



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.

RECINTO UNIVERSITARIO SIMON BOLIVAR.

FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN INGENIERÍA ELECTRICA.

Trabajo Monográfico para optar al Título de Ingeniero Eléctrico.

Título:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA AUTO CONSUMO DEL EDIFICIO DE LOS MAGISTRADOS DE LA CORTE SUPREMA DE JUSTICIA”**

PRESENATDO POR:

- Br. GUILLERMO JESÚS RÍOS CÓRDOBA. Carnet 2008-23508
- Br. OSCAR ANTONIO TORRES ACEVEDO. Carnet 2008-23670

TUTOR:

- **Ing. Sandro Yohasner Chavarría Condega.**

- Managua, 08 de agosto de 2022.

## **Agradecimientos.**

Agradecemos poder haber realizado este proyecto, en primer lugar, a mi tutor al Ing. Sandro Yohasner Chavarría Condega, ya que nos ofreció la posibilidad de emprender. Pero más aún porque me ha brindado la posibilidad de conocer, un poco más a fondo, una pequeña parte del mundo que más nos impresiona: **las energías renovables.**

A Dios Padre todo Poderoso, por la oportunidad, sabiduría, Paciencia, Fortaleza, Carácter y el amor que nos ha brindado siempre, para poder lograr culminar nuestros sueños, A cada uno de nuestros docentes que formaron parte de nuestras enseñanzas a diarias.

A nuestras Esposas y familiares, que han estado con nosotros en las alegrías, las penas y los cambios de humor, pero que nunca nos han negado su ayuda ni han dejado que lo malo supusiera un problema, sino un paso para seguir firme hacia adelante.

A la voz de nuestra conciencia, Jorge Luis Ojeda Alvarado, Juan Martin de Dios Somarriba **(Q.E.P.D)** que nos han prestado su ayuda y sus conocimientos para hacernos más fácil cada uno de nuestros pensamientos y dudas.

Y a todas aquellas personas que nos han apoyado a seguir adelante en todo momento, sin poner trabas ni obstáculos sino allanando el camino correcto para alcanzar nuestra meta.

**Muchas Gracias.**

## Resumen.

Este proyecto pretendemos analizar, de la manera más completa posible, un dimensionamiento de un sistema fotovoltaico de conexión de auto consumo o ya sea conectado a la red.

Para los cuales, se iniciara señalando la situación actual de la energía fotovoltaica en el mundo, Nicaragua y Latinoamérica, y se formulará una hipótesis de cuál será la situación en un futuro próximo.

A continuación, se describirá qué es una instalación fotovoltaica y cómo podemos clasificarla en función de sus aplicaciones. Dentro de esa categorización, se prestará una mayor atención a las instalaciones fotovoltaicas en el Dimensionamiento ya sea para autoconsumo o conectado a la red, como modelo de instalación que más progreso ha obtenido en los últimos años.

Para poder analizar de manera exhaustiva el funcionamiento y comportamiento de un Sistema fotovoltaico, se precisa determinar de qué consta una instalación fotovoltaica. Esto nos circunscribe en el **CAPITULO III**, en el cual se detallarán cada uno de los bloques funcionales que intervienen en la producción de energía eléctrica. De todos los que se verán en este capítulo, son de mayor importancia el bloque generador y sus partes principales, como sistema que recibe la energía solar, y el bloque de conversión, en el cual se encuentra el inversor y que realiza la transformación de la energía captada del sol en una energía adecuada para verter a la red o auto consumidos. El sistema fotovoltaico va estar basado en la adaptación por completa del sistema eléctrico del edificio sin fines de restricción para captar el mejor aprovechamiento del sistema a instalar.

Y para la culminación del presente estudio, se puede decir que se realizaron los cálculos pertinentes en el **CAPITULO IV**, necesario para adquirir el mejor dimensionamiento para un sistema fotovoltaico que se estable, confiable y de alto rendimiento. Con esto se pretende que la conexión del nuevo modelo mejore las condiciones energéticas y el funcionamiento de las mismas, para reducir los costos elevados de facturaciones.

# INDICE

|   |    |
|---|----|
| CAPITULO I. INTRODUCCION. ....                                      | 1  |
| 1.1 Antecedentes.....   | 4  |
| 1.2 Justificación. ....   | 6  |
| CAPITULO II. OBJETIVOS. ....  | 8  |
| 1.3 Objetivo General.....   | 8  |
| 1.4 Objetivos Específicos.....                                      | 8  |
| CAPITULO III. MARCO TEORICO.....                                    | 9  |
| 1.4.1 Historia de Sistemas Fotovoltaicos. ....                      | 9  |
| 1.4.2 Norma de Generación Renovable para auto Consumo. ....         | 10 |
| 1.4.3 Normas para Cableado de Sistema Fotovoltaico.....             | 11 |
| 1.4.4 Clasificación de las Instalaciones Solares Fotovoltaica. .... | 11 |
| 1.4.5 Aplicaciones Autónomas.....                                   | 13 |
| 1.4.6 Aplicaciones Conectadas a la Red.....                         | 14 |
| 1.4.7 Elementos de un Sistema ISF.....                              | 16 |
| 1.4.8 Radiación Solar.....  | 16 |
| 1.4.9 Definición. ....  | 16 |
| 1.4.10 Tipos de Radiación Solar. ....                               | 17 |
| 1.4.11 Tipos de la Radiación Solar Según lo Rayos. ....             | 17 |
| 1.4.12 Energía Solar Fotovoltaica.....                              | 18 |
| 1.4.13 Célula Solar. ....   | 19 |
| 1.4.14 Característica de la Célula Solar.....                       | 19 |
| 1.4.15 Parámetros Fundamentales de la Célula Solar.....             | 21 |
| 1.4.16 Potencia de la Celular Solar.....                            | 23 |
| 1.4.17 El Panel Solar. ....   | 24 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.4.18 | Definición.  | 24 |
| 1.4.19 | Fabricación de Celdas Fotovoltaicas.                     | 26 |
| 1.4.20 | Celda de Silicio Mono-Cristalina.                        | 26 |
| 1.4.21 | Celda de Silicio Poli-Cristalina.                        | 27 |
| 1.4.22 | Tipos de Estructuras donde se Instalan Paneles Solares.  | 27 |
| 1.4.23 | Tipos de Estructura de Paneles Solares.                  | 27 |
| 1.5    | Inclinación de Paneles Solares.                          | 30 |
| 1.6    | Conductores Eléctricos Para Sistemas Fotovoltaicos.      | 34 |
| 1.6.1  | Manejo de Cableado.                                      | 34 |
| 1.6.2  | Ventajas del Cableado Fotovoltaico PV/FV.                | 35 |
| 1.7    | Regulador o Controlador de Carga.                        | 36 |
| 1.7.1  | Definición.  | 36 |
| 1.7.2  | Funcionamiento.  | 36 |
| 1.7.3  | Características de los Fabricantes Regulador de Voltaje. | 38 |
| 1.7.4  | Tipos de Reguladores.                                    | 39 |
| 1.8    | Inversores.  | 42 |
| 1.8.1  | Definición y Función.                                    | 42 |
| 1.8.2  | Partes Fundamentales en un Inversor.                     | 42 |
| 1.8.3  | Factor de Potencia.                                      | 44 |
| 1.8.4  | Requisitos Generales de los Inversores.                  | 45 |
| 1.8.5  | Tipos de Inversores:                                     | 46 |
| 1.8.6  | Selección de Inversores.                                 | 47 |
| 1.9    | Batería.   | 47 |
| 1.9.1  | Transforman la Energía Química en Eléctrica (BATERIAS).  | 48 |
| 1.9.2  | Tipos de Baterías:                                       | 49 |
| 1.9.3  | Clasificación de las Baterías.                           | 51 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 1.9.4   | Modelos de las Baterías.....  | 52  |
| 1.9.5   | Capacidad de la Batería.....  | 53  |
| 1.9.6   | Tipos de Conexión en Baterías.....  | 54  |
| 1.10  | Sistema de Conexión a Tierra para Sistema Fotovoltaicos. ....             | 57  |
| 1.11  | Arreglo Fotovoltaico.....   | 63  |
| 1.11.1  | Incrementando el Voltaje .....  | 63  |
| 1.11.2  | Incrementando la Corriente.....   | 64  |
| CAPITULO IV. CALCULO.....                                   |   | 69  |
| 1.12  | Calculo Dimensionamiento SFV. ....  | 72  |
| 1.12.1  | Cuarto de Paneles ( PIT) Costado Sur.....                                 | 72  |
| 1.12.2  | Cuarto de Paneles (PIT) Costado Norte. ....                               | 75  |
| 1.12.3  | Cuarto de Paneles (PIT) Costado Oeste.....                                | 78  |
| 1.12.4  | Cuarto de Panel (PAA) Salas, Lobby. ....                                  | 81  |
| 1.12.5  | Cuarto de Panel (PAA) Costado Oeste.....                                  | 85  |
| 1.12.6  | Cuarto de Panel (PAA) Costado Norte.....                                  | 88  |
| 1.12.7  | Cuarto de Panel (PAA) Costado Sur.....                                    | 91  |
| 1.12.8  | Cuarto de Panel (PAA) Área Central.....                                   | 95  |
| CAPITULO V. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA PROPUESTA. .... |   | 99  |
| CAPITULO VI. MANTENIMIENTOS SF.....                         |   | 104 |
| 1.13  | Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos.....                              | 104 |
| 1.14  | Mantenimiento preventivo de instalaciones fotovoltaicas semanal.....      | 105 |
| 1.15  | Mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos mensual.....            | 105 |
| 1.16  | Mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas preventivo y trimestral..... | 106 |
| 1.17  | Mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos semestral.....          | 107 |
| CAPITULO VII. CONCLUSIONES. ....                            |   | 117 |
| CAPITULO VIII. RECOMENDACIONES.....                         |   | 118 |
| CAPITULO IX. BIBLIOGRAFIA.....                              |   | 120 |
| CAPITULO X. ANEXO .....                                     |   | 122 |



## **CAPITULO I. INTRODUCCION.**

La electricidad es una de las formas de energía más versátiles y que mejor se adaptan a cada necesidad. Su utilización está tan extendida que fácilmente podría proyectar a una sociedad tecnológicamente avanzada para trabajar junto a ella.

Hoy día existen miles de aparatos que, bien en forma de corriente continua o de corriente alterna, utilizan la electricidad como fuente de energía, y su uso ha provocado un gran aumento de la demanda de consumo eléctrico.

Este hecho ha propiciado la Búsqueda de nuevas fuentes de energía y nuevos sistemas de producción eléctrica, basados, fundamentalmente en energía renovable.

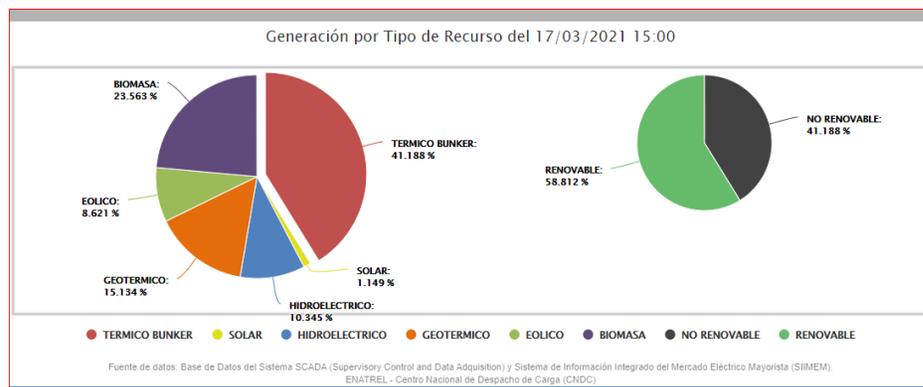
Las energías renovables son una alternativa moderna con el fin del aprovechamiento de recursos naturales que pueden parecer inagotables como la radiación solar, esta como tal genera energía eléctrica a muy bajos costos de operación, y con un periodo de vida útil elevado en los principales componentes de los sistemas fotovoltaicos, así mismo se trata de una energía con escaso impacto al medio climático debido a la pequeña producción de residuos perjudiciales para el medio ambiente.

[Nicaragua](#) es el país de América Central que posee la generación de electricidad más baja en el istmo zonas rurales, así como el porcentaje más bajo de población con acceso a la electricidad.

EL SIN (Sistema Interconectado Nacional), cubre más del 98.55% (dato del Ministerio de Energía y Minas) del territorio donde vive la población del país como son las zonas del

Pacífico, el centro, norte y la Región Autónoma del Caribe Sur las que se encuentran conectadas

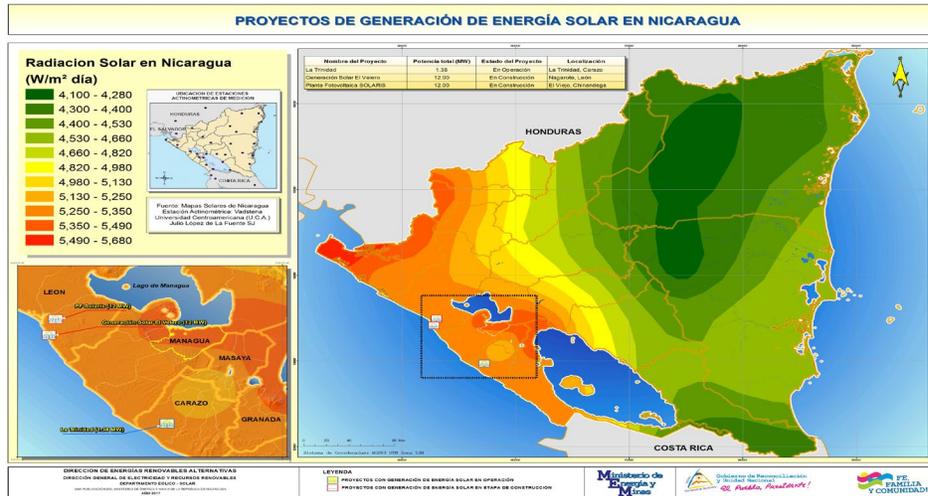
Completamente, se espera que a finales de 2021 sea conectadas la Región Autónoma del Caribe Norte. Una debilidad de nuestro país es la poca utilización de los recursos Naturales con la cual contamos, y así poder desarrollar proyectos con energía renovables a como se puede observar en la siguiente **FIGURA 1**.



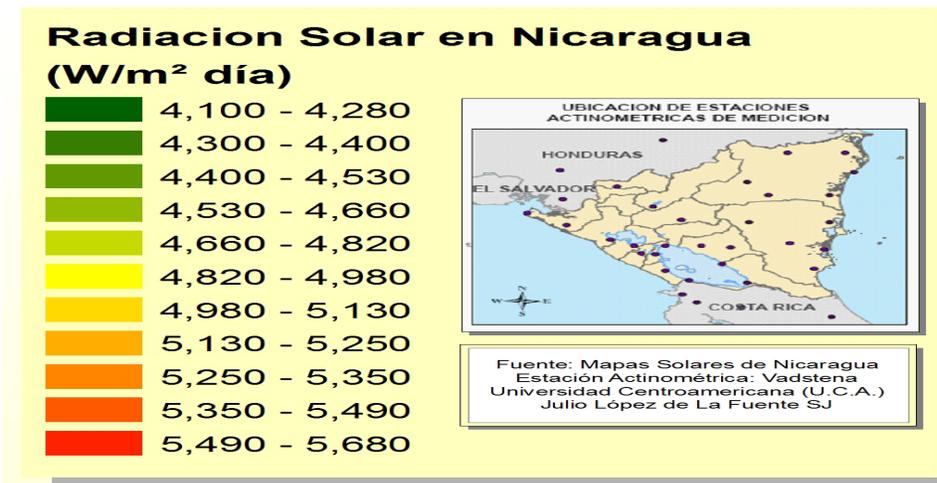
**FIGURA 1. Tipos de Generaciones Renovables y No Renovables.**

Dependemos aproximadamente en un cincuenta por ciento de la Energía Térmica la que es cara debido al uso de los derivados del petróleo y dañina para el medio ambiente, si bien es cierto en los últimos años se está trabajando en el cambio de la Matriz energética una de las de sistemas de producción que se ha quedado rezagado son los sistemas fotovoltaicos que a nivel mundial han obtenido grandes avances en la eficiencia y costos de todos sus componentes.

