a veces puede ser a las 12 del día y en ocasiones a las 11am. Al orientar los paneles solares hacia el Sur reciben más radiación solar durante todo el día y durante más tiempo así como también durante el año.

El Sol se mueve de este a oeste y se deberían dirigir los paneles en un ángulo perpendicular al Sol en su posición al medio día para aprovechar un máximo de Sol. Esto requeriría el ajuste de dos ángulos del arreglo: el azimut para seguir el movimiento diario del Sol de este a oeste, y el ángulo de elevación para seguir el movimiento anual de la trayectoria solar en la dirección norte-sur.

Los factores principales que afectan la insolación sobre una superficie captadora son las condiciones climáticas y el ángulo de la superficie captadora con respecto a la posición del Sol. En lugares donde los días nublados son relativamente más frecuentes, la insolación promedio es menor como lo es la ciudad de México.

Cuando la latitud del lugar sobrepasa los 15° , los días de invierno son apreciablemente más cortos que los días de verano. Esto resulta en una mayor insolación promedio en el verano. Esto ocurre en la zona que estamos investigando ya que se tiene una latitud de $19,38^\circ$ toda la información fue obtenida de tablas de diferentes regiones y épocas del año provenientes de varias fuentes.

- Sombreado

Uno de los principales factores que afectan el diseño y funcionamiento adecuado de un nuevo sistema Fotovoltaico es que esté libre de obstáculos que produzcan sombra en partes del sistema Fotovoltaico. Árboles, chimeneas, edificios adyacentes y otros salientes, son obstáculos bien conocidos que pueden conducir a pérdidas por sombra en sistemas Fotovoltaicos

El sitio que se elija para el montaje del sistema FV, ya sea sobre techos o en tierra, debe estar libre de sombras durante todo el día, o al menos, en su mayor parte. Es importante resaltar que aunque el área donde se instale el arreglo FV se encuentre libre de sombras a una cierta hora del día, en otro momento sí podría verse afectada ya que a veces se encuentran edificaciones al lado o atrás de los domicilios O incluso por árboles causantes de sombras.

La hora que más perjudica en cuestión a la sombra que se puede proyectar es a las 12pm ya que el sol se encuentra en el punto más alto y los rayos inciden sobre los paneles fotovoltaicos de tal manera que está en un aprovechamiento óptimo cercano al 100% y si existe una sombra la cual pueda perjudicar ese horario deberá tomarse en cuenta en cuestión de la ubicación de los módulos fotovoltaicos.

El problema es que las células Fotovoltaicas con sombra actúan como unas resistencias muy grandes, disipando la electricidad generada por las restantes, sin sombra. Esto genera alta temperatura en los módulos que tienen sombra en un sistema parcialmente sombreado. La mayoría de los fabricantes de módulos suministran sus productos con diodos de “bypass” (desvío).

Para evitar que un módulo total o parcialmente en sombra disipe la energía generada en otros módulos de la cadena. Los diodos de bypass protegen individualmente a cada panel de posibles daños ocasionados por sombras parciales impidiendo que cada módulo individualmente absorba corriente de otro de los módulos del grupo, si en uno o más módulos del grupo se produce una sombra.

Sin embargo, a fin de garantizar la eficiencia en el espacio, se debe evitar el sombreado desde las 8am a las 4pm, en lugar de todo el día desde el amanecer hasta el atardecer. Es por eso que en estos casos al momento de hacer un previo levantamiento en el domicilio del cliente se debe tomar en cuenta las distancias, así como también las posibles sombras que se pudieran proyectar durante el día y tener un estimado de los límites de las distancias en cuanto a la generación de sombras por edificaciones, árboles, tanques de agua, que son las cosas más comunes que nos podemos encontrar en un domicilio.

Quiero hacer un apartado aquí ya que me he percatado que el cuidado del medio ambiente es un aspecto que la empresa cuida mucho, a la misma forma que trata de dar a conocer los beneficios de un proyecto fotovoltaico también tratan de despertar un interés por el cuidado del medio ambiente ya que también dan a conocer en que ayudan instalando los paneles solares como son: lo que equivale a plantar árboles o la circulación de un automóvil.

Esto es un aspecto significativo ya que el apoyo al medio ambiente es un buen aspecto de calidad para la empresa y para la vida misma, ya que damos algo al planeta de tantos recursos que nosotros los seres humanos le hemos quitado, con lo que es tala de árboles, contaminación eléctrica, este ejemplo de la imagen anterior es el reflejo de un trabajo que se tiene de investigación desde hace años.

Se hace un previo levantamiento del domicilio que se puede observar desde Google maps dentro de la delegación miguel hidalgo, en el cual se puede hacer una propuesta bizarra la cual nos permita tratar de ver si la instalación de los módulos fotovoltaicos es viable, esto se hace con la finalidad de que cuando se llegue a la casa del cliente no se llegue con nada de información sobre su casa

Se corrió con la fortuna que el domicilio se encontraba dentro de un terreno grande, el cual el problema de vecinos con fachada más alta o edificaciones más altas quedaban automáticamente descartadas, el problema que podría existir en este caso era el de un árbol

en proceso de crecimiento pero el cual se nos fue indicado que en caso de crecer aún más se podría cortar a tal manera que quedara a la misma altura que los módulos fotovoltaicos.

Este mismo problema del sombreado de la casa se puede analizar a través del software que maneja la empresa, por cuestiones de confidencialidad no puedo mencionar el nombre del software, pero si representarlo en algunas imágenes, este software se puede explotar de muchas maneras que ya iré mencionando a lo largo del reporte, en donde se ha podido implementar.

Una de las virtudes de este software es que una vez dibujada la casa en un plano tridimensional, se puede hacer uso de una herramienta llamada sombra, el cual permite observar como con el paso de las horas del día se va proyectando la sombra en todo el contorno del techo, este a su vez nos va beneficiando en tener el conocimiento de las horas en que será beneficiado de manera directa los rayos del sol a los módulos fotovoltaicos.

Pero esto no es lo único que se puede realizar con la herramienta sombra sino que también se puede proyectar hacia todos los meses es decir de enero a diciembre nosotros podemos poner el mes en que se quiere analizar la proyección de sombra ya que existen meses donde el sol se encuentra en posiciones que no ayuda a una eficiencia del 100% a los módulos fotovoltaicos esto debido a los movimientos de la tierra se tiene, y donde hay un mayor desaprovechamiento es en el mes de diciembre que más adelante se responderá el porqué.

En esta se puede notar que la residencia ya está ubicada hacia el sur y lo que prosigue es hacer el estudio de sombra, pero como en este caso no existen edificación a los lado ni ninguna construcción que pueda proyectar una sombra no se podrá proyectar nada por lo que únicamente mostrare la herramienta que se debe usar que esta de la siguiente forma en la cual se puede modificar tanto en el día como en la hora e incluso el mes:

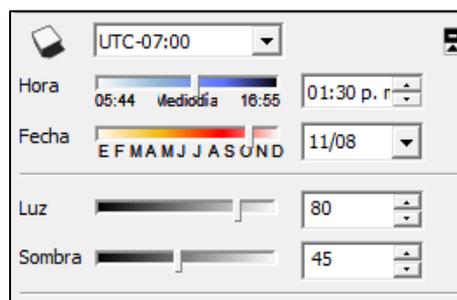


Fig.3.10 Configuración para movimiento de sombras

Interdistancia Mínima entre Módulos para Evitar el Sombreado

Para evitar el sombreado entre módulos, debemos determinar la distancia mínima entre las filas del arreglo FV evitando la afectación de los picos de sombra durante el solsticio de invierno alrededor de Diciembre 21 en el hemisferio norte o Junio 21 en el hemisferio sur, de modo que si cada arreglo está libre de la sombra del siguiente en cada periodo, no debería ser un problema en el resto del año.

Si el área disponible para la ubicación del arreglo fotovoltaico es limitada, se pueden elegir módulos de alta eficiencia (monocristalinos o policristalinos), en este caso se eligieron los módulos policristalinos ya que por sus medidas que son de aproximadamente 1 metro de ancho por 2 metros de largo en el momento de sacar el levantamiento se puede percatar que son medidas más exactas que se pueden ocupar. Ya que el techo cuenta con demasiados tragaluces.

Por lo que la opción más viable era separar y distribuir los módulos solares por el techo, así como también tomando en cuenta que en un futuro se pudiera tener una ampliación en el sistema fotovoltaico, esto se le fue comentado al cliente el cual no tenía ningún problema con la distribución de los módulos, lo único que se nos fue indicado era que el sistema fotovoltaico no tuviera visibilidad desde la calle ya que por estética tanto de la casa como de la residencia donde se encontraba dicho hogar era en definitiva lujoso.

La solución para este tipo de casos se tiene que hacer un previo levantamiento en un software el cual permite observar el comportamiento de lo antes visto como son las sombras que se pueden proyectar alrededor de la casa, pero a su vez este mismo software lo que puede hacer es dimensionar la casa por completo, es decir se puede montar sobre un plano en 3D y dibujar la casa por completo, teniendo en cuenta todos los detalles alrededor del hogar.

Dentro de este mismo dibujo 3D previamente también en la visita se toma en cuenta aspectos los cuales puedan afectar a la postura de los módulos solares como son por ejemplo y de los más comunes en las casas: tragaluces, tubería PVC, tanques de agua, varillas salientes, o algún otro tipo de dificultad como antenas de satélite, todo esto se debe tomar en cuenta al momento del levantamiento, así como también tomar medidas de la ubicación exacta de este tipo de cosas.

Esto se realiza con el objetivo de sacarle el mayor provecho al sistema fotovoltaico y que no tenga ningún tipo de dificultades a largo plazo porque un valor que siempre enseña la empresa es pensar en el futuro, esto se refiere a que como la garantía de la instalación se proyecta a 25 años, nosotros como instaladores debemos ver si por ejemplo un árbol viene creciendo a cuantos años aproximadamente puede crear un problema con la sombra que va a proyectar.

Dentro del software una vez teniendo dibujada la casa existe una herramienta llamada geolocalización la cual se vincula con lo que es el mapa de la región, se busca la ubicación del domicilio y se plasma la región donde está ubicada la residencia, una vez ubicándola se toma una captura la cual es llevada por debajo del dibujo 3D de la casa y ya con este último paso nosotros podremos ubicar hacia el sur los módulos fotovoltaicos. Y proceder con el estudio de sombras.

Una vez terminada tanto la ruta de canalización como la instalación de los módulos fotovoltaicos se procede con el último paso del primer software que es la geolocalización de la casa esto es con tal de ver el estudio de sombras que se tiene, que cuenta como un requisito, aunque no se tenga sombras cercanas en los módulos. La geolocalización, queda de la siguiente manera:



Fig.3.11 Geolocalización de la residencia

El software a su vez permite que puedas dibujar o descargar una imagen 3D y plasmarlo sobre el mismo proyecto, esto es con la intención de plantear al cliente un trabajo de ingeniería en el cual descubren la calidad con la que se realiza, todos los detalles cuentan y se trata de plasmar todo lo del exterior de la casa, entonces gracias a este software plasmamos la altura de la casa y desde abajo podemos plantear si se tendría una visibilidad de los paneles desde ese Angulo.

Así mismo en el software se plasma opciones de ruta de canalización en el cual son de 2 a 3 propuestas de ruta para que el cliente tenga más opciones de elegir lo que más le guste, ya que cada cliente es diferente y en cuanto a estética y presupuesto es lo que más les convenga. Por tato se trazan varias rutas para esto dentro del programa existe una herramienta llamada “sígueme” la cual permite dibujar una línea y dentro de esa se selecciona se aprieta la herramienta y automáticamente la vuelve un cilindro haciendo la apariencia de una tubería.

Otra herramienta importante por conocer es la de obstruir ya que, por ejemplo se dibuja un cuadrado y la herramienta obstruir nos permite hacer de este cuadro un plano tridimensional haciendo más fácil lo que es el dibujo de la casa. Y dentro de ese prima cuadro que quedaría se puede dibujar otro cuadro y obstruirlo de la misma forma, y así poder infinidad de figuras en 3D.

Este software dentro de la industria fotovoltaica e incluso industrial es muy conocida ya que no únicamente se puede modelar casas en 3D si no también edificios, paisajes, escenarios, mobiliario cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante. Diseñado con el objetivo de que pudiera usarse de una manera intuitiva y flexible. El programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar.

Una de las ventajas es que este software está en una versión libre, por lo tanto es una herramienta para modelar 3D, ampliamente difundida, siendo utilizada por profesionales del diseño como arquitectos, diseñadores de interiores escenógrafos etc. Por su gran facilidad de instalación y manejo ya que fácilmente se puede exportar o importar en formatos

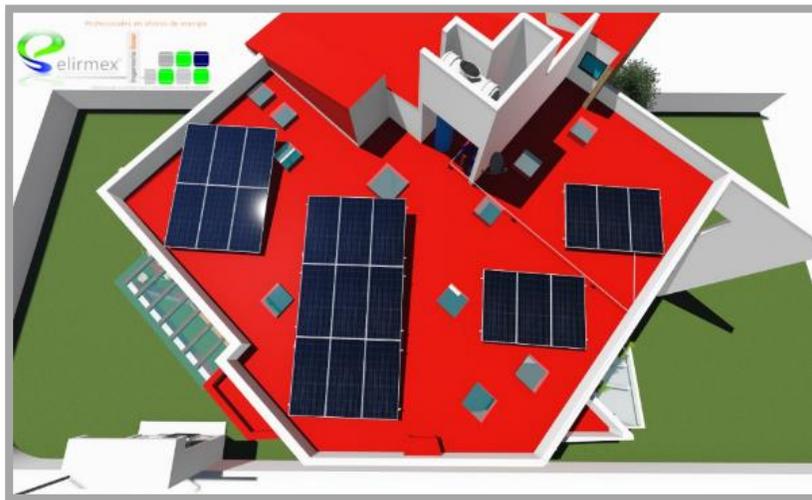
conocidos como PDF, CAD 2D y 3D, JPEG, entre otros. La versión más actualizada es la 17.0.18899 y su fecha de lanzamiento es este 2017.

Para una mejor presentación de la casa se utiliza otro software el cual permite modificar partes del primero, ya sea para ser correcciones o sobrescribir lo hecho en el primer software pero con una realidad que ante al ojo del ser humano es mucho más significativa ya que este segundo software se puede hacer animación de los sucesos que están pasando alrededor de la casa como son: fuentes de agua, movimientos de las nubes, entre otras cosas, esto con tal de cuidar la estética de la proyección y distribución de los módulos fotovoltaicos alrededor de la casa.

A su vez este segundo software permite que dale contorno y textura a la casa como son los aspectos de la fachada ya sea que sea de concreto, azulejo, madera entre otros. También cambiar el color que más tenga coincidencia con la residencia, después de todo este largo proceso de dibujado y acabados se capturan imágenes de lo ya dibujado a estas imágenes dentro de lo que conforma una ingeniera de sistema fotovoltaico se le llama: renders.