Nicaragua por su ubicación geográfica posee niveles de radiación solar excelentes para la instalación de sistemas fotovoltaicos a como se muestran a continuación en la siguiente **FIGURA 2. FIGURA 3**.



**FIGURA 2. Mapa de Radiaciones Solares en Nicaragua.**



**FIGURA 3. Ubicaciones de Distintos tipos de Radiación Solar.**

Con estas ventajas la propuesta de este estudio es diseñar y calcular un sistema de generación basado en el uso e implementación de modelos solares para Complejos Judiciales, casa de justicias ya que estas están alejadas del casco urbano, y de esta manera reemplazar la generación de energía a partir de combustibles fósiles como el diesel; minimizando así los

impactos ambientales negativos que éstas producen, y disminuyendo los costos de instalación, generación y operación.

## 1.1 Antecedentes.

En este contexto el gobierno de Nicaragua y el trabajo de desarrollo con la empresa nacional de transmisión eléctrica (**ENATREL, 2019, 25 Julio**) han desarrollado programas de generación de energía solar a través de sistemas fotovoltaicos, micro-centrales y Hidro-eléctricas, **Nicaragua aprovechará beneficios de la generación fotovoltaica**, el **principal objetivo del proyecto** es llevar la energía eléctrica a las comunidades más apartadas e inaccesibles del país, fuera del SIN.

En el 2011 la (**UNION EUROPEA, 2011, 17 Mayo**) inauguro la IV jornada regional euro solar en Nicaragua la cual consistió en la siguiente **Metodología** en el intercambio de experiencias de los expertos de energía, sobre la ejecución del programa euro solar que se refiere a la instalación de sistemas fotovoltaicos en las comunidades rurales de los países miembros del programa.

El **Objetivo** con la instalación de 42 sistemas fotovoltaicos, en un número igual de comunidades, que corresponden a los municipios de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) siguientes: Siuna, Rosita, Bonanza, Prinzapolka, Waspam y Puerto Cabezas, a través del cual se proporciona acceso a una fuente de energía renovable a través de sistemas fotovoltaicos para la generación de electricidad a dichas comunidades.

A esta fecha se han ejecutado 299 proyectos de electrificación rural (**ENATREL, 2019, 25 Julio**) , en todo el país la cual se requirió **la recolección de datos y utilizando Técnicas como, Análisis y encuestas, para que esto permitiría un avance del proyecto del 56.6%**, permitiendo trazar

una nueva meta para el 2019: 97%. Siguiendo esta premisa, en la semana que concluye se atendieron 4 comunidades en Boaco, Chontales, Río San Juan y Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS), llevándose el servicio básico a 326 viviendas donde habitan 1,666 herman@s.

Sin duda, las prácticas de la energía solar fotovoltaica, y la eólica son las que más se emplean en Nicaragua, en comunidades aisladas donde no hay energía eléctrica en los departamentos de Chinandega, Carazo, Boaco, Estelí, Matagalpa y Rivas.

Incluyendo la Isla de Ometepe, en proyectos específicos para bombeo de agua, sistema de riego e iluminación domiciliar, calentamiento de agua para hoteles, para recargar baterías, celulares, refrigeración, secadora solar de frutas, cercos eléctricos solares etc.

Otros Programas que se desarrollan son los siguientes: el Fondo de Desarrollo de la Industria Eléctrica Nacional (**FODIEN, 2017, 12 Julio**) y el Programa Nacional de Electrificación Sostenible en Energía Renovable (**PNESER**).

Manifestó el Presidente Ejecutivo de **ENATREL** el **Cro. Salvador Mansell Castrillo** (**ENATREL, 2008, 12 Mayo**) que a pesar que los ingenios han dejado de generar a su máxima capacidad, siguen estando con un 60% de generación a base de fuentes limpias, , también dijo que la capacidad instalada del país alcanza los 1,500 MW, el doble de la demanda máxima que es 720 MW.

## 1.2 Justificación.

El presente trabajo, centrara su interés en la Reducción del elevado costo de la facturación de energía eléctrica, que es cada vez más relevante para el Poder Judicial de Nicaragua debido a que buena parte del presupuesto asignado recae el servicio de energía, en las diferentes dependencias a Nivel Nacional, se pretende que con la implementación de un Sistema Fotovoltaico en la Corte Suprema de Justicia ubicada en el km 7.5 Carretera Norte reducir significativamente el costo del importe de en concepto de energía y así ampliar el proyecto a distintas dependencias del país.

El consumo energético actual de la Corte Suprema de Justicia sobre pasa el Millón de Córdobas (C\$ 1, 000,000.00) por mes, por lo que es necesario establecer estrategias de ahorro que garanticen una reducción en la facturación para lo cual es necesario desarrollar alternativas de generación eléctrica destinadas al aprovechamiento de recursos naturales que disminuyan la dependencia energética procedente de fuentes contaminantes. Los sistemas fotovoltaicos autónomos, representan una de las principales opciones que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero por medio de la energía inagotable del sol.

Para la instalación de los sistemas fotovoltaicos, es indispensable contar con espacios libres, por esta razón, el presente estudio utilizará la superficie disponible, la cubierta de los Techos del Edificios Principal (Poder Judicial), a fin de cuantificar la energía eléctrica que se puede producir de la radiación solar del área, la cual podría ser inyectada a la red alternativamente mediante un inversor de forma confiable si es necesario, segura y sincronizada a la línea. Además, permitirá disminuir la utilización de electricidad proveniente de la red convencional, bajar la facturación del servicio eléctrico, también bajar capacidad carga del transformador.

El exceso de consumo de energía, es uno de los grandes problemas actuales a nivel Mundial Encabezan esta situación el derroche y las pérdidas de la energía eléctrica, lo que se llega a

obtener como resultado **un elevado costo en la facturación de energía eléctrica**. El mundo actual depende mucho del petróleo para la producción de electricidad, pero lamentablemente esta es una fuente agotable, es decir, que cada vez el mundo se va quedando poco a poco sin él.

Cabe mencionar, que la producción de energía eléctrica con este recurso, resulta ser muy contaminante que destruye nuestro medio ambiente por la producción de gases de efecto invernadero, además de ser más costosa con el pasar del tiempo. Los sistemas tradicionales de producción de electricidad tienen una problemática asociada que hace necesario intentar desarrollar otro tipo de fuentes energéticas tales como:

**Centrales hidráulicas:** el efecto invernadero y el cambio climático hacen que cada vez las sequías sean más prolongadas y, por tanto, no se pueda asegurar la producción estable de electricidad a través de estas centrales.

**Centrales térmicas:** tienen el problema de que los combustibles fósiles son un recurso limitado en el tiempo. Además provocan una gran emisión de gases contaminantes perjudiciales para el efecto invernadero y para los seres humanos.

**Centrales nucleares:** tienen el problema de la eliminación de los residuos generados, además del potencial riesgo de un accidente nuclear.

**Sarens**, que participa en los mayores proyectos de construcción de plantas de energía limpia y renovable del mundo, apunta que para el 2050 habrá un incremento del 60% en el consumo de energía, lo que hace aun más imprescindible fomentar nuevos proyectos de energía limpia, pues solo de esta manera podrá cubrirse la demanda mundial de energía sin perjudicar al planeta.

Según Sarens, “la industria de las energías renovables no solo es buena para el planeta, sino que impacta directamente en la economía, generando puestos de trabajo y por lo tanto ingresos y bienestar para muchas familias.

## **CAPITULO II. OBJETIVOS.**

### **1.3 Objetivo General**

- 1- Diseñar un sistema solar fotovoltaico de autoconsumo, que permita generar energía eléctrica de calidad durante el funcionamiento habitual de trabajo en la Corte Suprema de Justicia para el edificio principal de los **Magistrados** y que permita reducir los elevados costos en la factura de energía.

### **1.4 Objetivos Específicos**

- 1.- Analizar la demanda eléctrica actual de las instalaciones correspondientes del edificio de Magistrados, por medio del censo de carga.
- 2.- Determinar el potencial solar existente en el km 7.5 carretera norte utilizando la ubicación de la Corte Suprema de Justicia utilizando el mapa de radiación solar de Nicaragua.
- 3.- Describir la viabilidad técnica y económica del sistema solar fotovoltaico.

## CAPITULO III. MARCO TEORICO.

### 1.4.1 Historia de Sistemas Fotovoltaicos.

El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez unos diez años antes, en 1839, por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel, cuando tenía sólo 19 años. Becquerel estaba experimentando con una pila electrolítica con electrodos de platino cuando comprobó que la corriente subía en uno de los electrodos cuando este se exponía al sol. Pero la primera célula solar no se fabricó hasta 1883. Su creador fue Charles Fritts, quien recubrió una muestra con pan de oro para formar la unión. Este primitivo dispositivo presentaba una eficiencia menor del 1 %, pero demostró de forma práctica que, efectivamente, producir electricidad con luz Solar era posible.

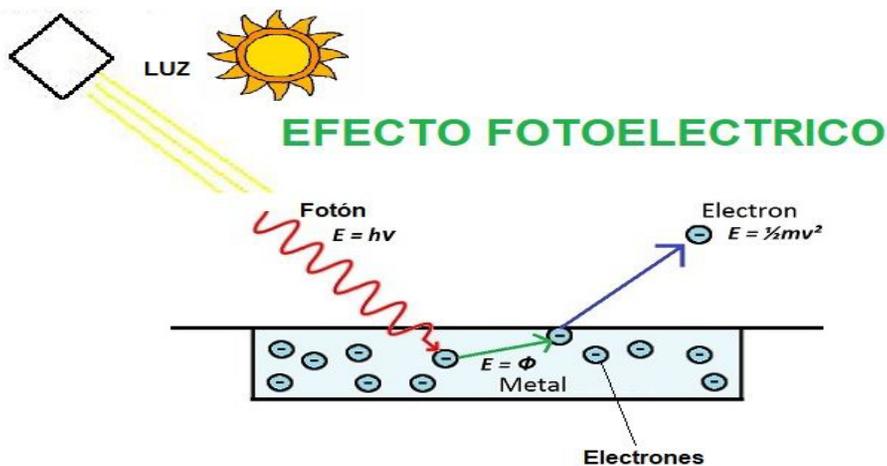


FIGURA 4. Representación del Efecto Fotovoltaico.

El siguiente paso se dio en 1873 cuando el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico en sólidos. En este caso sobre el Selenio.

Pocos 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 en todos estos descubrimientos la cantidad de electricidad que se obtenía era muy reducida y quedaba descartada cualquier aplicación práctica, se demostraba la posibilidad de transformar la luz solar en electricidad por medio de elementos sólidos sin partes móviles.

La posibilidad de una aplicación práctica del fenómeno no llegó hasta 1953 cuando Gerald Pearson de Bell Laboratorios, 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 este descubrimiento, otros dos científicos también de Bell, Daryl Chaplin y Calvin Fuller perfeccionaron este invento y produjeron células solares de silicio capaces de proporcionar suficiente energía eléctrica como para que pudiesen obtener aplicaciones prácticas de ellas. De esta manera empezaba la carrera de las placas fotovoltaicas como proveedoras de energía.

#### **1.4.2 Norma de Generación Renovable para auto Consumo.**

N°. 063-DGERR-002-2017, aprobado el 15 de diciembre de 2017. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial N°. 240 del 18 de diciembre de 2017. EL SUSCRITO MINISTRO DE ENERGÍA Y MINAS

**Objetivos de la Normativa.** La presente Normativa tiene por objeto establecer los requisitos, criterios, procedimientos, metodologías y responsabilidades administrativas, técnicas y comerciales que deben cumplir las Empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica y las personas naturales o

jurídicas que tengan y/o proyecten la instalación de generación de energía eléctrica del tipo renovable para Autoconsumo conectadas a un sistema de distribución.

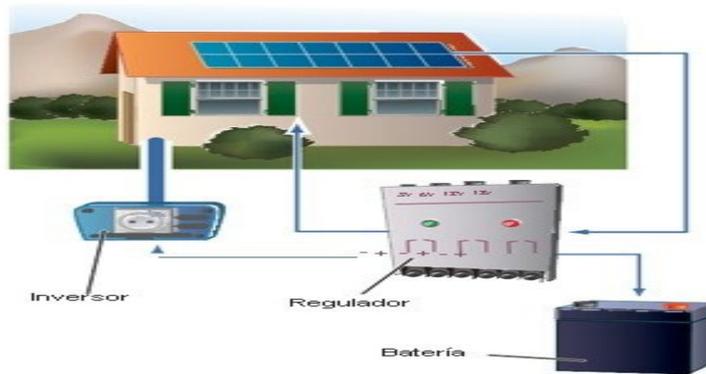
#### **1.4.3 Normas para Cableado de Sistema Fotovoltaico.**

El NEC (Código Eléctrico Nacional) desarrolló el Artículo 690 sobre Sistemas fotovoltaicos solares (FV) para orientación sobre sistemas de energía eléctrica, arreglo de circuitos, inversores y controladores de carga para sistemas fotovoltaicos.

El Artículo 690 Parte IV del NEC 2017, permite varios métodos de cableado para sistemas fotovoltaicos. Los cables de un solo conductor, listados UL USE-2 (entrada de servicio subterráneo) y cables tipo PFV son permitidos en lugares expuestos al aire libre en los circuitos de fuente PFV dentro del arreglo fotovoltaico. Además, se permite que el cable fotovoltaico se instale en bandejas exteriores para circuitos PV al aire libre y circuitos PV de salida sin necesidad de la de que la bandeja deba estar clasificada o certificada para esta aplicación. Aplican restricciones si la fuente fotovoltaica y los circuitos de salida funcionan a más de 30 voltios en lugares accesibles. En estos casos, se requiere el cable tipo MC o conductores adecuados instalados en canaletas.

#### **1.4.4 Clasificación de las Instalaciones Solares Fotovoltaica.**

La clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas (ISF) la podemos realizar en función de la aplicación a la que están destinadas. Así, distinguiremos entre aplicaciones autónomas **FIGURA 5** y aplicaciones conectadas a la red **FIGURA 6**.



**FIGURA 5. Instalaciones de Autónomo Fotovoltaico.**



**FIGURA 6. Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red.**

### 1.4.5 Aplicaciones Autónomas.

Producen electricidad sin ningún tipo de conexión con la red eléctrica, a fin de dotar de este tipo de energía al lugar donde se encuentran ubicadas. Pueden distinguirse dos bloques:

Aplicaciones espaciales: sirven para proporcionar energía eléctrica a elementos colocados por el ser humano en el espacio, tales como satélites de comunicaciones, la Estación Espacial Internacional etc. La investigación en esta área propició el desarrollo de los equipos fotovoltaicos tal y como los conocemos en la actualidad.

**Aplicaciones Terrestres**, entre las que cabe destacar las profesionales:

**Telecomunicaciones:** telefonía rural, vía radio; repetidores (de telefonía, televisión, etcétera).

Electrificación de zonas rurales y aisladas: estas instalaciones, que se pueden realizar en cualquier lugar, están pensadas para países y regiones en desarrollo y todas aquellas zonas en que no existe acceso a la red eléctrica comercial (en Europa hay cerca de un millón de personas sin acceso a esta red): viviendas aisladas, de ocupación permanente o periódica, refugios de montaña, etc. En ciertos países, como Cuba o Brasil, se emplean en locales comunitarios (consultorios médicos, escuelas) o para abastecer de electricidad a un determinado grupo de personas (un pueblo, una aldea, etc.).