Estos renders son imágenes digitales específicas que conforman partes de lugares de la casa cuyo objetivo es dar una apariencia realista desde cualquier perspectiva del modelo del hogar, esto función ya que el programa está calculando diferentes situaciones y propiedades de los objetos 3D como el color, textura y rugosidad de su superficie, entre otros. Esto lo hace por medio de cálculos físicos como reflexión, refracción, Oclusión, dispersión, cáusticas, etc. los cuales generan que se vayan ordenando los pixeles de forma que aparentan una imagen real.

Es parte de nuestra responsabilidad como residentes de Elirmex y como diseñadores de la ingeniería que se realiza en la empresa ser observadores minuciosos del comportamiento natural de la luz sobre las diferentes superficies y circunstancias del ambiente, para poder así reproducirlas con la mayor precisión posible en el software para dar la mejor impresión en modelo 3D.



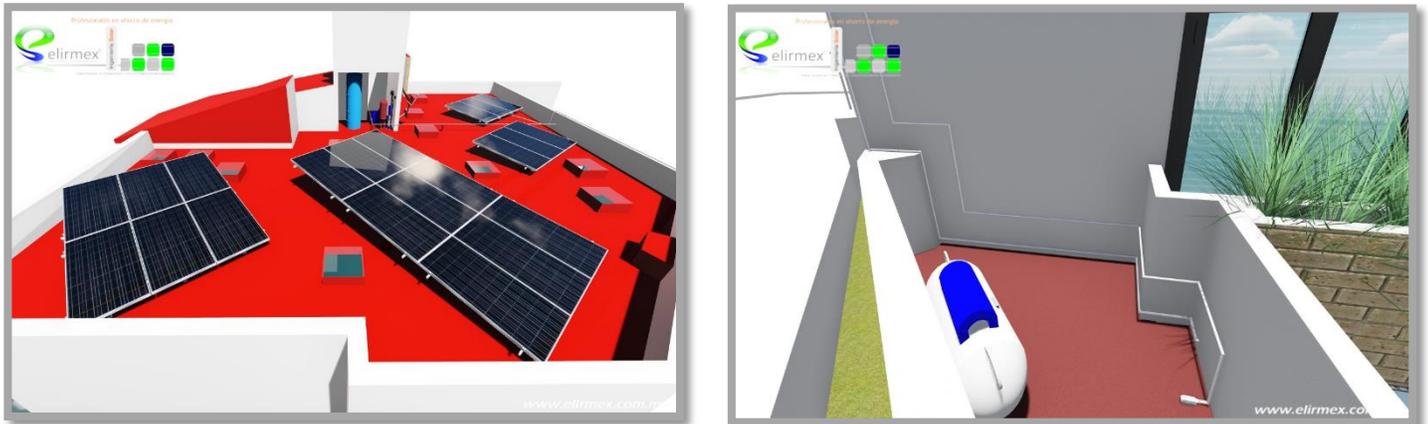


Fig.3.12 Renders de la residencia

Después del proceso de renderización se continua con la presentación de un video que no es más que las imágenes que se sacaron de los renders vuelta una película para poder ser presentadas al cliente del mismo modos, en esta película se le da un seguimiento a todo alrededor de la casa y también siendo enfocados los módulos fotovoltaicos. Para que el cliente vea de manera general y en todas las vistas de qué manera quedarían los módulos.

Otro programa usado es Excel el cual se tiene una programación determinada para obtener los cálculos de las pérdidas provocadas por orientación de los módulos, en los cuales involucra datos como el azimut que es el ángulo horizontal formado por el norte o el sur y la línea de referencia lo cual lo preferible es que se 0° , la inclinación del arreglo y la latitud del lugar que dependiendo del lugar es diferente.

Este es el proceso final antes de iniciar una instalación en el domicilio, una vez terminada la instalación no queda hasta ahí el proceso, si no que parte de las políticas de la empresa Elirmex es darle al cliente un informe final de todo lo que se ha hecho en su domicilio esta carpeta es hecha en otro software el cual permite editar el tipo de letra, el tamaño de la misma tamaño de imágenes, entre otras cosas.

Dentro de esta carpeta contiene varios aspectos los cuales como primer punto comienza desde el cálculo que se ha seguido para determinar cuanta potencia debe generar los módulos fotovoltaicos para cubrir la demanda del hogar del cliente, esto se obtiene de todo el historial que se tiene de los anteriores recibos de CFE, al igual que se incluye la cotización de todo lo que se utilizó en materiales mano de obra, etc. Todo esto sucede en un primer archivo.

En el siguiente archivo y uno de los más importantes es donde se le explica al cliente todo lo hecho en la instalación y en la ingeniería, la carpeta se inicia con la información de referencia al cliente como es: Nombre del cliente, ubicación del hogar, fecha de entrega, no. de servicio de CFE, dentro de una pequeña introducción se tiene los beneficios del uso de las energías renovables.

Después de eso contiene lo que es el ahorro de energía que va a tener en su hogar, esto es estructurado en una tabla en la cual se le indica la generación que tendrá los módulos solares tanto por mes como por día y anualmente, esto se ve reflejado de igual manera gráficamente, de igual forma se le indica al cliente de manera ilustrativa mediante 3 imágenes y una tabla la contribución al medio ambiente.

Condiciones par: Tacubaya México, D.F.

Mes	[kWh / m2]	Dias	SFV-kWh/mes	kWh/dia
ENERO	4.4	31	818	26.40
FEBRERO	5.2	28	874	31.20
MARZO	5.8	31	1,079	34.80
ABRIL	5.8	30	1,044	34.80
MAYO	5.7	31	1,060	34.20
JUNIO	5.1	30	918	30.60
JULIO	4.9	31	911	29.40
AGOSTO	4.9	31	911	29.40
SEPTIEMBRE	4.7	30	846	28.20
OCTUBRE	4.4	31	818	26.40
NOVIEMBRE	4.2	30	756	25.20
DICIEMBRE	3.8	31	707	22.80
Promedios	4.91		895.19	29.45
kWh/prom bimestral			1,790.39	
kWh/anual			10,742.31	

Tabla.3.1 Tabla de Generación del SFV

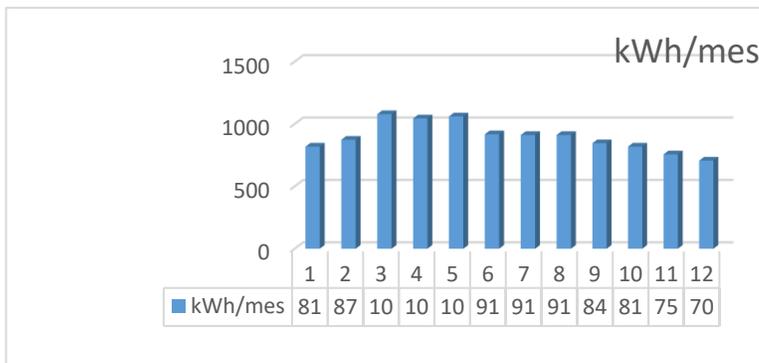


Fig.3.13 Balance del ahorro de energía anual

En hojas siguientes se le anexan varias imágenes las cuales son sacadas de las imágenes de los renders, en las cuales debe representar 3 aspectos importantes, el primero de ellos es imágenes de la casa vista en distintos puntos esto con la intención de representar que los módulos fotovoltaicos en ningún punto visto desde la calle no existe visualización de cada uno de ellos.

El segundo aspecto es la ruta de tubería que se siguió desde los módulos fotovoltaicos hasta la conexión con el centro de carga, esto representara ante al cliente lo real con la propuesta que se le hizo y la intención es que se dé cuenta de la autenticidad del proyecto. El tercer aspecto es el de los módulos solares, resaltar la belleza y la estética que se tuvo, la alineación de los paneles así como también de la dirección de los mismos.