**Señalización:** se aplica, por ejemplo, a señales de tráfico luminosas, formadas por diodos LED, alimentados por un panel solar y una batería.

**Alumbrado Público:** se utiliza en zonas en las que resulta complicado llevar una línea eléctrica convencional.

**Bombeo de Agua:** estas instalaciones están pensadas para lugares tales como granjas, ranchos, etc. Se pueden realizar en cualquier lugar. Su uso puede ser tanto para agua potable como para riego.

**Redes VSAT:** redes privadas de comunicación (para una empresa, un organismo oficial, etc.) que actúan a través de satélite. La energía solar se utiliza para alimentar las estaciones de la red.

**Telemetría:** permite realizar medidas sobre variables físicas y transmitir la información a una central (p. ej.: control de la pluviometría de la cuenca de un río).

**Otras Aplicaciones:** juguetes, alumbrado en jardines, divertimento.

#### **1.4.6 Aplicaciones Conectadas a la Red.**

En ellas, el productor no utiliza la energía directamente, sino que es vendida al organismo encargado de la gestión de la energía en el país. Tienen la ventaja de que la producción de electricidad se realiza precisamente en el periodo de tiempo en el que la curva de demanda de electricidad aumenta, es decir, durante el día, siendo muy importantes los kilovatios generados de esta forma. Cabe distinguir:

**Centrales Fotovoltaicas y Huertos Solares:** recintos en los que se concentra un número determinado de instalaciones fotovoltaicas de diferentes propietarios con el fin de vender la electricidad producida a la compañía eléctrica con la cual se haya establecido el contrato. La energía vendida puede estar a nombre de una persona, una sociedad, etc. (la potencia instalada depende de las dimensiones del generador fotovoltaico). Cada instalación tiene su propietario y todas ellas se ubican en el mismo lugar.

**Edificios Fotovoltaicos:** Es una de las últimas aplicaciones desarrolladas para el uso de la energía fotovoltaica. La rápida evolución en los productos de este tipo ha permitido el uso de los módulos como material constructivo en cerramientos, cubiertas y fachadas de gran valor visual.

Además, la energía fotovoltaica es el sistema de energías renovables más adecuado para la generación de electricidad en zonas urbanas sin provocar efectos ambientales adversos. La integración arquitectónica consiste en combinar la doble función, como elemento constructivo y como productor de electricidad, de los módulos fotovoltaicos.

### **Integraciones en Estructuras.**

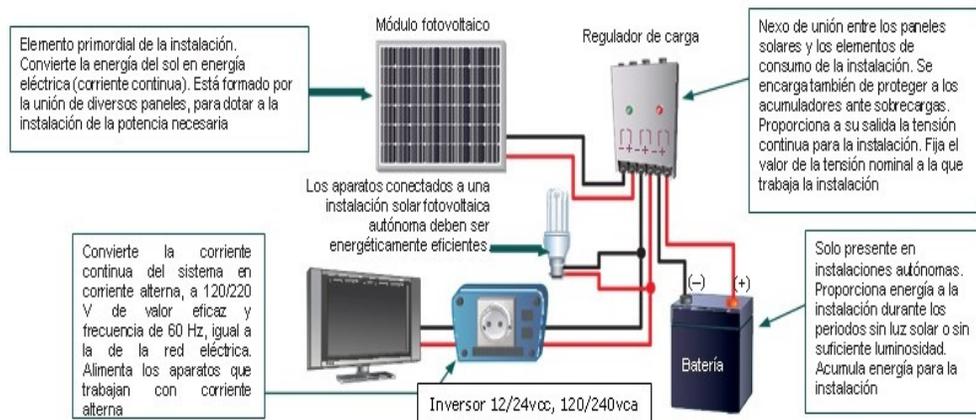
La mayoría de estos sistemas han sido integrados en tejados, porque allí donde alcanzan la máxima captación de energía solar, en las que por ejemplo el vidrio que ha servido de fachada de edificio es reemplazo por módulos de láminas delgadas semitransparentes. En el ejemplo se muestra el integrado de paneles solares en la fachada del edificio. A la hora de realizar este tipo de instalaciones se tienen en cuenta consideración estéticas, en la elección del tipo de panel, además de las relacionadas con el rendimiento energético. Expresado en la siguiente **FIGURA 7**.



**FIGURA 7. Instalaciones de paneles solares en fachadas de edificios.**

### 1.4.7 Elementos de un Sistema ISF.

De manera general, una instalación solar fotovoltaica (ISF) se ajusta a un esquema como el mostrado **FIGURA 8**.



**FIGURA 8. Instalaciones de un Sistema Fotovoltaico.**

### 1.4.8 Radiación Solar.

### 1.4.9 Definición.

Es un fenómeno físico debido a la emisión de energía por parte del Sol en forma de radiaciones electromagnéticas. Estas radiaciones pueden ser cuantificadas y se expresan en unidades de irradiación, una unidad que refleja su potencia por unidad de superficie. Una característica particular de la radiación es que se trata de una forma de energía que puede ser transmitida en el vacío, lo cual hace que sea capaz de atravesar el espacio. La cantidad de radiación solar que llega a nuestro planeta depende de factores como la distancia entre la Tierra y el Sol, la dirección o el ángulo en que estas radiaciones entran a la atmósfera depende de los movimientos que normalmente tiene la Tierra de rotación y traslación.

#### 1.4.10 Tipos de Radiación Solar.

**Directa:** Es la radiación solar que no sufre alteraciones cuando llega a la superficie de la tierra, se puede decir que la radiación directa es limpia y completa.

**Difusa:** Es una de los tipos de radiación solar, la cual ya ha sufrido varias alteraciones y desviaciones antes de llegar a la tierra, es decir esta pasa por distintos objetos que se encuentran en su camino, por ejemplo los gases de la atmósfera.

**Incidente:** Este tipo de radiación solar se caracteriza por que los rayos que lograron llegar a la tierra no son directos, sino que están re-direccionados por objetos que estaban en el camino de la radiación y que absorbieron parte de su energía.

**Reflejada:** Esta forma parte de la radiación incidente. La radiación reflejada es la que, como su nombre lo dice refleja la radiación solar desde la tierra por el efecto albedo, es decir el pequeño o gran reflejo de la radiación que tiene cualquier superficie.

**Absorbida:** Es la radiación solar restante y que absorbe la tierra lo que aporta a su calentamiento.

**Global:** La radiación solar global es la suma o el total de las anteriores tipos de radiación solar.

Normalmente en un día soleado la radiación directa es la que se aprovecha más, mientras que en un día nublado hay mayor cantidad de radiación difusa.

#### 1.4.11 Tipos de la Radiación Solar Según lo Rayos.

La radiación del sol emite diferentes tipos de rayos, que igual cargan con energía.

**Rayos Infrarrojos:** Los IR componen el 49% de los rayos de radiación y son los encargados de proporcionar calor.

**Rayos Visibles:** Los VI forman el 43% y dan luz además que es sensible a los ojos humanos.

**Rayos Ultravioleta:** También conocidos como rayos UV conforman el 7% del total de los rayos, de este, tiene 3 sub-categorías.

**Los UVA:** Estos pueden atravesar la atmósfera de la tierra además de que llegan a toda la superficie terrestre.

**Los UVB:** Llegan más a la zona ecuatorial pues se les dificulta más llegar a la superficie terrestre.

**Los UVC** y los **ultravioleta C** no llegan a la atmósfera, sino que son absorbidos por la capa de ozono.

#### **1.4.12 Energía Solar Fotovoltaica.**

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina.

Este tipo de energía se usa principalmente para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución, aunque también permite alimentar innumerables aplicaciones y aparatos autónomos, así como abastecer refugios de montaña o viviendas aisladas de la red eléctrica.

Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años.

Ésta se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos.

La capacidad energética del Sol, la cual perdurará durante millones de años, así como la privilegiada ubicación de Nicaragua en el globo terráqueo, provoca que el territorio nacional destaque en el mapa mundial de territorios con mayor promedio de radiación solar anual, con índices que van de los es aproximadamente de 5500wh/m<sup>2</sup>.

#### **1.4.13 Célula Solar.**

#### **1.4.14 Característica de la Célula Solar.**

El elemento principal de cualquier instalación de energía solar es el generador, que recibe el nombre de célula solar. Se caracteriza por convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol. Su funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico.

Una célula solar se comporta como un diodo: la parte expuesta a la radiación solar es la **N**, y la parte situada en la zona de oscuridad, la **P**. Los terminales de conexión de la célula se hallan sobre cada una de estas partes del diodo: la cara correspondiente a la zona **P** se encuentra metalizada por completo (no tiene que recibir luz), mientras que en la zona **N** el metalizado tiene forma de peine, a fin de que la radiación solar llegue al semiconductor.

El diodo fabricado con una unión **P-N**, que tiene la particularidad de conducir la corriente eléctrica solo en un sentido.

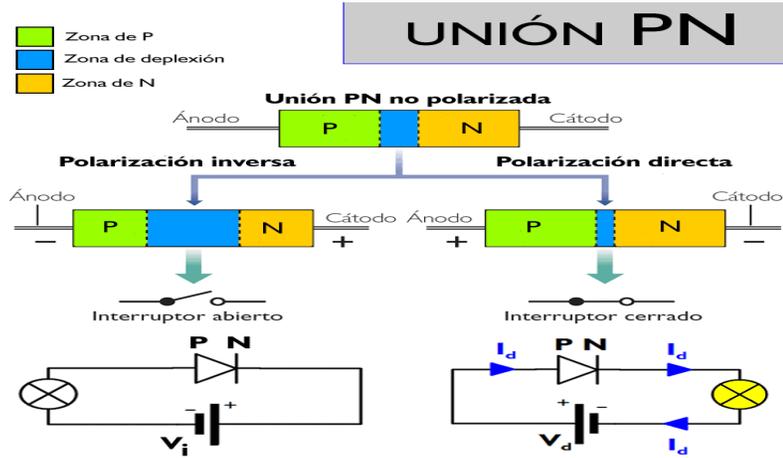


FIGURA 9. Diodo P-N

**Efecto Fotovoltaico:** propiedad que tienen determinados materiales de producir una corriente eléctrica, El efecto fotovoltaico se inicia en el momento en el que un fotón impacta con un electrón de la última órbita de un átomo de silicio. Éste último electrón se llama electrón de valencia. Recibe la energía con la que viajaba el fotón. El fotón no es otra cosa que una partícula de luz radiante.

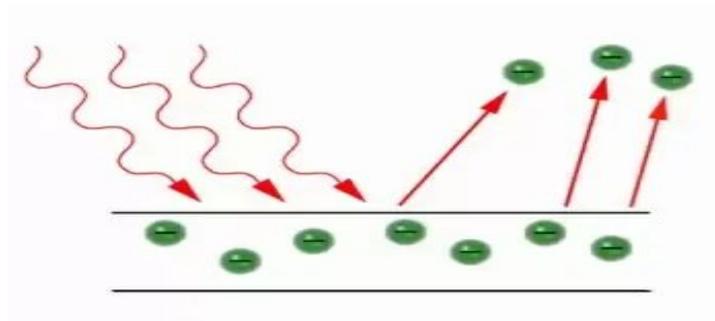


FIGURA 10. Efecto Fotovoltaico del FOTON.

#### 1.4.15 Parámetros Fundamentales de la Célula Solar.

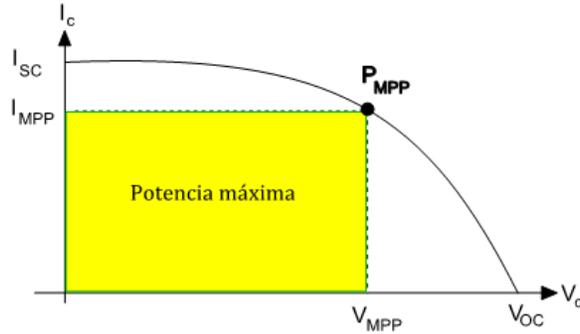
**Corriente de Iluminación (IL):** la corriente generada cuando incide la radiación solar sobre la célula.

**Corriente de Oscuridad:** es debida a la recombinación de los pares electro-hueco que se produce en el interior del semiconductor.

**Tensión de Circuito Abierto (VOC):** la máxima tensión que se obtiene en los extremos de la célula solar, que se da cuando no está conectada a ninguna carga. Es una característica del material con el que está construida la célula.

**Corriente de Cortocircuito (ISC):** máximo valor de corriente que puede circular por la célula solar. Se da cuando sus terminales están cortocircuitados.

Cuando la célula solar es conectada a una carga, los valores de tensión e intensidad varían. Existirán dos de ellos para los cuales la potencia entregada sea máxima:  $V_m$  (tensión máxima) e  $I_m$  (intensidad máxima), que siempre serán menores que VOC e ISC. En función de estos valores, la potencia máxima que puede entregar la célula solar será, la representación gráfica de estos % solo para hacerlos más notorios visualmente. El punto de potencia máxima (MPP, del inglés Maximum Power Point) es el punto de operación ideal de una célula, en el cual se alcanza la potencia máxima que puede ser proporcionada, producto del voltaje por la corriente de célula.



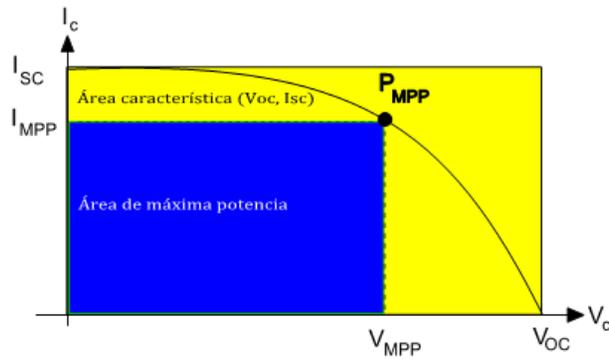
**FIGURA 11. Potencia Máxima de célula solar.**

Esto nos permite definir un parámetro de la célula solar que recibe el nombre **Factor de Relleno**: La calidad de una célula solar puede ser deducida de la curva característica corriente-voltaje, y es expresada por el factor de relleno (FF, del inglés Fill Factor).

**ECUACION 1. Factor de Relleno de Célula Solar.**

$$FF = \frac{U_{MPP} \cdot I_{MPP}}{U_{oc} \cdot I_{sc}} \quad FF = \frac{P_{MPP}}{U_{oc} \cdot I_{sc}}$$

Ilustrado en la Grafica 12, el factor de relleno describe la relación entre el área rectangular de la potencia en el Punto de Máxima Potencia (MPP) y la mayor área ideal resultante del producto de la corriente de corto-circuito  $I_{sc}$  por el voltaje en vacío, o voltaje de circuito abierto  $U_{oc}$ .



**FIGURA 12. Factor de Relleno.**

Cuanto más alto es el factor de relleno, tanto mejor es la calidad de la célula solar. Valores típicos están comprendidos entre 0.7 - 0.85 para células solares cristalinas y 0.5 - 0.7 para células amorfas.

#### **1.4.16 Potencia de la Celular Solar.**

La potencia que proporciona una célula de tamaño estándar (digamos de 10 a 12 cm<sup>2</sup>) es muy pequeña (en torno a 1 o 2 W), por lo que generalmente será necesario tener que asociar varias de ellas con el fin de proporcionar la potencia necesaria al sistema fotovoltaico de la instalación. Es de este hecho de donde surge el concepto de panel solar o módulo fotovoltaico.

Según la conexión eléctrica que hagamos de las células, nos podemos encontrar con diferentes posibilidades:

La conexión en serie de las células permitirá aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente.

La conexión en paralelo permitirá aumentar la intensidad total del conjunto.