Se continúa con algunos diagramas el primero de ellos, es un diagrama general que es ilustrado con algunas imágenes el cual representa la conectividad que existió en el domicilio que llega desde los módulos fotovoltaicos, micro-inversores/inversor central, protecciones, y se culmina con el medidor bidireccional, es un diagrama el cual para mayor visualización se desglosa en imágenes.

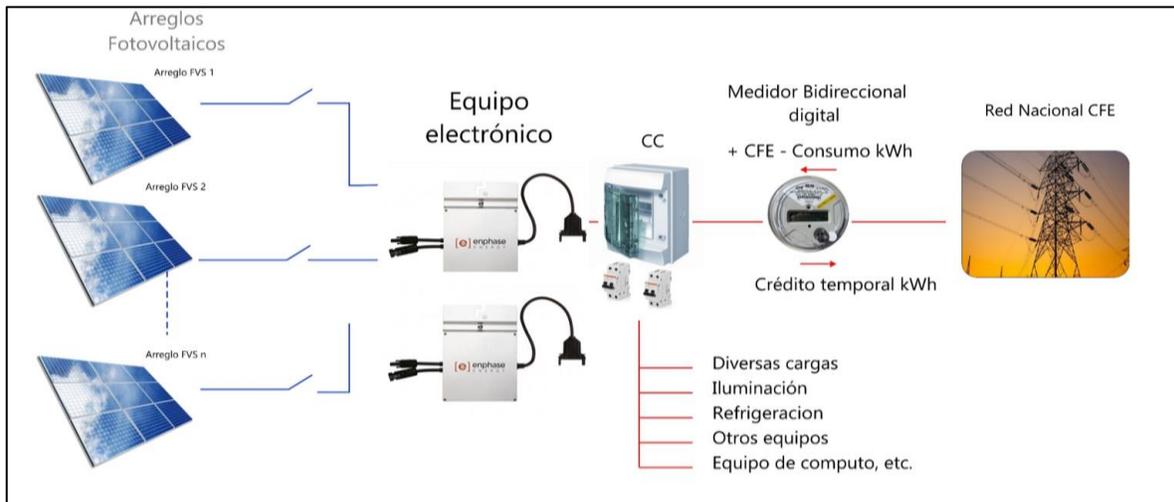


Fig.3.14 Diagrama de conexión general de un SFV

El otro diagrama es el eléctrico en el cual permite de manera detallada ver las conexiones que se realizaron, cada diagrama eléctrico es diferente por lo cual el desarrollo en cada casa es diferente, en este diagrama se ve de manera ilustrativa y con colores las fases, el neutro, la tierra, las conexiones en DC y en CA, al igual en las conexión con las protecciones y el envío y posteriormente con el tablero general de la casa.

Se realiza un diagrama eléctrico en el cual se puede representar todo lo que se va a realizar así como las conexiones a realizar.

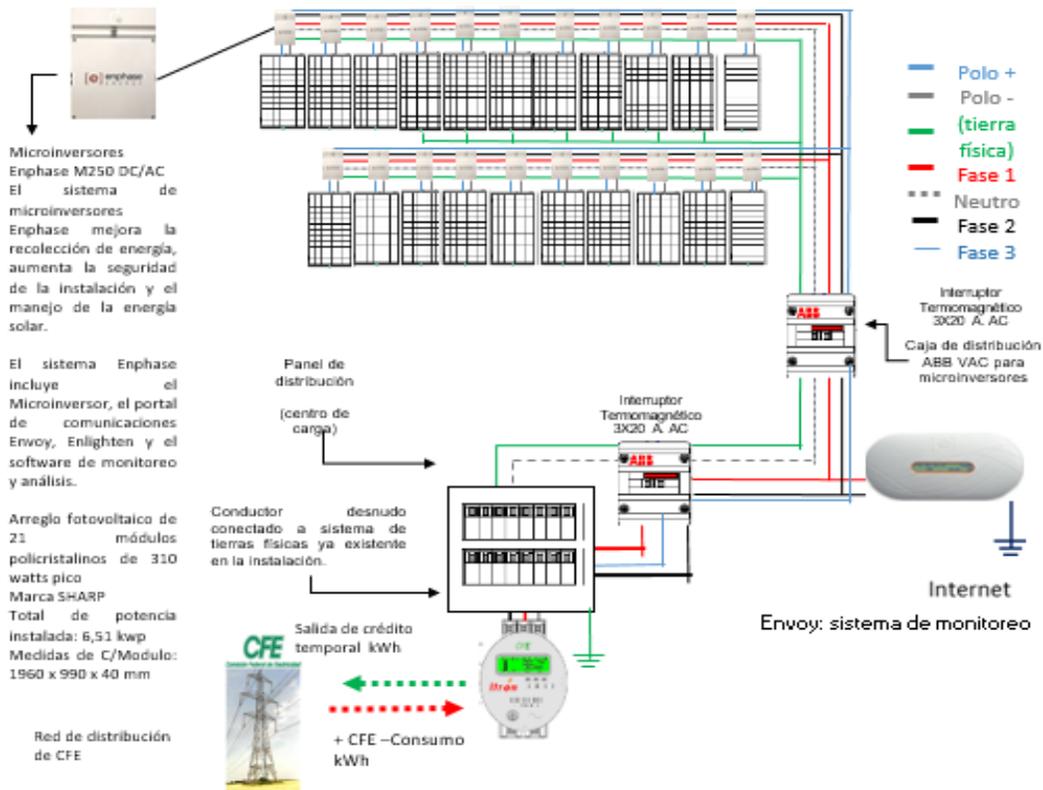


Fig.3.15 Diagrama eléctrico de conexión de un SFV

Dentro de la carpeta de igual forma se representan las medidas de los arreglos que se hicieron, en cuanto a los metros de cada uno de los arreglos, esto con tal de mostrar la superficie total de lo que se ocupó en el techo, de cómo tuvieron que ser distribuidos los paneles en base a las proporciones del techo que se tiene, para de igual forma no interrumpir con los tragaluces que se tiene en este caso.

Otro aspecto en la carpeta es el resumen fotográfico, ya que permite visualizar lo que se instaló, tanto de ubicación, orden, limpieza, en este también refleja la alineación de los módulos fotovoltaicos ya que parece de fácil manejo pero hay consideraciones los cuales es de tomar en cuenta y que otras empresas no les interesa tanto, pero dentro de Elirmex es un detalle muy importante.

Una vez que es autorizado tanto la propuesta de la ingeniería, así como también la cotización que es entregada de parte del área de ventas, se procede a agendar la instalación y una vez llegada la fecha se prosigue a llamar al cliente para poder comenzar. La instalación comienza con la subida de material y se procede con el montaje de la estructura:



Fig.3.16 Fotografías de montaje de estructura

Esta estructura es P6 y son unidas una con otro con un accesorio de PLP llamado “braket” el cual es apretado con tornillos tipo “T” de 1” y con tuercas flange como lo podemos ver en la siguiente imagen:



Fig.3.17 Braket para unir Largueros con travesaños

Al igual que cada pata es sujeta con un tornillo de 1/4 x 2” introducidos en un taquete “z” y así es como se va formando la estructura:

Una montada la estructura se procede con montar los micro-inversores a cierta distancia en la cual quede por debajo de cada módulo fotovoltaico en la siguiente imagen se mostrara la comprobación:



Fig.3.18 Instalación de micro-inversores

De igual forma se les da las pólizas de garantía de los paneles por 25 años el cual solo pocas compañías lo dan y SHARP es una de las más importantes del país, al igual que una póliza de garantía de los materiales empleados que esta dado a 10 años ya que todo depende del cuidado que tenga el cliente, ya que los materiales como tubería o canaleta tienen una resistencia de muchos años.

Con la forma de llevar un control de lo que se instala con lo que llega al stock de la empresa, se le anexan los numero de serie de todos los módulos fotovoltaicos, así como también de los micro-inversores o inversor central que se use, y de igual forma de envío, esto es para el cliente pero es igual de beneficio para nosotros como empresa ya que nos permite llevar una limpieza y orden en el trabajo.

De igual manera con tal de que perdure más tiempo su sistema fotovoltaico como son los 25 años que se tienen programados, se le anexan algunas recomendaciones que seguir como por ejemplo: no desconectar por ningún motivo el sistema, o que se limpien los módulos solares con algún artículo de limpieza (como es el cloro o detergentes) ya que la empresa no se hace responsable si no se le da un buen uso al sistema fotovoltaico.

La empresa en la última hoja indica que el sistema puede bajar la entrega de potencia en un 20% pero hablando en 25 años por lo cual es un buen argumento al cual reconocer ya que casi ninguna empresa ofrece tanto tiempo de garantía en cuanto a su instalación, lo que reconoce a Elirmex como una empresa de calidad y entrega, ya que se diferencia de la competencia por tener todo un proceso de ingeniería antes de instalar ya que la competencia no lo tiene.

3.3 Descripción de las pruebas, correcciones y validación

Dentro de los archivos con los que ya se contaban, existen aproximadamente 500 instalaciones los cuales ya se tenía en una base de datos aspectos importantes y la facilidad que el área de ingeniería tenía la suficiente experiencia en cada una de las instalaciones, así que mi asesor me proporciono los archivos los cuales son de carácter confidencial para poder realizar la parte de estudio de mi proyecto que iba a desarrollar y así observar cada una de las instalaciones con las que se cuenta.

En cuanto al estudio del micro-inversor se tiene que en las aproximadamente 500 instalaciones no se han tenido problemas con el micro-inversor e inversores en cuanto a su funcionamiento, en cuanto a la instalación existen inconvenientes los cuales pueden afectar a la conectividad. Como son la distancia del micro-inversor hasta el lugar donde se instala el envío.

Ya que pasando los 50m de distancia entre el micro-inversor y el envío se tiene problema al momento de reconocer el inversor que esté funcionando, ya que al parecer la señal del envío no llega a alcanzar ni reconocer los micro-inversores que siempre están más alejados del sitio, la forma de componer esta situación es ir con el inversor que no es detectado y medir para verificar si está entregando voltaje y corriente, una vez detectado esto, las opciones son acercar el envío o reiniciar la programación del envío hasta que encuentre el micro inversor.

De igual forma se han tenido problemas en algunas zonas de las playas ya que por la arena y humedad que existe se ha llegado al grado de tener problemas con los módulos solares como son quemaduras en la zona de conexión del panel o llegado a quebrar la parte del cristal del panel solar pero en cuestión del micro-inversor no se ha tenido reportes de fallas causadas por arena, calor o humedad existente.

Se tienen instalaciones en diferentes partes de la república por citar ejemplos como en: Puebla, Cuernavaca, Edo. De México, Cancún, Acapulco, entre otros. Y en ninguno se ha suscitado casos en los cuales se haya tenido problemas con los micro-inversores ya que los micro-inversores que utiliza la empresa ofrecen la tecnología más avanzada de inversor en el mercado, lo que significa a mayor producción, mayor confiabilidad e inteligencia inigualable. Por algo es de los más utilizados en cuanto a instalaciones fotovoltaicas.

Ya que cuando son instalaciones de pocos módulos (20 Max) se utilizan normalmente micro-inversores ya que a diferencia de los inversores centrales es que el sistema no se ve afectado por las sombras. Es decir si un panel es afectado por una sombra los demás paneles siguen trabajando. Si un panel está dañado todos los demás siguen trabajando. Se va a obtener el máximo de potencia de cada uno de los paneles. Al tener sistema de monitoreo se obtiene información de cada uno de los paneles fotovoltaicos, se puede detectar una falla fácilmente.

Los micro-inversores que aceptan la entrada de corriente continua a partir de dos paneles solares, en lugar de uno, son un desarrollo reciente. Llevan a cabo el seguimiento del punto de máxima potencia de forma independiente en cada panel conectado. Esto reduce el coste del equipo y convierte a los sistemas fotovoltaicos basados en micro-inversores comparables en coste con el uso de los inversores de cadenas.

Y es por eso que la garantía de los micro-inversores rondan entre los 20 y 30 años ya que son eficientes y de fácil conexión, ya que entre sus grandes ventajas es que el sistema se vuelve totalmente modular, se pueden instalar 1, 2 o 3 y dejarse preparados para crecer en el futuro. A parte de que por su diseño son pequeños y se pueden ajustar perfectamente abajo del panel y los cables son lo suficientemente largos para hacer las conexiones que se necesiten.

En cuanto a los inversores centrales es verdad que se tiene menos instalaciones comparándolas con los micro-inversores, una de las ventajas de los inversores centrales es que tienen capacidad para controlar cantidades altas de celdas solares dependiendo de la marca y la capacidad deseada. Su potencia está limitada a cierta cantidad de placas solares, en caso de querer aumentar la potencia se necesita tener otro inversor.

Y a diferencia de los micro-inversores es que cuando se requiera hacer alguna expansión el sistema se vuelve de capacidad limitada. Se puede considerar espacio para crecer en el futuro porque de lo contrario si no se hace en el futuro es complicado poder crecer. Los inversores centrales no requieren de un envío ya que el inversor cuenta con una pantalla LCD la cual es programada y desde ahí se monitorea.

Una de las desventajas es que si un solo panel es afectado por la sombra, el sistema estará trabajando con el panel que le suministre la menor potencia. Si un panel está dañado o está suministrando menor potencia todo el sistema trabajara al mínimo. Al monitorearse se puede

obtiene información del sistema completo y cualquier falla es difícil de detectar. La garantía de los inversores centrales puede rondar entre los 10 y 15 años.

En el estudio realizado solo se ha tenido problemas en una instalación realizada en Acapulco es una instalación la cual la denominare “la ventana” ya que se ha ido a revisión varias veces en el cual se ha determinado 2 cuestiones, la primera de ellas es que el clima no ayuda al inversor central, ya que en cuestiones el inversor trabaja a cierto voltaje nominal y los paneles al no enviar este voltaje el inversor no arrancara debido a esto, ya que como se ha visto mientras 1 panel tenga un rendimiento bajo todo el arreglo tendrá el mismo rendimiento.

Esto no es cuestión del arreglo si no de más un tema climatológico, ya que si no se llega al voltaje nominal del inversor este no arrancara ya que por su diseño y protección está programado de no arrancar hasta que se cumpla el voltaje nominal, y otro aspecto en el cual estaba fallando el sistema es que cuando se tiende el cableado a través de la tubería con que un tramo de cable se rasgue este hará tierra, por tanto el sistema nunca arrancara si se sigue teniendo tal problema, lo cual ya fue solucionado y solo aspecto climatológico queda en espera.

Se ha tenido otros arreglos con inversor central en el cual se tiene más de un inversor central y esto se debe tomar en cuenta ya que en el inversor central se debe tener el mismo número de arreglos ya que la potencia debe ser distribuida equitativamente en los inversores, para que la vida útil del inversor sea extendida, al igual que comúnmente en los inversores centrales se usan block de distribución para no llevar todo el cableado de los módulos fotovoltaicos al inversor y es mejor llevar un cable de calibre más grande.

Se tiene un historial muy grande en cuanto a instalaciones fotovoltaicas en la empresa ELIRMEX pero en la mayoría de los casos los errores existentes son provocados por el error humano ya que se tiene circunstancias como que el aislamiento del cable fue dañado que es una circunstancia muy común ya que cuando se introduce el cable usando las guías corre el riesgo que se pueda dañar al momento de jalar, ya sea por el condulet o la caja legrand.