### 1.4.17 El Panel Solar.

### 1.4.18 Definición.

Un panel solar o módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6 V, 12 V, 24 V...), que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico

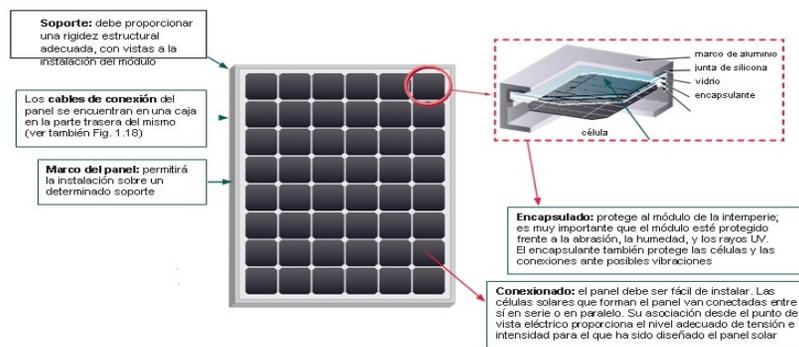


FIGURA 13. Partes de un Panel Solar.

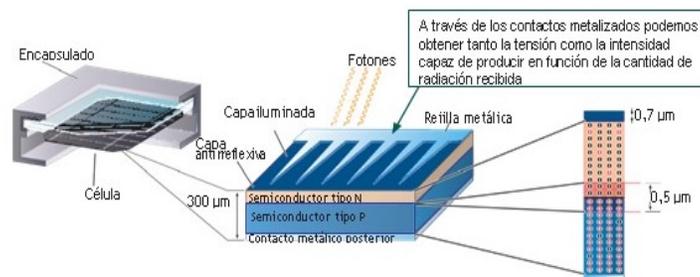


FIGURA 14. Elementos de Panel Solar.

## Estructura de un panel solar fotovoltaico

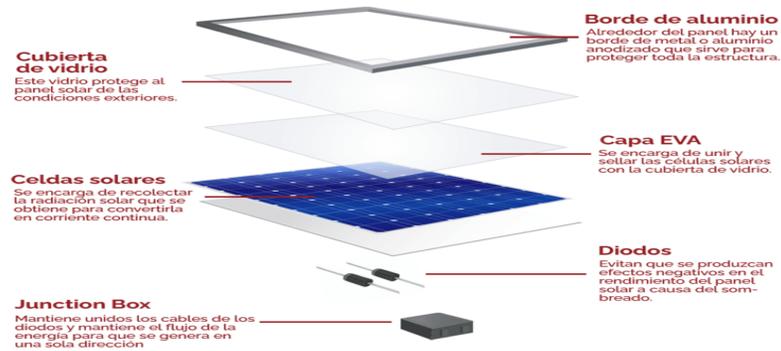
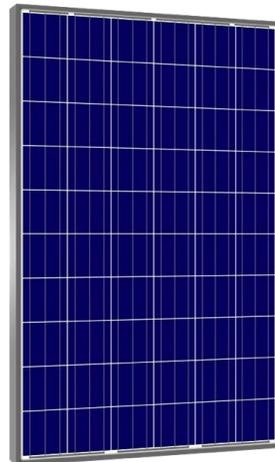


FIGURA 15. Forma de Paneles Fotovoltaicos.



### Electrical characteristics

$P_{max}$ ,  $V_{oc}$ ,  $I_{sc}$ ,  $V_{mp}$  and  $I_{mp}$  at STC (1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5):

|                                    | 225W  | 230W  | 235W  | 240W  | 245W  | 250W  | 255W  | 260W  |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Maximum Power ( $P_{max}$ )        |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )  | 36.8V | 36.9V | 37.0V | 37.1V | 37.2V | 37.3V | 37.4V | 37.5V |
| Short Circuit Current ( $I_{sc}$ ) | 8.16A | 8.31A | 8.42A | 8.52A | 8.62A | 8.72A | 8.82A | 8.91A |
| Maximum Power Voltage ( $V_{mp}$ ) | 30.1V | 30.2V | 30.3V | 30.3V | 30.4V | 30.5V | 30.6V | 30.7V |
| Maximum Power Current ( $I_{mp}$ ) | 7.48A | 7.62A | 7.76A | 7.92A | 8.06A | 8.20A | 8.34A | 8.48A |
| Module Efficiency (%)              | 13.8  | 14.1  | 14.4  | 14.7  | 15.0  | 15.3  | 15.6  | 15.9  |

### Temperature Coefficients

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| Temperature Coefficients of $P_{max}$ | -0.43 %/°C  |
| Temperature Coefficients of $V_{oc}$  | -0.33 %/°C  |
| Temperature Coefficients of $I_{sc}$  | +0.056 %/°C |

### Absolute Maximum Limits

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

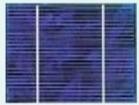
FIGURA 16. Datos de Placa Paneles Fotovoltaicos.

Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, y son fundamentalmente, presentados en la **TABLA 1** siguiente:

Silicio cristalino (mono cristalino y multicristalino).

Silicio amorfo.

**TABLA 1. Diferencia entre los Tipos de Paneles Solares.**

| Células   | Silicio        | Rendimiento laboratorio | Rendimiento directo | Características   | Fabricación  |
|---|----------------|-------------------------|---------------------|---|--|
|    | Monocrystalino | 24 %                    | 15 - 18 %           | Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski). | Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.  |
|   | Policristalino | 19 - 20 %               | 12 - 14 %           | La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.                     | Igual que el del monocrystalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.               |
|  | Amorfo         | 16 %                    | < 10 %              | Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.               | Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico. |

#### 1.4.19 Fabricación de Celdas Fotovoltaicas.

#### 1.4.20 Celda de Silicio Mono-Cristalina.

La fabricación de esta celda consiste en lo siguiente: Al enfriarse, el silicio fundido se solidifica formando sólo un único cristal de grandes dimensiones. Luego se corta el cristal en delgadas capas que dan lugar a las celdas.

#### **1.4.21 Celda de Silicio Poli-Cristalina.**

Una celda fotovoltaica basada en silicio poli cristalino, en su fabricación, el silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. La foto celda es de aspecto azulado, pero no es uniforme, se distinguen diferentes colores creados por los diferentes cristales.

#### **Celda de Silicio Amorfo.**

Estas celdas son manufacturadas mediante la colocación de una fina capa de amorfo (no cristalino) de silicio sobre una amplia variedad de superficies. Estas son las menos eficientes y menos costosas de producir; debido a la naturaleza amorfa de la capa fina, es flexible, y si se fabrica sobre una superficie flexible, el panel solar entero puede ser flexible. Una característica de las celdas solares amorfas es que su potencia se reduce con el tiempo, especialmente durante los primeros meses, después de los cuales son básicamente estables.

#### **1.4.22 Tipos de Estructuras donde se Instalan Paneles Solares.**

#### **1.4.23 Tipos de Estructura de Paneles Solares.**

Las estructuras de los paneles solares permiten el buen funcionamiento del mismo. Una adecuada adaptación le permitirá disfrutar en su totalidad los beneficios que ofrece un panel solar.

Estamos hablando de considerar aspectos como la inclinación y orientación, de acuerdo a las horas pico del sol para lograr obtener un mayor rendimiento del panel solar.

Además es importante tener en mente los diferentes tipos de superficies. Es decir que sea un espacio plano o inclinado. Por último considerar el tipo de terreno y las condiciones climáticas que rodearán a los paneles solares.

Cada estructura cuenta con una especialización, entre ellos destacamos:

### **Estructura de Panel sobre Suelo.**

Este tipo de estructura de paneles solares se utiliza generalmente en sistemas donde se pretende colocar una gran cantidad de módulos fotovoltaicos. Una de sus principales ventajas es la facilidad de montaje.

Para instalar esta base se debe realizar un buen estudio, para que los módulos no queden expuestos ni se vean perjudicados por los vientos.

Recuerda que si piensas instalar tus paneles solares en el suelo, evita los árboles cercanos o edificios que puedan generar sombreado en el sistema solar fotovoltaico.

Una ventaja fundamental es que al estar instalado en el suelo, es posible equipar los paneles solares con un sistema de seguimiento especial que hace girar a las celdas solares hacia el sol, permitiendo optimizar hasta un 30% más de rendimiento.

### **Estructura Sobre Mástil o Poste.**

Se emplea generalmente para arreglos pequeños de uno o dos módulos; generalmente para avenidas, plazas, hospitales, antenas repetidoras, entre otras locaciones de interés.

La instalación de este tipo de estructura de paneles solares se implementa sobretodo en casos en los que no hay espacio para instalar, como por ejemplo que no cuente con superficie suficiente en el suelo o techos.

### **Estructura sobre Pared.**

Es un tipo de montaje utilizado para la instalación de paneles en fachadas de viviendas o edificios orientados al sur.

### **Estructura de Paneles Solares sobre Techos o Loza.**

Esta construcción es similar a la instalación sobre suelo, su estructura está totalmente reforzada. Recordemos que es fundamental dejar un espacio para la circulación de aire entre el arreglo fotovoltaico y la loza para facilitar la circulación del calor producido por los módulos.

Además un beneficio de colocar paneles solares sobre los techos, es que se puede anclar la estructura fotovoltaica sin necesidad de perforar y poner encima las celdas solares.

### **Estructuras Individuales.**

Son para espacios sencillos como lo son las terrazas o techados planos en los que se necesitan colocar módulos en posición horizontal para lograr un óptimo funcionamiento.

### **Estructuras con Triángulo Inclinado.**

Se aplican en terrazas o techos planos. En ellas se coloca el triángulo inclinado, los módulos se colocan en posición vertical y son más económicas cuando la cantidad de paneles necesarios es mayor.

Cabe mencionar que para la instalación de este tipo de estructura, se considera colocar en una superficie plana.

## **Estructuras Coplanar.**

Estos modelos se usan en techos inclinados, por lo general ofrecen soluciones de instalación y facilitan el montaje, además de ofrecer seguridad en todo momento.

En estos casos, se utilizan varios perfiles de aluminio para posteriormente agregar los paneles solares, que al mismo tiempo la inclinación coincidirá con el ángulo del techo.

## **Estructura Elevada.**

Está perfectamente fabricada para ofrecer una inclinación correcta y la orientación adecuada para disfrutar al máximo rendimiento de los paneles solares.

La estructura de paneles solares antes mencionadas son fundamentales para los módulos, la buena colocación e inclinación del mismo le permitirá disfrutar de todos los beneficios que esta herramienta tiene para ofrecer en los diferentes espacios sean estos en casas, apartamentos, hoteles, terrazas, sitios públicos, entre otros.

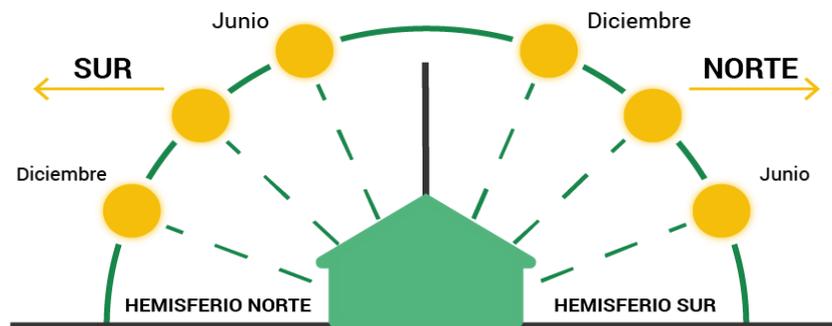
## **1.5 Inclinación de Paneles Solares.**

Es totalmente necesario escoger el lado del techo o cubierta en el que se instalarán los paneles solares durante el diseño de la instalación fotovoltaica. Para ello, es imprescindible conocer en que parte de dicha Superficie donde hay mayor radiación solar durante el día para elaborar y conseguir la mayor energía posible.

Al ser los paneles fotovoltaicos más efectivos con los rayos del sol de manera perpendicular a la superficie, será el SUR la orientación más propicia. Si tenemos problemas como el sombreado (por, por ejemplo, un árbol muy alto) o es imposible la dirección norte, podrá cambiar ligeramente la orientación de los paneles hasta un máximo de 45° (sureste y suroeste). No obstante, la

producción anual solo sufrirá una reducción muy limitada (1-3%) dado que la radiación solar que recibirán los paneles es prácticamente la misma.

A pesar de ello, si dichos paneles se giran en un ángulo superior de  $45^\circ$  hacia el norte, la producción disminuirá en mayor medida. Así pues, si lo orientamos directamente al este y al oeste se podría llegar al 30% de caída de la producción. Esto es, porque los paneles se verían afectados por una luz solar no perpendicular y muy débil durante el transcurso del día y, aun produciendo energía fotovoltaica, será en menor producción que los paneles directamente orientados hacia el sur.

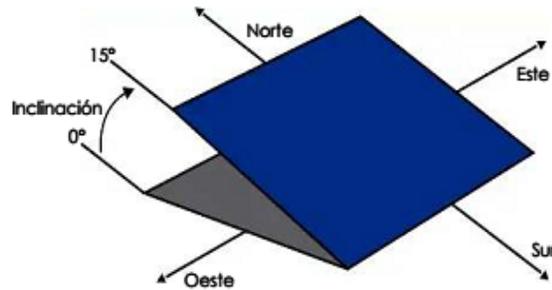


**FIGURA 17. Orientación del Sol.**

La orientación o los ángulos de inclinación en sistemas de instalación de paneles solares fotovoltaicos corresponden normalmente a los grados de inclinación de las cubiertas donde están instalados, en áreas rurales o ciudades completas lejos de las redes eléctricas convencionales.

Hoy, si no es el 100% pero la gran mayoría, considera este detalle de “ángulo de inclinación” con el objetivo de lograr el mejor y mayor rendimiento de energía proveniente del sol.

Las instalaciones varían desde casi planas en algunos techos comerciales grandes, llamados techos de pendiente baja, hasta una inclinación muy pequeña de 5 a 10 grados en algunas aplicaciones.

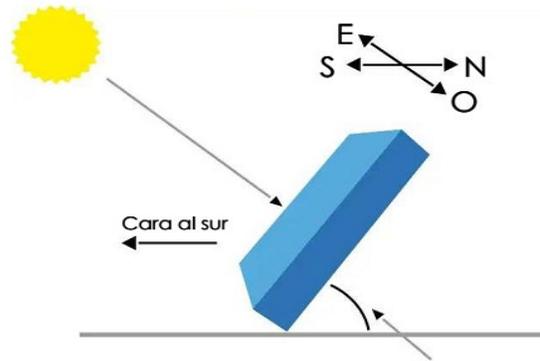


**FIGURA 18. Inclinación de Paneles Solares.**

El ángulo de inclinación del panel puede variar de 10°, 15°, 20°, 45° para asegurar mayor impacto de la radiación y a la vez ayuda a que el agua de las lluvias se drenen fácilmente lavando los polvos o sólidos impregnados por suspensión en el aire.

En aquellas instalaciones cuyos paneles estén fijos, existirá un ángulo de inclinación que optimizará la colección de energía sobre una base anual.

Pero en realidad normalmente los paneles solares se colocan inclinados para recoger mejor la irradiación solar.



**FIGURA 19. Orientación de Paneles Solares.**

Es bueno comentar que estando en el hemisferio norte o hemisferio sur, la inclinación de los rayos del sol respecto a la superficie horizontal donde está el panel o paneles solares, es variable a lo largo del año (máxima en verano y mínima en invierno).

A latitudes mayores ( $>30^\circ$  norte o sur) los paneles están inclinados más sobre el ángulo de latitud para tratar de nivelar las fluctuaciones por estaciones.

Mayormente el ángulo de inclinación coincide con la latitud del lugar de la instalación. Normalmente en algunas ubicaciones geográficas se suele tomar un ángulo mayor a  $15^\circ$  para asegurar su beneficio de captación de la energía del sol.