Teniendo esto en cuenta existen muchas circunstancias, una mala conexión en las clemas, o incluso en los interruptores termo-magnéticos, o las puntas que en ocasiones se han dejado muy cortos en el tablero general y estos pueden llegar a soltarse, pero hablando en general son circunstancias humanas, ya que tanto los inversores centrales y micro-inversores cuentan con una alta eficiencia y un reflejo de esa alta eficiencia es la calidad del producto por lo años de garantía que ofrece el proveedor.

Antes de llevar un módulo solar al hogar donde se va instalar se hacen pruebas en la empresa como son las del voltaje que está entregando al igual que la corriente que entrega, cada módulo solar es probado, ya que se puede tener problemas ya instalando y no reconocer el fallo cuando en ocasiones ya es cuestión de defectos de fábrica, esto ha ocurrido en un par de ocasiones en los 10 años que lleva la empresa y se ha hablado con el proveedor de los módulos fotovoltaicos y no se ha tenido problemas en cuanto a los cambios.

En un primer levantamiento como se había comentado anteriormente se saca una imagen aproximada del techo del cliente y se dibuja de una manera bizarra de ubicaciones probables

donde podrían quedar los módulos fotovoltaicos, pero en ocasiones las imágenes que son pertenecientes a google maps están desactualizadas lo cual provoca que el dibujo previo al primer levantamiento no sea exacto.

Ya estando en el domicilio se tiene que hacer correcciones en cuanto al dibujo ya que en ocasiones cambia radicalmente de ubicación, por lo general es provocado por inclinaciones del techo o simplemente por antenas de televisión que se tienen en el área planeada donde podría encajar los paneles solares, estos son factores de corrección que se trabajan sobre la marcha de la planeación de la ingeniería.

E incluso se han tenido inconvenientes en cuanto a la planeación de la ingeniería ya que existen medidas del techo que a veces son muy ajustadas y cuando se llega al domicilio y se comienza a montar los módulos fotovoltaicos, nos damos cuenta que falta 10 o 20 cm por los cuales a veces afectan a la ubicación de los módulos fotovoltaicos por lo cual la cuadrilla de instalación debe tener el ingenio de corregir sobre la marcha.

Una vez instalado los módulos fotovoltaicos se comienza con las mediciones y unas de ellas son las pruebas de continuidad, esto como medida preventiva ya que los colores de los cables están bajo norma, y se tiene que los cables rojos son para fases, blanco para neutro y verde para tierra, por lo cual no debe crear una confusión pero de igual modo se hacen las pruebas por requisito.

Se prosigue con las pruebas dentro de las cajas mistrales, más específicamente en los interruptores de que el voltaje este llegando a la capacidad planeada, se hacen pruebas tanto en la caja mistral que se coloca en uno de los ángulos de la estructura del panel y pruebas en la caja mistral que es colocada a un lado del tablero general e igualmente en el envoy que este monitoreando los micro-inversores que se hayan instalado.

Lo anterior es cuando son micro-inversores, cuando se trata de un inversor central dentro de la caja mistral existen protecciones diferentes, las que se ponen cerca de los módulos solares son protección de CD que son calculadas de la corriente que entregara los módulos se multiplica por 1.5 y la siguiente caja mistral es la que se coloca después del inversor central la cual lleva protección de CA las cuales de la corriente que entregara se multiplica por 1.25 y esa es la protección que llevara o la más cercana a ella.

La validación de la instalación existe hasta el momento en el que el cliente está conforme con lo que ha visto tanto lo realizado en el primer software como en el segundo software ya que ahí se planea lo más cercano a la realidad toda la viabilidad de la instalación, el cliente tiene que realizar un primer pago el cual se llama de “ingeniería” para poder mostrarle todas las rutas viables de instalación cuidando la estética de su casa y según normativas por los ductos de gas que son los más comunes.

En ocasiones el cliente está en desconformidad cuando se le plantea una ruta el cual dañe su fachada ya sea por perforaciones o ranurados, es por eso que se le muestran de 2 a 3 propuestas diferentes hasta que tengamos esa aprobación por parte del cliente. Ya que en ocasiones igualmente el cliente puede solicitar una ruta de canalización pero en ocasiones no

es viable ya que hay muros donde atravesamos cables eléctricos o tuberías de gas, entre otras circunstancias las cuales deben ser explicadas al cliente.

Una vez aprobada cualquier trabajo de ingeniería se procede con la instalación, y una vez instalada el cliente comprueba que lo que compro de ingeniería tanto rutas de tubería como ubicación de la estructura ha quedado de la misma manera en la instalación y una vez conforme el cliente se procede a realizar el último pago de lo acordado.

4.- Resultados y Conclusiones

Los módulos fotovoltaicos son montados, así como al mismo tiempo la tubería que ira interconectándose entre cada arreglo de las estructuras con ayuda de la caja mistral o la caja legrand.



Fig.4.1 Instalación de módulos fotovoltaicos

Una vez terminado la instalación en el techo se procede con la ruta de tubería hasta llegar al centro de carga el cual se representan en las siguientes imágenes:

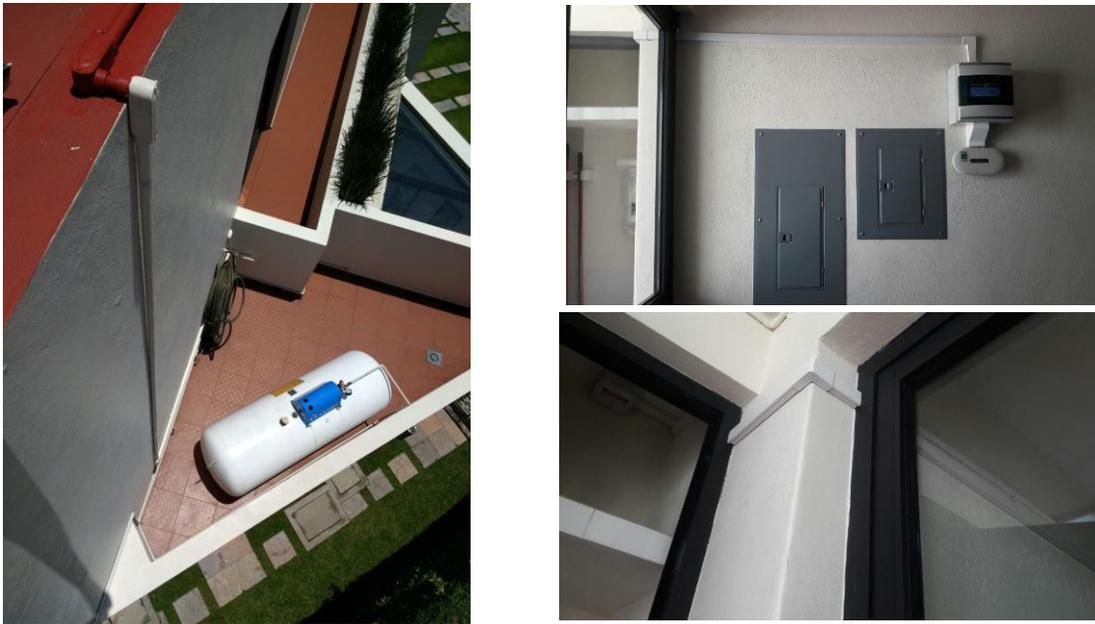


Fig.4.2 Instalación de ruta de canalización

Y por último es entregada la carpeta que se realiza en un tercer software, en el cual se incluyen todos los datos de la instalación hecha, así como también imágenes de comparativa de lo que se entregó con lo que se había planificado, cuestiones de garantía, número de serie entre otros. El cual la portada se representa de la siguiente de manera:

DEJA HUELLA
Disminuye tu huella de carbono
Aumenta la tuya

elirmex

¡Sin emitir a la atm!
kgCO₂

Ingeniería Solar

10 años
aniversario
Pioneros en México

Cliente: _____
 Costeación: _____
 Tipo tarifa: _____
 Fecha: _____
 Ubicación: _____
 Recibo CFE No.: _____
 Dirección: _____

fotovoltaico | bipv | residencial | comercial & industrial

Profesionales en integración con tecnología solar fotovoltaica, diseño e ingeniería, eficiencia energética, integración arquitectónica bipv, proyectos llave en mano

Pioneros en México desde 2007
www.elirmex.com.mx

Derechos reservados © -2007-2017 Elirmex, S.A. de C.V. Elirmex, S.A. de C.V. | Madrid No. 122 | Col. Del Carmen Del. Coyoacán | México, D.F. | Tel: +52 (55) 5861 0845 | www.elirmex.com.mx | Tel: +52 (55) 6234 1443 | info@elirmex.com.mx

Los micro-inversores de Enphase producen más energía que otras tecnologías ya que:

- Los micro-inversores funcionan de manera independiente, de tal forma que cada panel trabaja al máximo. Un panel sucio o en la sombra no afectará el resto del sistema.
- La tecnología en ráfagas permite a los micro-inversores producir más energía en el amanecer, atardecer y en condiciones de poca luz, durante todo un día solar.

Debido a que funcionan de manera independiente, los micro-inversores son esencialmente más confiables: Sin puntos únicos de falla en el sistema del micro-inversor. Además, estamos obsesionados con la calidad y nuestros productos la reflejan.

- Si un panel falla, no significa que los demás vayan a fallar.
- Los micro-inversores de Enphase pasan por la prueba de producto más rigurosa en la industria.
- Respaldan sus productos con las garantías más elevadas de la industria.

Los micro-inversores puede tener una vida útil de hasta 100 años teniendo los respectivos mantenimientos cada cierto tiempo, en la empresa se tienen mantenimientos cada año o dependiendo de las solicitudes del cliente

Un sistema de inversor en cadena solo puede trabajar de igual forma que lo hace su panel con el rendimiento más bajo. De tal forma que si la sombra o una pila de hojas obstaculizan el rendimiento de un panel, todos los demás paneles funcionarán con la misma capacidad reducida. Esto significa que cada pequeño obstáculo tiene un gran impacto en su producción de energía, y eso afecta sus ahorros potenciales.

Por lo que es sugerirle hacer instalaciones con inversor central cuando se tienen espacios abiertos y se esté seguro que no lo llegara sombra a ningún modulo solar ya que de lo contrario bajara el rendimiento de hasta un 50% en el cual no estará entregando la energía que debería entregar todo el sistema fotovoltaico. En un sistema de inversor en cadena hay mucha electricidad de alta tensión viajando progresivamente hacia su techo. Eso representa riesgos posibles para usted y sus instaladores, incluyendo fallas de arco e incendio ya que hasta 1000 voltios de CC en el techo y los micro-inversores no excederían los 60V en CC.

Por lo que dependiendo la planeación de la instalación se debe tomar en cuenta que tipo de arreglo fotovoltaico es mejor ya que en eso repercute la eficiencia que se vaya a tener en todo el sistema fotovoltaico.

En conclusión, la realización de un proyecto va más allá de simplemente una instalación si no que detrás de todo existe una planeación ya que sin ella no sería posible una instalación correcta ni adecuada, por lo cual es la parte de ingeniería que destaca la empresa ya que muchas empresas no lo tienen, al igual que todos los trabajos se hacen cuidando cada detalle como lo es la limpieza, estética, buenos materiales para usar, herramientas las cuales utilizar entre otros aspectos.

La realización del proyecto fue llevado a cabo mediante un orden y seguimiento, llevado lo más apegado al anteproyecto lo cual en la búsqueda de información siempre fue proporcionado el acceso a la base de datos de la empresa, ya que se requería ser empleado de la misma empresa para acceder a esa información, pero con las colaboraciones realizadas y la confianza que se brindó se pudo lograr esa búsqueda.

En este proyecto se observa que los objetivos y metas en cuestión laboral todos juegan un rol importante ya que cada uno asume cierta responsabilidad la cual permite crecer tanto como profesional y persona, ya que todos tienen un rol en dentro de la empresa el cual nos lleva a un mismo objetivo que es el crecimiento de la misma, que con esfuerzo y trabajo en equipo se puede llevar a grandes alcances poco a poco.

Se tienen alcances de proyectos muy grandes como son los públicos o industriales que permiten que la empresa se vaya dando a conocer mucho más con el paso de los años, este crecimiento ha representado un gran impacto en cuando a los trabajadores, ya que representa una oportunidad de crecimiento a corto plazo ya que la energía fotovoltaica ha crecido de una manera considerable en los últimos años.

La estructuración de los módulos fotovoltaicos se puede realizar de muchas formas pero en la empresa siempre se trabajó con los productos de mayor calidad en el mercado para que una vez instalado no se tengan problemas con ellos y así tengan una larga vida, y no tener la necesidad de volver en 1 o más años por dejar algo mal conectado o instalado dentro del largo proceso.

La experiencia que se consigue en la realización del proyecto y estudio del mismo da un margen el cual permite conocer y ampliar el conocimiento básico que se tiene ya que puede ser aplicado en diferentes instalaciones, pero esto no quiere decir que todas las instalaciones son iguales pero si permite decir que todas llevan un proceso de estructuración e ingeniería y siguiendo ciertas condiciones se puede alcanzar el objetivo en todas.

Bibliografía

[1] Rosas Iris Guevara González, es tal, uso de la energía solar en sustitución de gas licuado en áreas urbanas, programa universitario de energía y el instituto de investigaciones económicas de la UNAM, 1999, pág. 1. ~ 39 ~

[2] Comisión Federal de Electricidad, Programa De Obras E Inversión Del Sector Eléctrico 2007-2016, (2007). Recuperado de http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Lists/POISE%20documentos/Attachments/6/POISE20072016jun.pdf

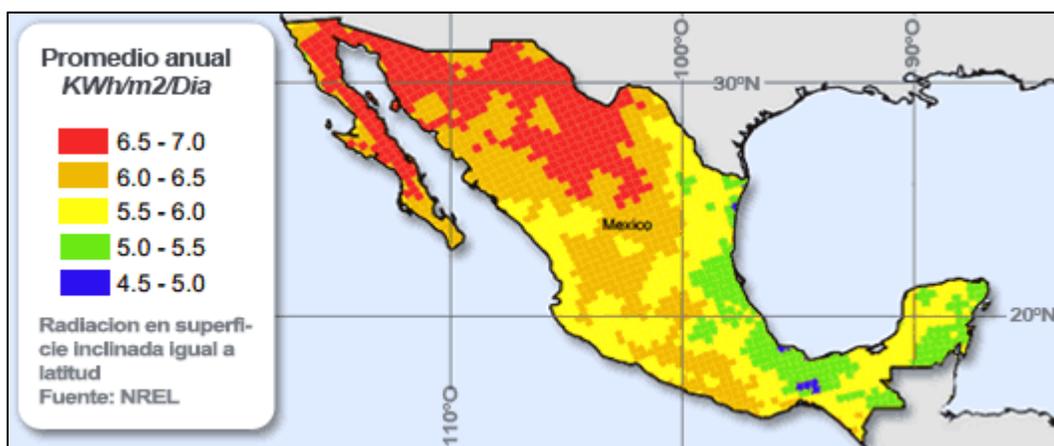
[3] Tomás Perales Benito, instalación de paneles solares térmicos, alfa omega, tercera edición 2008, pág. 9.