## **1.6 Conductores Eléctricos Para Sistemas Fotovoltaicos.**

### **1.6.1 Manejo de Cableado.**

Los módulos fotovoltaicos se instalan frecuentemente con cables de un solo conductor y clavijas de conexión rápida para una fácil instalación en campo. Sin embargo, manejar la instalación del cable puede ser difícil en ambientes hostiles, estrechos o donde los roedores pueden ser un problema.

Los instaladores deben asegurarse de que los cables estén bien sujetos y en su lugar para disminuir el desgaste en la capa exterior del cable. Los instaladores suelen utilizar clips para sujetar los cables a los módulos. Otra solución utilizada en campo para asegurar los cables son las amarras resistentes a la luz solar.

Dado que Fotovoltaico esta aprobado para uso en bandejas, donde los roedores pueden llegar a ser un problema o donde los cables prácticamente no pueden ser enterrados directamente, las bandejas pueden ser sujetadas a la parte inferior de un arreglo solar sobre el piso.

En los Estados Unidos, el cable PV es un producto de un solo conductor que cumple con los requisitos de la norma UL-4703 para cables fotovoltaicos. Los requisitos de construcción actuales descritos por UL 4703 son los siguientes:

Calibre del conductor: 18 AWG hasta 2000 kcmil.

Material del conductor: cobre, aluminio revestido de cobre, aluminio.

Aislamiento: XLPE, EPR.

Tensión: 600 V, 1 kV, 2 kV.

Resistente a la luz solar.

Temperatura de operación: 90°C en ambiente húmedo; y 105°C, 125°C y 150°C en ambiente seco.

Opción para enterramiento directo.

Opciones adicionales: USE-2, RHW-2.

Construcción: Conductor simple, sin blindaje.

Los cables fotovoltaicos para paneles o cajas combinadas se construyen comúnmente con conductores de cobre en calibres 12 AWG, 10 AWG y 8 AWG. Los cables para los feeders o alimentadores son comúnmente mayores o iguales a un calibre 1/0 AWG, son de aluminio y clasificados a 2 kV. Los cables PV de 1 kV y 2 kV a menudo tienen el mismo espesor de aislamiento. Los cables fotovoltaicos de 2 kV son estándar para sistemas que requieren capacidades superiores a 600 V.

### **1.6.2 Ventajas del Cableado Fotovoltaico PV/FV.**

Los módulos fotovoltaicos operan a altas temperaturas y están expuestos a una variedad de condiciones ambientales. El NEC limita varias aplicaciones de los arreglos fotovoltaicos a cable USE-2 o cable fotovoltaico. Estos cables deben cumplir con la resistencia a la luz solar y los rangos de temperatura requeridos para la intemperie.

Los cables fotovoltaicos se fabrican para uso en aplicaciones fotovoltaicas, mientras que los tipo USE-2 se fabrican normalmente para aplicaciones de entrada de servicio subterráneo. Ambos tipos de cables comúnmente contienen aislamiento XLPE y pueden ser resistentes a la luz solar y / o estar clasificados para enterramiento directo.

El cable fotovoltaico se diferencia del cable USE-2 en términos de grosor de aislamiento, valores de voltaje y temperatura de operación. El cable fotovoltaico contiene aislamientos más gruesos adecuados para la protección contra diversos entornos hostiles. El cable USE-2 tiene una capacidad nominal de hasta 600 V, mientras que el cable PV está disponible en tres clasificaciones de voltaje: 600 V, 1 kV y 2 kV. La temperatura máxima de operación del cable USE-2 es de 90°C, mientras que el cable fotovoltaico puede clasificarse para temperaturas más altas.

El cable fotovoltaico es uno de los pocos tipos de cable de un solo conductor que puede tener una capacidad nominal de más de 600 V y puede ser enterrado directamente de acuerdo al NEC sin necesidad de estar blindado.

## **1.7 Regulador o Controlador de Carga.**

### **1.7.1 Definición.**

El regulador es un convertidor de potencia que gestiona la energía producida por los módulos FV. Se utiliza para lograr un correcto funcionamiento de la instalación. Es necesario instalar un sistema de regulación de carga en la unión entre los paneles solares y las baterías. Este elemento recibe el nombre de regulador, con el fin de alargar la vida útil de las baterías. Así como también que en la parte de descarga se ocupe de asegurar el suministro diario y evitar la descarga por completa de las baterías.

### **1.7.2 Funcionamiento.**

Su función es evitar situaciones de sobrecarga y sobre descarga de la batería, lo que favorece asimismo la prolongación de su vida útil, básicamente por medio del uso de reguladores se puede:

- 1- Bloquear la corriente inversa.

2- Asegurar el llenado óptimo de la batería.

3- Prevenir de sobrecarga a la batería.



**FIGURA 20. Regular de Carga.**



**FIGURA 21. Regulador de Cargas.**

El Regulador Trabaja entre las Dos Zonas:

- 1- En la parte relacionada con la carga: su misión consiste en garantizar una carga suficiente al acumulador, evitando así las situaciones de descarga.
- 2- En la parte de descarga: se ocupa de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería.

Qué Sucede si no Existiera el Regulador.

Podrían producirse sobrecargas dado que los módulos solares tienen una tensión nominal mayor que la batería. La tensión nominal de los módulos es mayor por dos razones:

- 1- Atenuar posibles disminuciones de tensión por el aumento de la temperatura.
- 2- Asegurar la carga correcta de la batería: para ello, la tensión VOC del módulo deberá ser mayor que la tensión nominal de la batería.
- 3- El dimensionado del regulador de la instalación solar se realiza de manera de asegurar que el suministro de energía en las peores condiciones de irradiación solar. Por este motivo se toman como referencia los valores de irradiación de invierno, lo que puede provocar que durante el verano la energía aportada por los módulos solares sea en ocasiones casi el doble que en invierno. Esto podría llegar incluso a hacer "hervir" el electrolito de los acumuladores.

### **1.7.3 Características de los Fabricantes Regulador de Voltaje.**

Los fabricantes son los que nos proporcionarán los valores de trabajo del regulador sobre una hoja de características. En estas hojas o fichas técnicas veremos:

- 1- Características físicas del regulador: peso, dimensiones, material empleado en su fabricación, etc.
- 2- Características eléctricas.
- 3- Normas de seguridad que cumple.

Además, debemos considerar otro tipo de aspectos, como pueden ser medidas de seguridad, etc.

El regulador debe proteger tanto a la instalación como a las personas que lo manejen, por lo que deberá incluir sistemas que proporcionen las medidas de seguridad adecuadas.

### **Calculo de Reguladores de Carga PWM.**

Lo primero que tienes que saber es que los reguladores **PWM** solo se pueden utilizar con placas de 12 voltios y **36 células** y con placas solares de **24 voltios y 72 células**.

Para elegir el regulador PWM solo tenemos que saber la **máxima potencia de la placa solar**, que se conoce como **IMP**. Esto se puede consultar en la **ficha técnica** o en la placa de características en el propio panel. Este número se multiplica por el número de paneles que hay en la instalación y obtenemos el **IMP total**.

#### **1.7.4 Tipos de Reguladores.**

Existen distintos tipos de reguladores, podemos clasificarlos por ejemplo según la tecnología del interruptor, cómo gestionan la energía o la posición del interruptor.

**TABLA 2. Tipos de Reguladores de Carga.**

| CLASIFICACION DE LOS REGULADORES |                                  |  |
|----------------------------------|----------------------------------|--|
| Ítem                             | Clasificación                    | Tipo de regulador  |
| 1                                | Según Tecnología del Interruptor | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Relé electromecánico.</li> <li>•Estado sólido.</li> </ul>  |
| 2                                | Según Gestión de la Energía      | <ul style="list-style-type: none"> <li>•PWM (pulse width modulation: modulación ancho de pulsos).</li> <li>•MPPT (Máximum Power Point Tracking: seguimiento del punto de máxima potencia)</li> </ul> |
| 3                                | Según Posición del Interruptor   | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Serie.</li> <li>•Paralelo.</li> </ul>  |

En la clasificación según gestión de la energía, podemos hablar de PWM o de MPPT, una de sus principales diferencias es la siguiente:

**TABLA 3. Modelos de los Reguladores de Carga.**

| PWM  | MPPT  |
|--|---|
| Trabajan siempre a la tensión de las baterías. | Trabajan en el punto de máxima potencia de los paneles. |

Los reguladores PWM son reguladores sencillos que actúan como interruptores entre las placas fotovoltaicas y la batería. Estos reguladores fuerzan a los módulos fotovoltaicos a trabajar a la tensión de la batería. Un regulador PWM utiliza el voltaje que necesita la batería o el grupo de baterías para su carga o descarga. Si el módulo fotovoltaico está en un determinado momento generando a 16V y la tensión de la batería es de 12V, para su carga el regulador suministrará el voltaje de la batería y los 4V de diferencia no serían aprovechados.

EL regulador solar MPPT es capaz de separar la tensión de funcionamiento del grupo de módulos solares FV respecto de la tensión de la batería. Esto le permite situar la tensión de las placas solares en el punto óptimo para obtener la máxima potencia en cada momento. De ahí el nombre de “maximizador”.

Un regulador solar MPPT es un convertidor electrónico de corriente continua (CC) a corriente continua (CC) que optimiza el flujo eléctrico entre los paneles fotovoltaicos y el banco de baterías. Convierten una salida de corriente continua (CC) de mayor voltaje de los paneles solares a la tensión necesaria para cargar las baterías. El seguimiento del punto de máxima potencia de energía es un seguimiento electrónico. El regulador solar lee la salida de voltaje del panel o paneles fotovoltaicos y la compara con el voltaje de la batería. Luego se da cuenta de cuál es la mejor potencia que el panel puede suministrar para cargar la batería. Con esta información, convierte a la mejor la tensión de los paneles para obtener el máximo amperaje en la batería.

La mayoría de los reguladores solares MPPT tienen una eficiencia del 93-97% en la conversión. Por lo general, se obtiene una ganancia de potencia de 20 a 45% en invierno y 10-15% en verano. La ganancia real puede variar ampliamente según el clima, la temperatura, el estado de carga de la batería y otros factores.

## **1.8 Inversores.**

### **1.8.1 Definición y Función.**

El inversor es un dispositivo que convierte la corriente continua (CC o DC) que suministran los paneles solares FV o las baterías a corriente alterna (CA o AC).

La CA es la que utilizamos en nuestros hogares, los electrodomésticos o equipos eléctricos normalmente funcionan a 120V/220V de tensión monofásica o 240V de tensión trifásica.

El inversor entonces es un equipo electrónico que, mediante sus componentes tiene la capacidad de ondular una corriente y tensión sin frecuencia a una onda sinusoidal de 50-60 Hz 120/220V. Para que la onda sea lo más sinusoidal posible se utiliza por ejemplo una Técnica de modulación del ancho del pulso (PWM). Esta técnica permite regular la frecuencia y el valor RMS de la forma de onda de salida.

### **1.8.2 Partes Fundamentales en un Inversor.**

Control principal: incluye todos los elementos de control general, los sistemas de generación de onda basados en sistemas de modulación de anchura de pulsos (PWM) y parte del sistema de protecciones.

Etapa de potencia: esta etapa puede ser única o modular en función de la potencia deseada. Se opta por la tecnología en baja frecuencia ya que ofrece buenos resultados con una alta fiabilidad y bajo costo. Debe incorporar un filtro de salida para la onda, evitando el rizado en la tensión procedente de los módulos.

Control de red: es la interface entre la red y el control principal. Proporciona el correcto funcionamiento del sistema al sincronizar la forma de onda generada a la de la red eléctrica, ajustando tensión, fase, sincronismo, etc.

Seguidor del punto de máxima potencia (MPPT): es uno de los factores más importantes en un inversor. Su función es acoplar la entrada del inversor a los valores de potencia variables que produce el generador FV, obteniendo en todo momento la mayor cantidad de energía disponible, la máxima potencia.

Protecciones: los inversores deben estar protegidos ante tensión y frecuencia de red fuera de márgenes, temperatura de trabajo elevada, tensión baja del generador, intensidad del generador fotovoltaico insuficiente, fallo de la red eléctrica y transformador de aislamiento, además de las protecciones pertinentes contra daños a personas y compatibilidad electromagnética.

Monitorización de datos: los inversores disponen de microprocesadores que les faciliten una gran cantidad de datos tanto de los parámetros habituales (tensión, corriente, frecuencia, etc.) como de parámetros externos (radiación, temperatura ambiente, etc.) e internos (temperaturas de trabajo).

Debido al elevado costo de las instalaciones solares fotovoltaicas, durante la etapa de operación del sistema los inversores deben ofrecer un alto rendimiento y fiabilidad. Dicho rendimiento depende de la variación de la potencia de la instalación, por lo que debe procurarse trabajar con potencias cercanas o iguales a la nominal, puesto que si la potencia procedente de los paneles fotovoltaicos a la entrada del inversor varía, el rendimiento disminuye.

Principales parámetros habituales a tener en cuenta en un inversor son:

- 1- Tensión nominal (V): tensión que debe aplicarse en bornes de entrada del inversor.

- 2- Potencia nominal (VA): potencia que suministra el inversor de forma continuada.
- 3- Potencia activa (W): potencia real que suministra el inversor teniendo en cuenta el desfase entre tensión y corriente.
- 4- Capacidad de sobrecarga: capacidad del inversor para suministrar una potencia superior a la nominal y tiempo que puede mantener esa situación.

### **1.8.3 Factor de Potencia.**

Cociente entre potencia activa y potencia aparente a la salida del inversor. En el caso ideal, donde no se producen pérdidas por corriente reactiva, su valor máximo es 1.

- 1- Eficiencia o rendimiento: relación entre las potencias de salida y entrada del inversor.
- 2- Autoconsumo: potencia consumida por el inversor comparada con la potencia nominal de salida.
- 3- Armónicos: un armónico ideal es una frecuencia de onda múltiplo de la frecuencia fundamental. Tener en cuenta que, sólo a frecuencia fundamental, se produce potencia activa.
- 4- Distorsión armónica: la distorsión armónica total o THD (Total Harmónicos Distorsión) es el parámetro que indica el porcentaje de contenido armónico de la onda de tensión de salida del inversor.

#### **1.8.4 Requisitos Generales de los Inversores.**

- 1- Alta eficiencia.
- 2- Alta confiabilidad: resistencia a los picos de arranque.
- 3- Baja distorsión armónica.
- 4- Seguimiento del punto de máxima potencia.
- 5- Bajo consumo en vacío (es decir sin cargas conectadas).
- 6- Protección contra sobretensiones.
- 7- Aislamiento galvánico.
- 8- No funcionamiento en isla.
- 9- Conexión/Desconexión automática.
- 10- Sistema de monitorización.

El inversor debe tener una potencia correspondiente al consumo y a la generación fotovoltaica. Es decir, no debe sobrepasarse el umbral de potencia máxima del inversor ( $P_{max}$  [kW]) ya que así fallaría el funcionamiento.

### 1.8.5 Tipos de Inversores:

- 1- Inversor conectado a la red.
- 2- Inversor independiente.
- 3- Inversor conectado a la red con almacenamiento en baterías (híbrido).

Una exigencia de los inversores prácticos es la posibilidad de mantener constante el valor eficaz de la tensión de salida frente a las variaciones de la tensión de entrada y de la corriente de la carga, o incluso poder variar la tensión de salida entre unos márgenes más o menos amplios.

Las soluciones existentes para este último problema se pueden agrupar en tres procedimientos:

Control de la tensión continua de entrada: el control de la tensión de las baterías que alimentan al inversor, proporcionara una forma directa de controlar el valor eficaz de la salida. Este tipo de inversor se denomina "variable dc - link Inverter".

Regulación interna en el propio inversor: la tensión de las baterías de entrada es constante y la modulación PWM en la secuencia de conducción de los transistores, proporciona una cierta regulación de la tensión eficaz de salida y una reducción del contenido armónico, con ciertas restricciones dependiendo del tipo de modulación.

Regulación en la tensión de salida: consiste en disponer de un autotransformador en la salida del inversor, controlado mecánicamente o electrónicamente mediante tiristores. Esta solución incorpora un retraso en la respuesta del sistema y un aumento del volumen si se necesita una tensión de salida elevada.

### **1.8.6 Selección de Inversores.**

Los inversores no se calculan, sino que se seleccionan según los siguientes parámetros:

- 1- Tipo de Inversor.
- 2- Potencia.
- 3- Tensión e Intensidad de corriente de Entrada.
- 4- Rango de tensión de MPPT (si corresponde).
- 5- Potencia, Tensión, Intensidad de corriente y Frecuencia de Salida.
- 6- Potencia pico o Capacidad de Sobrecarga.
- 7- Eficiencia.

### **1.9 Batería.**

La llegada de la energía solar a los módulos fotovoltaicos no se produce de manera uniforme, sino que presenta variaciones por diferentes motivos. Algunas de estas variaciones son predecibles, como la duración de la noche o las estaciones del año, pero existen otras muchas causas que pueden producir alteraciones de manera aleatoria en la energía recibida, como puede ocurrir con un aumento de la nubosidad en un determinado instante.

Este hecho hace necesario utilizar algún sistema de almacenamiento de energía para aquellos momentos en que la radiación recibida sobre el generador fotovoltaico no sea capaz de hacer que la instalación funcione en los valores diseñados. Para ello se utilizarán las baterías o acumuladores.

En un sistema fotovoltaico la función de las baterías es almacenar energía en exceso que produzca el sistema. La energía que es almacenada en las baterías es utilizada durante la noche o en los períodos de menor irradiación.

Las baterías son parecidas a las baterías de los automóviles, pero las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son lo que se conocen como ciclo profundo ("deep-cycled").

Este tipo de batería está diseñado para descargarse lentamente y recargarse irregularmente. Para el diseño debe calcularse un banco de baterías, cuya descarga diaria de alrededor del 20% para que pueda funcionar la vida útil prevista. Mientras menos se descarga la batería más ciclos de vida tiene.

En síntesis, las baterías: Son indispensables en los sistemas autónomos, para compensar la variabilidad de la energía solar.

### **1.9.1 Transforman la Energía Química en Eléctrica (BATERIAS).**

Son recargadas a través de la electricidad generada por los paneles solares y luego alimentan las cargas.

## 1.9.2 Tipos de Baterías:

**Los tipos más comunes de batería utilizados en los sistemas fotovoltaicos son:**

Baterías de ácido-plomo: Batería con ventilación o mantenimiento. Batería sellada o sin mantenimiento.

1- Baterías alcalinas:

2- Batería de Níquel-Cadmio.

3- Batería de Níquel-Hierro.

Las baterías son recargadas desde la electricidad producida por los paneles solares, a través de un regulador de carga, y pueden entregar su energía a la salida de la instalación, donde será consumida.

**Tres son las misiones que tienen las baterías en las instalaciones fotovoltaicas:**

1- Almacenar energía durante un determinado número de días.

2- Proporcionar una potencia instantánea elevada.

3- Fijar la tensión de trabajo de la instalación.

Uno de los parámetros más importantes que tener en cuenta a la hora de elegir un acumulador es la capacidad.

Se define como la cantidad de electricidad que puede lograrse en una descarga completa del acumulador partiendo de un estado de carga total del mismo. Se mide en amperios hora (Ah), y se calcula como el producto de la intensidad de descarga del acumulador durante el tiempo en el que está actuando:  $C = t I$ .

**Eficiencia de carga:** relación entre la energía empleada para recargar la batería y la energía realmente almacenada. Interesa que sea un valor lo más alto posible (próximo al 100 %, lo que indicaría que toda la energía utilizada para la recarga es factible de ser empleada en la salida de la instalación). Si la eficiencia es baja, será necesario aumentar el número de paneles solares para obtener los resultados deseados.

**Auto descarga:** proceso mediante el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse.

**Profundidad de descarga:** cantidad de energía, en tanto por ciento, que se obtiene de la batería durante una determinada descarga, partiendo del acumulador totalmente cargado. Está relacionada con la duración o vida útil del acumulador. Si los ciclos de descargas son cortos (en torno al 20 %, por ejemplo), la duración del acumulador será mayor que si se le somete a descargas profundas (por ejemplo, del 80 %).

Además de los parámetros eléctricos, las características que serían deseables para las baterías a utilizar en las instalaciones solares son:

- 1- Buena resistencia al ciclado (proceso de carga descarga).
- 2- Bajo mantenimiento.
- 3- Buen funcionamiento con corrientes pequeñas.

- 4- Amplia reserva de electrolito.
- 5- Depósito para materiales desprendidos.
- 6- Vasos transparentes.

Existen diferentes tecnologías en la fabricación de baterías, si bien unas son más adecuadas que otras para utilizarlas en las instalaciones solares.

### 1.9.3 Clasificación de las Baterías.

Las baterías se clasifican en función de la tecnología de fabricación y de los electrolitos utilizados. En la **TABLA 4**. Comparar los principales tipos de baterías que hay en el mercado, a través de sus características básicas.

**TABLA 4. Clasificadores de las Baterías.**

| Tipo de batería                 | Tensión por vaso (V) | Tiempo de recarga | Autodescarga por mes | N.º de ciclos | Capacidad (por tamaño) | Precio |
|---------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|---------------|------------------------|--------|
| Plomo-ácido                     | 2                    | 8-16 horas        | < 5 %                | Medio         | 30-50 Wh/kg            | Bajo   |
| Ni-Cd (níquel-cadmio)           | 1,2                  | 1 hora            | 20 %                 | Elevado       | 50-80 Wh/kg            | Medio  |
| Ni-Mh<br>(níquel-metal hydride) | 1,2                  | 2-4 horas         | 20 %                 | Medio         | 60-120 Wh/kg           | Medio  |
| Li ion (ión litio)              | 3,6                  | 2-4 horas         | 6 %                  | Medio - bajo  | 110-160 Wh/kg          | Alto   |

Las baterías más utilizadas en las instalaciones solares son las de plomo ácido, por las características que presentan. Dentro de este tipo de baterías nos podemos encontrar diferentes modelos.

### 1.9.4 Modelos de las Baterías.

La siguiente tabla nos muestra diferentes modelos de baterías de plomo ácido que se utilizan en la práctica (dependiendo de la aplicación de la instalación), con las ventajas e inconvenientes que pueden presentar.

**TABLA 5. Modelos de Baterías.**

| TIPO                      | VENTAJAS  | INCONVENIENTES  | ASPECTO  |
|---------------------------|---|---|--|
| Tubular estacionaria      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclado profundo.</li> <li>• Tiempos de vida largos.</li> <li>• Reserva de sedimentos.</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio elevado.</li> <li>• Disponibilidad escasa en determinados lugares.</li> </ul>   |   |
| Arranque (SLI, automóvil) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio.</li> <li>• Disponibilidad.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal funcionamiento ante ciclado profundo y bajas corrientes.</li> <li>• Tiempo de vida corto.</li> <li>• Escasa reserva de electrolito.</li> </ul> |   |
| Solar                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricación similar a SLI.</li> <li>• Amplia reserva de electrolito.</li> <li>• Buen funcionamiento en ciclos medios.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempos de vida medios.</li> <li>• No recomendada para ciclados profundos y prolongados.</li> </ul>  |   |
| Gel                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escaso mantenimiento.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremas de V-I.</li> </ul>  |  |

En aquellas instalaciones en las que vamos a tener descargas profundas, elegiremos baterías tubulares estacionarias, así como en las instalaciones en las que necesitemos una capacidad elevada. Es el caso que se da en las instalaciones autónomas de viviendas.

Si la instalación solar es de pequeña dimensión, o de muy difícil mantenimiento, deberemos elegir baterías de gel, vigilando que no se produzcan ciclos de descargas profundos. Un ejemplo puede ser una instalación solar que alimenta un pequeño repetidor en lo alto de un monte.

A la hora de elegir los acumuladores, es importante tener en cuenta el efecto de la temperatura sobre los mismos. La capacidad aumenta a medida que sube la temperatura, y al revés, disminuye cuando baja la temperatura del lugar donde se encuentra ubicado. Si prevemos la posibilidad de

que existan temperaturas por debajo de 0 °C en el lugar de la instalación, deberemos elegir un acumulador de capacidad mayor que la calculada en el dimensionado de la instalación, con el fin de que no haya problemas en su funcionamiento.

La construcción del acumulador se realiza conectando vasos individuales hasta obtener las condiciones de tensión y capacidad requeridas en la instalación que estamos realizando, en el caso de la utilización de baterías tubulares estacionarias. En las baterías monoblock, deberemos elegir aquella que sea acorde con la tensión de trabajo de la instalación y la potencia que se va a consumir en la misma.

### **1.9.5 Capacidad de la Batería.**

La capacidad hace referencia a la energía entregada y depende de la rapidez con la cual se descarga la batería. La capacidad nos indica que la corriente que puede suplir a su voltaje nominal en un periodo de tiempo.

Esto podemos encontrarlo con su denominación por ejemplo C10, C20, C100, etc. La capacidad de una batería está indicada en amperios-horas (Ah).

Por ejemplo una batería que tiene una capacidad de 10 Ah. Esto significa que esta batería puede suplir 10 amperios de corriente por 1 hora:

$$10 \text{ Ah} = 10 \text{ amperios} \times 1 \text{ hora}$$

Pero también hay otras combinaciones que nos dan el mismo resultado:

$$10 \text{ Ah} = 20 \text{ amperios} \times 0.5 \text{ horas}$$

10 Ah = 5 amperios x 2 horas

Las especificaciones de baterías que se muestran en el siguiente **TABLA 6** proporcionan detalles sobre el tipo, capacidad, tipo borne, dimensiones y peso de las mismas, para elegir la batería adecuada al diseño requerido.

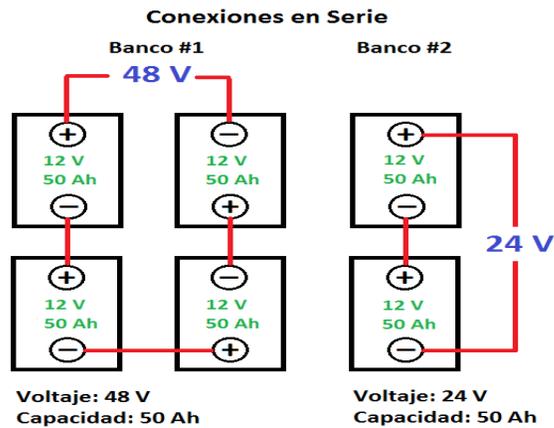
| TAMAÑO DEL GRUPO BCI   | TIPO       | CAPACIDAD* Minutos |               |               | CAPACIDAD* Amp-Hora (AH) |         |         |          | ENERGIA (kWh)<br>Capacidad a 100 hs | VOLTAJE | TIPO DE BORNE / POSTE* | DIMENSIONES* Decimales (mm) |            |             | PESO lbs. (kg) | HydroLink™ or Single-Point Watering Kit* |
|--|------------|--------------------|---------------|---------------|--------------------------|---------|---------|----------|-------------------------------------|---------|------------------------|-----------------------------|------------|-------------|----------------|--|
|  |            | a 25 amperios      | a 56 amperios | a 75 amperios | a 5 hs                   | a 10 hs | a 20 hs | a 100 hs |                                     |         |                        | Longitud                    | Ancho      | Altura*     |                |  |
| <b>BATERÍAS DE ELECTROLITO LÍQUIDO DE CICLO PROFUNDO DE 6 VOLTIOS CON T2 TECHNOLOGY™</b> |            |                    |               |               |                          |         |         |          |                                     |         |                        |                             |            |             |                |  |
| GC2  | T-60S      | 383                | -             | 105           | 175                      | 193     | 210     | 232      | 1.39                                | 6 VOLT  | 1, 2, 3, 4             | 10.30 (262)                 | 7.11 (181) | 11.07 (281) | 58 (26)        | HydroLink                                |
| GC2  | T-10S      | 447                | -             | 115           | 185                      | 207     | 225     | 250      | 1.50                                | 6 VOLT  | 1, 2, 3, 4             | 10.30 (262)                 | 7.11 (181) | 11.07 (281) | 62 (28)        | HydroLink                                |
| GC2  | T-10S Plus | 447                | -             | 115           | 185                      | 207     | 225     | 250      | 1.50                                | 6 VOLT  | 1, 2, 3                | 10.30 (262)                 | 7.11 (181) | 11.07 (281) | 62 (28)        | Single-Point                             |
| GC2  | T-12S      | 488                | -             | 132           | 195                      | 221     | 240     | 266      | 1.60                                | 6 VOLT  | 1, 2, 3, 4             | 10.30 (262)                 | 7.11 (181) | 11.07 (281) | 66 (30)        | HydroLink                                |
| GC2  | T-12S Plus | 488                | -             | 132           | 195                      | 221     | 240     | 266      | 1.60                                | 6 VOLT  | 1, 2, 3                | 10.30 (262)                 | 7.11 (181) | 11.07 (281) | 66 (30)        | Single-Point                             |
| GC2H   | T-14S      | 530                | -             | 145           | 215                      | 239     | 260     | 287      | 1.72                                | 6 VOLT  | 1, 2, 3, 4             | 10.30 (262)                 | 7.11 (181) | 11.90 (302) | 72 (33)        | HydroLink                                |
| GC2H   | T-14S Plus | 530                | -             | 145           | 215                      | 239     | 260     | 287      | 1.72                                | 6 VOLT  | 1, 2, 3                | 10.30 (262)                 | 7.11 (181) | 11.90 (302) | 72 (33)        | Single-Point                             |
| DIN  | TE3S       | 500                | -             | 135           | 201                      | 225     | 245     | 270      | 1.63                                | 6 VOLT  | 8                      | 9.60 (244)                  | 7.50 (191) | 10.60 (269) | 68 (31)        | N/A                                      |
| 901  | J250G      | 475                | -             | 130           | 195                      | 216     | 235     | 261      | 1.57                                | 6 VOLT  | 7                      | 12.17 (309)                 | 6.85 (174) | 11.43 (290) | 67 (30)        | HydroLink                                |
| 901  | J250P*     | 540                | -             | 135           | 215                      | 230     | 250     | 278      | 1.67                                | 6 VOLT  | 6                      | 11.66 (296)                 | 6.94 (176) | 11.54 (293) | 72 (33)        | Single-Point                             |
| 902  | J305E-AC   | 645                | -             | 160           | 250                      | 280     | 305     | 339      | 2.03                                | 6 VOLT  | 7                      | 12.17 (309)                 | 6.85 (174) | 14.41 (366) | 83 (38)        | HydroLink                                |
| 902  | J305G-AC   | 678                | -             | 175           | 258                      | 290     | 315     | 350      | 2.10                                | 6 VOLT  | 7                      | 12.27 (312)                 | 6.85 (174) | 14.41 (366) | 88 (40)        | HydroLink                                |
| 902  | J305P-AC*  | 711                | -             | 195           | 271                      | 304     | 330     | 367      | 2.20                                | 6 VOLT  | 6                      | 11.66 (296)                 | 6.94 (176) | 14.42 (366) | 96 (44)        | Single-Point                             |
| 902  | J305PG-AC  | 711                | -             | 195           | 271                      | 304     | 330     | 367      | 2.20                                | 6 VOLT  | 7                      | 12.27 (312)                 | 6.85 (174) | 14.41 (366) | 96 (44)        | HydroLink                                |

**TABLA 6. Baterías de Ciclo Profundo.**

### 1.9.6 Tipos de Conexión en Baterías.

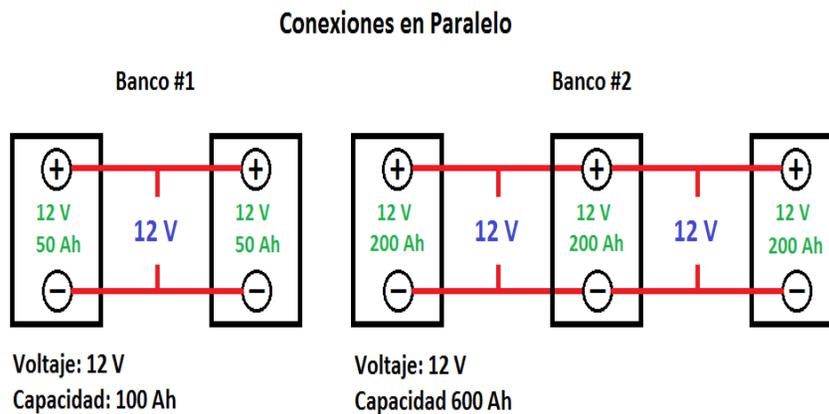
En un banco las baterías, las mismas pueden conectarse tanto en serie como en Paralelo, para obtener un voltaje y una capacidad en amperios-hora deseados.