[4] Cornejo Lalupu H. A. (2013). Sistema Solar Fotovoltaico De Conexión A Red En El Centro Materno Infantil De La Universidad De Piura. (Tesis de Ingeniería, Universidad De Piura). Recuperado de http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1762/IME_172.pdf?sequence=1

- Sharp ¿Cómo Dimensionar Sistemas Solares Fotovoltaicos?.pdf
- Nom 001 SEDE 2012
- Ahmed, K. (2001) Renewable Energy Technologies

Anexos

Anexo A: promedio anual del KWH por zona en México



El azimut (o acimut; ambas grafías son válidas de acuerdo a la RAE) de una línea es el ángulo horizontal medido en el sentido de las manecillas del reloj a partir de un meridiano de

referencia. Lo más usual es medir el azimut desde el Norte (sea verdadero, magnético o arbitrario), pero en ocasiones se usa el Sur como referencia.

Anexo B: Hoja técnica del micro-inversor M250

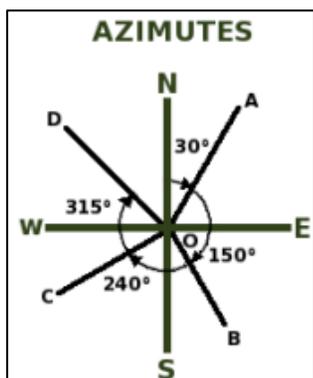
INPUT DATA (DC)	MODELS: M250-60-2LL-S22, M250-60-2LL-S25	MODELS: M250-72-2LL-S22, M250-72-2LL-S25
Commonly used module pairings ¹	210 - 350+ W	210 - 350+ W
Compatibility	60-cell PV modules	60-cell and 72-cell PV modules
Maximum input DC voltage	48 V	62 V
Peak power tracking voltage	27 V - 39 V	27 V - 48 V
Operating range	16 V - 48 V	16 V - 60V
Min/Max start voltage	22 V / 48 V	22 V / 48 V
Max DC short circuit current	15 A	15 A
OUTPUT DATA (AC)		
Peak output power	250 W	
Maximum continuous output power	240 W	
Nominal output current	1.15 A @ 208 VAC 1.0 A @ 240 VAC	
Nominal voltage/range	208 V / 183-229 V @ 208 VAC 240 V / 211-264 V @ 240 VAC	
Nominal frequency/range	60.0 / 57-61 Hz	
Extended frequency range ²	57-62.5 Hz	
Power factor	>0.95	
Maximum units per 20 A branch circuit	24 (three-phase 208 VAC) 16 (single phase 240 VAC)	
Maximum output fault current	850 mA rms for 6 cycles	
EFFICIENCY		
CEC weighted efficiency	96.5%	
Peak inverter efficiency	96.5%	
Static MPPT efficiency (weighted, reference EN50530)	99.4%	
Night time power consumption	65 mW max	
MECHANICAL DATA		
Ambient temperature range	-40°C to +65°C	
Dimensions (WxHxD)	171 mm x 173 mm x 30 mm (without mounting bracket)	
Weight	1.6 kg (3.4 lbs)	
Cooling	Natural convection - No fans	
Enclosure environmental rating	Outdoor - NEMA 6	
Connector type	MC4: M250-60-2LL-S22 and M250-72-2LL-S22 Amphenol H4: M250-60-2LL-S25 and M250-72-2LL-S25	

Anexo C: Tabla del azimuth

Los azimutes varían desde 0° hasta 360° y no se requiere indicar el cuadrante que ocupa la línea observada.

Al igual que con los rumbos es necesario conocer primero la ubicación del meridiano Norte – Sur de referencia y luego apuntar la visual hacia el punto final de la línea que se va a medir.

Para el caso de la figura mostrada a la izquierda, las mismas líneas para las que se había encontrado el rumbo tienen el siguiente azimut:



LÍNEA	AZIMUT
AO	30°
BO	150°
CO	240°
DO	315°

Anexo D: Hoja técnica del módulo fotovoltaico

Electrical data (at STC)									
		ND-R250A5	ND-R245A5	ND-R240A5	ND-R235A5	ND-R230A5	ND-R225A5	ND-R220A5	
Maximum power	P_{max}	250	245	240	235	230	225	220	W_p
Open-circuit voltage	V_{OC}	37.6	37.3	37.2	36.8	36.4	36.0	35.6	V
Short-circuit current	I_{SC}	8.68	8.62	8.57	8.49	8.41	8.33	8.25	A
Voltage at point of maximum power	V_{mpp}	30.9	30.7	30.4	30.3	30.3	30.2	30.0	V
Current at point of maximum power	I_{mpp}	8.10	7.99	7.90	7.76	7.61	7.46	7.35	A
Module efficiency	η_m	15.2	14.9	14.6	14.3	14.0	13.7	13.4	%
<small>STC = Standard Test Conditions: irradiance 1,000 W/m², AM 1.5, cell temperature 25 °C. Rated electrical characteristics are within ±10% of the indicated values of I_{SC}, V_{OC} and 0 to +5% of P_{max} (power measurement tolerance ±3%).</small>									
Electrical data (at NOCT)									
		ND-R250A5	ND-R245A5	ND-R240A5	ND-R235A5	ND-R230A5	ND-R225A5	ND-R220A5	
Maximum power	P_{max}	180.2	176.6	173.0	169.3	165.7	162.1	158.5	W_p
Open-circuit voltage	V_{OC}	36.7	36.4	36.4	36.0	35.6	35.2	34.8	V
Short-circuit current	I_{SC}	7.0	6.96	6.92	6.85	6.79	6.72	6.66	A
Voltage at point of maximum power	V_{mpp}	27.7	27.5	27.2	27.1	27.1	27.0	26.8	V
Nominal Operating Cell Temperature	NOCT	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	°C
<small>NOCT: Module operating temperature at 800 W/m² irradiance, air temperature of 20 °C, wind speed of 1 m/s.</small>									
Limit values		Mechanical data				Temperature coefficient			
Maximum system voltage	1,000 V DC	Length	1,652 mm (+/-3.0 mm)			P_{max}	-0.440 % / °C		
Over-current protection	15 A	Width	994 mm (+/-2.0 mm)			V_{OC}	-0.329 % / °C		
Temperature range	-40 to +90 °C	Depth	46 mm (+/-0.8 mm)			I_{SC}	+0.038 % / °C		
Maximum mechanical load	2,400 N/m ²	Weight	19 kg						

Anexo E: Nomenclaturas

NOMENCLATURA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
A	Intensidad de corriente eléctrica	A
E_C	Energía consumida	W-h
E_{gm}	Energía generada por módulo	W-h
h_p	Hora solar-pico	h
I_m	Corriente del módulo	A
I_{inv}	Corriente del inversor	A
Kg	Masa	k
M	Número de módulos	--
m	Distancia	m
m^2	Área	m^2
N_{sis}	Eficiencia combinada	--
P	Potencia	W
P_{inv}	Potencia del inversor	W
P_m	Potencia del módulo	W
R_a	Radiación albedo	W/m^2
R_d	Radiación directa	W/m^2
R_s	Radiación dispersa	W/m^2
R_t	Radiación solar total	W/m^2
t	Tiempo en horas	h
V	Tensión eléctrica	V
V_{inv}	Tensión del inversor	V
V_m	Tensión del módulo	V
P_p	Potencia pico	W
t	Temperatura	°C
SIGLAS		
SFCR	Sistema fotovoltaico conectado a la red	--
SFV	Sistema fotovoltaico	--
FV	Fotovoltaico	--