La conexión en serie se utiliza para aumentar el valor del voltaje de salida del banco. Ejemplo: si se conectan 2 baterías de 12 V en serie la salida del banco es de 24 V. Si se conectan 4 baterías de 12 V en serie la salida del banco es de 48 V.



**FIGURA 22. Tipo de Conexión de Serie en Baterías.**

La conexión en paralelo se utiliza para aumentar la capacidad en amperios-hora del banco. Así, si se conectan 2 baterías con una capacidad de 50 Ah en paralelo la capacidad del banco será de 100 Ah. Si se conectan 3 baterías de 200 Ah en paralelo la capacidad del banco será de 600 Ah.



**FIGURA 23. Conexión de Banco de Baterías en Paralelo.**

Otros parámetros a considerar son:

- 1- Temperatura.
- 2- Capacidad y tensión de trabajo.

Ejemplo de Cálculo de Baterías.

$E_{BatNEC} = [Energía consumida (Wh) \times Autonomía (días)] / Profundidad de descarga.$

**TABLA 7. Ejemplo de consumo para cálculos de baterías.**

| <b>Consumo de Electrodomésticos</b> |                         |          |         |                  |                         |
|-------------------------------------|-------------------------|----------|---------|------------------|-------------------------|
| Ítem                                | Descripción             | Cantidad | Consumo | Horas Trabajadas | Consumo Diario (Wh/día) |
|                                     |                         |          | watts   | diario (hs)      |                         |
| 1                                   | Tv Led 42", Samsung     | 1        | 100     | 4                | 400                     |
| 2                                   | Ventilador de Techo 46" | 1        | 70      | 4                | 280                     |
| 3                                   | Radio Grabadora         | 1        | 40      | 4                | 160                     |
| 4                                   | Cargador Celular        | 1        | 15      | 1                | 15                      |
| 5                                   | Bomba de Agua           | 1        | 200     | 1                | 200                     |
| <b>Consumo Diario Wh/día</b>        |                         |          |         |                  | <b>1055</b>             |

Siguiendo el ejemplo anterior y tomando la autonomía de 2 días:

$E_{BatNEC} = (1055 \text{ Wh} \times 2) / 0,5 = 4220 \text{ Wh}$  para profundidad de descarga del 50% (1000 ciclos).

$E_{BatNEC} = (1055 \text{ Wh} \times 2) / 0,8 = 2637 \text{ Wh}$  para profundidad de descarga del 80% (500 ciclos).

Por último, seleccionamos una batería y vemos cuántas necesitamos y cómo conectamos. Suponiendo Trojan T-105 de electrolito líquido para C20: 6V y 225 Ah, implica  $E_{bat}=1350 \text{ Wh}$ .

$Cant = 3820 / 1350 = 2,83 \rightarrow 3$ . Si hacemos un circuito de 12V, necesitamos 2 baterías en serie, con lo cual vamos a necesitar 4 baterías, para hacer 2 series en paralelo.

$Cant = 2388 / 1350 = 1,77 \rightarrow 2$ . Si hacemos un circuito de 12V, necesitamos 2 baterías.

## **1.10 Sistema de Conexión a Tierra para Sistema Fotovoltaicos.**

En una instalación eléctrica manejada por el hombre, directa o indirectamente, es imprescindible la presencia de los llamados 'conductores de protección eléctrica' o 'línea a tierra'.

Una línea a tierra debe estar ubicada entre o al lado continuo de las conexiones eléctricas y entre los alojamientos exteriores metálicos de todo equipo eléctrico, sean lámparas, refrigeradores, motores y el suelo o piso donde se hallan los equipos eléctricos operados por los paneles fotovoltaicos los mismos que generan la electricidad gracias a los rayos solares. La línea a tierra las instalaciones fotovoltaicas aseguran cinco veces más la duración de las instalaciones fotovoltaicas además que los hace permanentemente estable durante toda su vida útil. Circuito verde el circuito o línea a tierra.

El porqué de una 'línea a tierra'

Independientemente de la energía eléctrica, en toda instalación se requiere de un conductor por donde disipe la electricidad que pueda descargarse, diseccionarse o perjudicar al hombre. Con línea a tierra es más seguro todo trabajo eléctrico.

Las fallas pueden ser como: variaciones de tensión, averías en la instalación, deterioro natural de los conductores eléctricos, equipos, descargas Atmosféricas, cargas estáticas, falsos contactos y simplemente fallas casuales.

Es un tanto poco visible por ejemplo una falla y falsa alimentación eléctrica a alguna parte exteriores de los equipos eléctricos. Así, se arriesga involuntariamente un cortocircuito el mismo que se puede evitar gracias al conductor de protección entre la carcasa del dispositivo eléctrico respectivo y el suelo. Gracias a la línea a tierra, el hombre y los animales están controlados su seguridad de vida o lamentación alguna. El aspecto inofensivo se reduce considerablemente.

Si la instalación no tiene circuito de protección a tierra, la corriente de falla pasará por el cuerpo de la persona ocasionándole un choque eléctrico que puede ser mortal dependiendo del tiempo de duración del contacto y de la tensión o magnitud de la descarga.

Es obligatoria la puesta a tierra en instalaciones donde se prevén tensiones a circuito abierto en el campo fotovoltaico superiores a 50 Voltios (50 W).

### **Trabajo de la línea a tierra**

La conexión a tierra o línea a tierra o línea puesta a tierra es una conexión eléctricamente conductora al suelo.

Consiste en cables de cobre o de acero con cables de conexión y terminales.

Una conexión a tierra establece una conexión conductiva al entorno conductivo. La conexión a tierra está presente si este entorno cubre el suelo o está conectado conductivamente.

La conexión a tierra a menudo tiene el objetivo de crear un potencial de referencia definido o conexión equipotencial para cortocircuitar cualquier voltaje presente.

Sin embargo, dado que la conexión a tierra, como cualquier otra conexión eléctricamente conductora, tiene una resistencia, permanece un voltaje en el caso de un flujo de corriente permanente de acuerdo con la ley de Ohm.

Solo en aplicaciones estáticas se puede suponer que un electrodo de tierra es un conductor eléctrico no aislado, que se introduce como una superficie de contacto eléctrico en el suelo.

Cuando se produce una falla en una instalación, la corriente eléctrica que llega a esa falla pasa por ella y se dirige hacia tierra utilizando el camino más corto para que la corriente eléctrica regrese a su fuente.

Si la instalación tiene circuito de protección a tierra la corriente de falla pasará directamente a tierra sin exponer al peligro u ocasionar daño a la persona.

#### Línea a tierra

Con instalación de 'conductor a tierra' se logra la prevención contra choques eléctricos así como la protección de su inversión haciendo su costo similar al costo de una reparación o reposición de alguno de uno de los aparatos eléctricos.

Todas las partes metálicas de la instalación tienen que estar conectados a tierra, tanto los paneles o módulos o placas como las partes de cualquier otro elemento

Importante.

Un conductor de protección local con conexión a tierra por sí solo no constituye una protección funcional, solo se proporciona con la ejecución correcta de todo el circuito hasta la fuente de tensión.

Donde existe el componente Inversor también es importante la puesta a tierra en la zona de la parte alterna.

Hay que señalar que el marco de aluminio de un panel solar fotovoltaico debe considerarse como una parte metálica expuesta a efectos eléctricos con la atmósfera.

En los Sistemas Fotovoltaicos

Dos puntas de cobre a tierra, una la de las masas metálicas de la parte de alterna (inversor) y otra la del neutro de salida del inversor.

Para los componentes como los mismos módulos, cajas de control, conexiones, controladores de carga, inversores, y cualquier caja metálica que sostiene el equipo eléctrico como la caja de la batería; la forma más fácil de instalar un equipo 'puesto a tierra' es un conductor de tamaño adecuado que está conectado a un terminal hacia el suelo.

Todos los fabricantes de equipos tienen una ubicación específica y el tipo de terminal que puede utilizarse para conectar una caja, componente, etc. hacia un terminal de tierra indicado por el experto del asunto.

Debe existir separación galvánica entre la red de distribución y la instalación fotovoltaica, si es el caso.

Los marcos de estos se conectan a tierra, como medida de seguridad frente a descargas de origen atmosférico.

Una o dos varillas de cobre a tierra conectadas al sistema de puesta a tierra del inversor por uno de tamaño #6 AWG conectado del circuito a tierra existente a los nuevos si se aumenta algún componente o propios paneles fotovoltaicos.

No se puede romper ninguna línea de conexión a tierra. Este método permite mejor en sistemas de modesta o baja resistencia con que está trabajando el sistema fotovoltaico.

Ejemplo: Las varillas a tierra que se instalan en una fotovoltaica aislada son dos, una de ellas a la estructura soporte de paneles con cable de 35 mm desnudo y la otra al inversor a la salida de la corriente alterna y a los varistores que proporcionan mayor protección contra transitorios de alto voltaje que pueden ser producidos por relámpagos, conmutaciones o ruido eléctrico en líneas de potencia de corriente continua o corriente alterna.

Generalmente los marcos son de aluminio anodizado que se comporta como un aislante relativamente bueno, por lo que la conexión del conductor de protección en otra parte no es necesariamente eficaz.

Electrodos verticales. Varillas de cobre enterradas verticalmente en suelos húmedos y de fácil excavación.

Electrodos horizontales. Tendido de un alambre o pretina de cobre a una profundidad de 75 cm (+o-) y sobre una longitud calculada de acuerdo con la resistividad del terreno y el grosor del cable. Es recomendable para suelos duros y extensos.

Se usa la arcilla de ventonita para disminuir la resistividad del terreno.

No se debe usar ningún tipo de sulfato ni sales por ser muy corrosivos a los metales.

#### Dimensionamiento de una 'línea a tierra'

Para los sistemas fotovoltaicos una línea puesta a tierra está dimensionada según los requisitos establecidos en el mismo NE C (Código Eléctrico Nacional de los EE. UU).

Para los sistemas fotovoltaicos, el tamaño se basa principalmente en dispositivo de protección de sobre corriente utilizado en el circuito.

No todos los sistemas fotovoltaicos se encuadran a lo recomendado por la calificación de "protección de sobre corriente" del NEC.

Algunos módulos fotovoltaicos disponen en el marco de un orificio específico para su puesta a tierra (generalmente señalado mediante el símbolo de tierra).

La simple conexión de los marcos de los módulos a una estructura anclada en el suelo no se considera como una puesta a tierra eficaz.

Cuando el campo fotovoltaico se encuentra a una distancia considerable del resto de la instalación, recomiendan instalar otro electrodo de tierra lo más cerca posible del campo al que se conectará directamente el conductor de protección de ese campo.

Todos los electrodos de tierra presentes en la instalación deben conectarse eléctricamente entre sí.

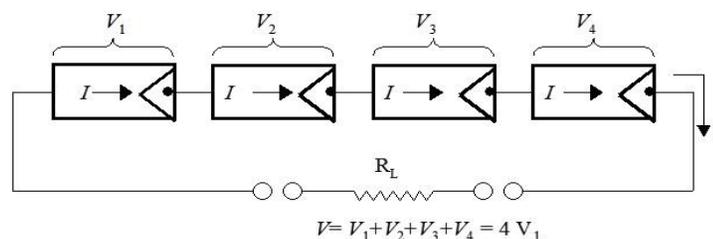
## 1.11 Arreglo Fotovoltaico.

En ocasiones el área requerida para la instalación del sistema fotovoltaico está dispersa por las instalaciones, entonces se tendrán que instalar sistemas fotovoltaicos que generen energía eléctrica para un mismo fin. Un arreglo fotovoltaico no es más que la agrupación de paneles fotovoltaicos trabajando para un mismo fin, un mismo proyecto.

En muchas aplicaciones la potencia generada por el módulo no basta para activar una carga eléctrica, por ésta razón y usando la ventaja de que la generación de electricidad es de corriente directa, los módulos se pueden conectar en serie o en paralelo para incrementar la potencia de trabajo, y formar una nueva estructura llamada el arreglo fotovoltaico. Es importante considerar que para formar los arreglos fotovoltaicos, los módulos deben tener características eléctricas idénticas para evitar la formación de los llamados “puntos calientes”.

### 1.11.1 Incrementando el Voltaje

La conexión en serie de módulos idénticos dará un arreglo con un voltaje de salida dado como la suma de los voltajes de cada módulo. Si se considera que se tiene N módulos idénticos conectados en serie, las características eléctricas de ésta nueva asociación, a la que se le llamará panel fotovoltaico o cadena, tendrán como voltaje, la suma de cada uno de los voltajes de los módulos; y como corriente, la misma corriente que genera un módulo. Sólo se considerarán 4 módulos idénticos. La **FIGURA 24**. Muestra la conexión de estos 4 módulos en serie.



**FIGURA 24. Conexión en serie de 4 módulos idénticos.**

Así, si se llama  $VCA(1)$ ,  $ICC(1)$ , al voltaje a circuito abierto y corriente a corto circuito, respectivamente del módulo 1; y así sucesivamente para los otros módulos, entonces las características eléctricas de la asociación tipo serie, para módulos idénticos, estará dadas por:

$$VCA(S)=4VCA (1).$$

La corriente a corto circuito de la asociación serie,  $ICC(S)$ , es igual al valor de la corriente a corto circuito de cualquiera de los 4 módulos ya que éstos tienen el mismo valor por ser Módulos idénticos, de donde:

$$ICC(S)= ICC (1)= ICC (2) = ICC (3) = ICC (4).$$

Si se conecta una carga eléctrica con resistencia de carga

$R_L$ , entonces el voltaje de operación de la carga,  $VOP(S)$ , estará dado como la suma de los voltajes de acoplamiento de la carga eléctrica en cada uno de los módulos; es decir, si  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_4$ , son esos voltajes, entonces.

$$VOP(S) = V_1, + V_2 + V_3 + V_4.$$

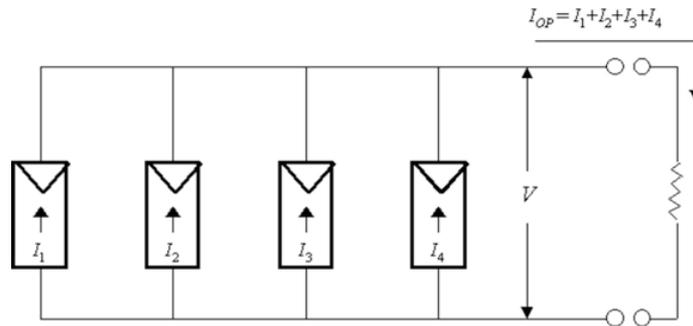
Como las celdas son idénticas, la corriente de operación de la carga eléctrica en cada celda será la misma que la de la asociación en serie, de donde

$$IOP(S) = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I$$

### 1.11.2 Incrementando la Corriente.

Ya que celdas solares idénticas conectadas en paralelo forman una asociación cuya corriente de salida es igual a la suma de las corrientes individuales de cada celda, la conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos idénticos formará una asociación cuya corriente de salida será igual a la suma de las corrientes individuales de cada módulo. La **FIGURA 25**. Muestra una representación

esquemática de la conexión en paralelo de módulos idénticos. Sólo se han considerado 4 módulos, pero el razonamiento se aplica para cualquier número de módulos conectados en serie. La condición es que todos ellos tengan idénticas características eléctricas.



**FIGURA 25. Conexión en Paralelo de 4 módulos idénticos.**

Si  $VCA(P)$  es el voltaje a circuito abierto de la asociación en paralelo, entonces

$$VCA(P) = VCA(1) = VCA(2) = VCA(3) = VCA(4).$$

Si  $ICC(P)$  es la corriente a corto circuito de la asociación en paralelo, entonces

$$ICC(P) = 4 ICC(1)$$

Si se conecta una carga RL a la asociación entonces se tendrá que la corriente de operación de la carga,  $IOP$ , estará dada

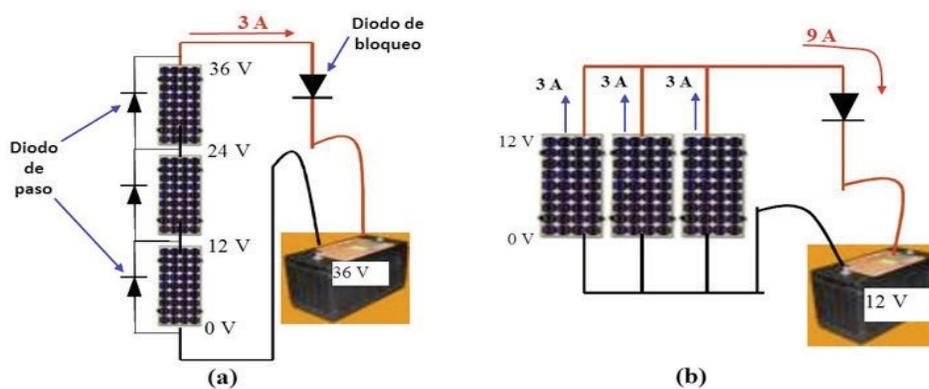
$$IOP = I1 + I2 + I3 + I4$$

Donde  $I1$ ,  $I2$ ,  $I3$ , e  $I4$  son la corriente de operación que consume la carga cuando se conecta a cada módulo individualmente.

Para evitar el flujo de corriente en la dirección opuesta cuando se conectan módulos en serie y en paralelo, se utilizan diodos de bloqueo en todos los paneles o cadenas de módulos conectados en paralelo; y los diodos de paso, en todos los módulos conectados en serie. Estos dispositivos proporcionan un camino de alivio para evitar que circule corriente por un panel o un módulo sombreado (sombra de nubes o de objetos). Un módulo sombreado no genera energía, por lo cual, los demás módulos lo verán como un punto de resistencia. En consecuencia, fluiría corriente hacia él convirtiéndose en un punto caliente del arreglo; aumentará su temperatura y se degradará aceleradamente.

### El arreglo fotovoltaico.

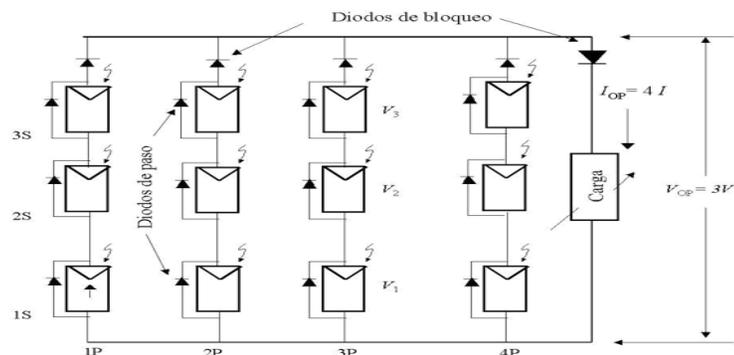
Cuando la potencia demandada es alta, se recomienda primero analizar qué tipo de sistema es el que se alimentará. En el caso de acoplamiento directo módulos-carga, se identifica cual es el rango de voltaje en el que operará la carga eléctrica para que, con una combinación en serie de módulos, sea suministrado el voltaje de operación. Recuerde que los módulos conectados en serie forman una estructura llamada panel. Si el módulo se acopla con acumuladores de 12 volt nominales, recordando que para garantizar el 100% de carga se requiere de un voltaje del orden de 14.4 volt, entonces por cada acumulador en serie se requiere de un módulo de 36 celdas. Esta regla básica es válida para sistemas con voltajes nominales de hasta 48 Volt.



**FIGURA 26. Serie y paralelo de módulos acoplados con acumuladores, Diagrama esquemático de la conexión entre módulos y un acumulador. En (a) se tiene la conexión en serie, y en (b) la conexión en paralelo.**

Para proporcionar el voltaje de operación y formar el panel o cadena FV, es necesario estimar cuantos paneles se requieren conectar en paralelo para que la corriente producida multiplicada por la irradiación (irradiación acumulada al día), genere la energía eléctrica que consumirá la carga acoplada durante el día.

La estructura formada con los paneles conectados en paralelo recibe el nombre de arreglo fotovoltaico (AFV).



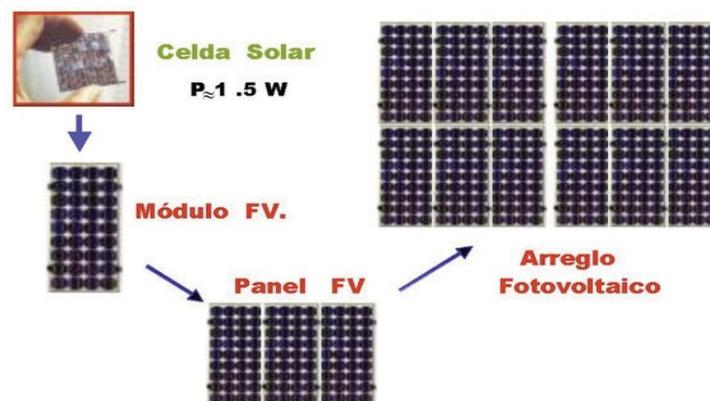
**FIGURA 27. Muestra el diagrama esquemático de un AFV en donde se han colocado los diodos de paso y de bloqueo para disminuir la probabilidad de los puntos calientes.**

Un AFV compuesto por 3 módulos en serie, los que forman el panel para proporcionar el voltaje de operación, y 4 paneles conectados en paralelos para proporcionar la potencia. La configuración así formada se especifica como 3Sx4P.

La configuración eléctrica de dicho arreglo está formada por 3 módulos conectados en serie (formando el panel que dará el voltaje de operación de la carga), y 4 paneles o cadenas conectados en paralelo, que generarán la corriente necesaria que consumirá la carga. Dicha configuración suele especificarse como 3Sx4P (3 módulos en serie y 4 paneles en paralelo).

Es importante aclarar que los arreglos fotovoltaicos deben de construirse usando módulos cuyas características eléctricas sean idénticas para evitar los desbalances eléctricos y la probabilidad de formación de los puntos calientes.

Así, se ha llegado a formar toda una configuración de módulos llamada el arreglo fotovoltaico cuya base de formación es la celda solar. La **FIGURA 27** muestra un diagrama esquemático de los componentes fundamentales del AFV el cual puede tener potencias desde unos cuantos watts hasta potencias del orden de Mega-watts.



**FIGURAS 28. Desde unos cuantos Watts hasta Mega-watts.**

## CAPITULO IV. CALCULO

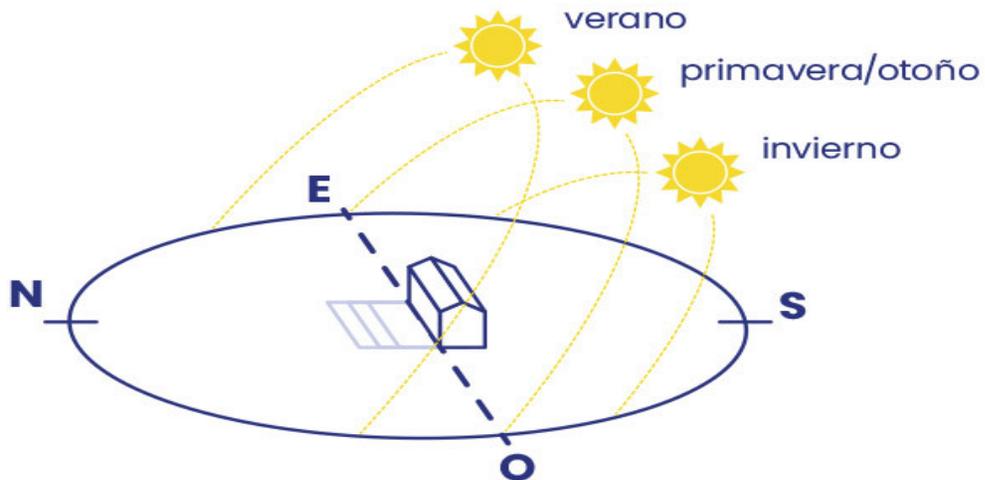
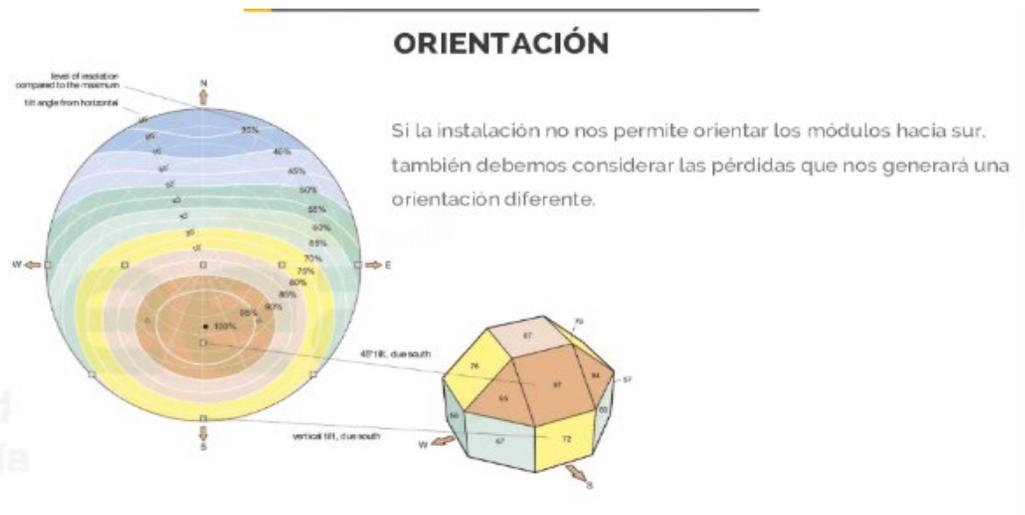
Las horas solar pico es la unidad que mide la Irradiación. Solar y se define el tiempo en horas de una aproximadamente, la irradiancia solar constante que llega del sol 1HSP= 1000W/M2. Las horas solares picos obtenidas en la página de la NASA <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.

**Tabla de Irradiación Solar**

|                              |             |  |            |        |        |            |      |
|------------------------------|-------------|--|------------|--------|--------|------------|------|
| Latitude (decimal degrees):  | 12.149      | <b>H(i_opt)_m:</b> Irradiation on optimally inclined plane (kWh/m2/mo) |            |        |        |            |      |
| Longitude (decimal degrees): | -86.205     | Irradiación en un plano inclinado de forma óptima (kWh/m2/mes)         |            |        |        |            |      |
| Radiation database:          | PVGIS-NSRDB | <b>H(i)_m:</b> Irradiation on plane at angle (kWh/m2/mo)               |            |        |        |            |      |
| Optimal slope angle (deg.):  | 16          | Irradiación en plano en ángulo (kWh/m2/mo)                             |            |        |        |            |      |
| year                         | month       | H(i_opt)_m   | Dias x Mes | HSP    | H(i)_m | Dias x Mes | HSP  |
| 2021                         | Jan         | 199.28   | 31         | 6.43   | 215.8  | 31         | 6.96 |
| 2021                         | Feb         | 196.77   | 28         | 7.0275 | 198.34 | 28         | 7.08 |
| 2021                         | Mar         | 213.67   | 31         | 6.89   | 192.13 | 31         | 6.20 |
| 2021                         | Apr         | 192.84   | 30         | 6.43   | 154    | 30         | 5.13 |
| 2021                         | May         | 179.02   | 31         | 5.77   | 133.02 | 31         | 4.29 |
| 2021                         | Jun         | 153.4  | 30         | 5.11   | 112.25 | 30         | 3.74 |

|      |     |        |    |            |        |    |            |
|------|-----|--------|----|------------|--------|----|------------|
| 2021 | Jul | 150.24 | 31 | 4.85       | 114.96 | 31 | 3.71       |
| 2021 | Aug | 165.96 | 31 | 5.35       | 131.76 | 31 | 4.25       |
| 2021 | Sep | 170.71 | 30 | 5.69       | 149.28 | 30 | 4.98       |
| 2021 | Oct | 188.9  | 31 | 6.09       | 182.02 | 31 | 5.87       |
| 2021 | Nov | 188.81 | 30 | 6.29       | 199.55 | 30 | 6.65       |
| 2021 | Dec | 188.95 | 31 | 6.10       | 209.46 | 31 | 6.76       |
|      |     |        |    | Maximo HSP | 7.03   |    | Maximo HSP |
|      |     |        |    | Minimo HSP | 4.85   |    | Minimo HSP |
|      |     |        |    |            |        |    | 7.08       |
|      |     |        |    |            |        |    | 3.71       |

- ✓ Orientación de los paneles Fotovoltaicos Hacia el sur, con una inclinación óptima de 15-18° para obtener el 97% de captación de la irradiación solar que existe en nuestro punto geográfico. y adquirir la potencia máxima requería para mantener en funcionamiento del SFV.



## 1.12 Calculo Dimensionamiento SFV.

### 1.12.1 Cuarto de Paneles ( PIT) Costado Sur.

1. Consumo de Promedio Diario.

Censo de Carga al Mes: 302.22kw/h.

2. Inclinado a 45°.

3. Hora de Irradiación Solar Optima (Mínima): 4.85h

$$\text{Promedio Diario} = \frac{\text{Consumo Mensual Kwh}}{\text{Dias del Mes}}$$

$$\text{Promedio Diario} = \frac{302.22 \text{ Kwh}}{30 \text{ Dias}}$$

Promedio Diario = 10.07 Kwh x 20% de Factor de Protección.

= 2.01 % de Factor de Protección.

= 10.07 Kwh + 2.01 % = 12.08 Kwh

$$\text{Potencia Fotovoltaica (PF)} = \frac{\text{Promedio Diario (CD)}}{\text{Horas Solar Pico (HSP) Minimas}}$$

$$PF = \frac{CD}{HSP} = \frac{12.08 \frac{kw}{h}}{4.85 h}$$

$$P_{(W)} = 1000 \times E_{(kW)}$$

$$P_{(W)} = 1000 \times 2.49 \text{ Kw}$$

$$P_{(W)} = 2,490.00 \text{ Watts.}$$

$$PF = 2.49 \text{ kw}$$

- ✓ **El voltaje del sistema se elige del a partir del consumo diario, por lo que es utiliza el siguiente criterio. Tanto la conexión de Paneles o Baterías.**
  1. De 1 a 2000wh de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 12v.
  2. De 2001wh a 4000de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 24v
  3. De 4001wh en adelante se Consumo Diario se recomienda hacer el sistema de 48v.
- ✓ **Cálculos de Paneles Solares (Módulos).**

$$\text{Numero de Paneles} = \frac{\text{Potencia Fotovoltaica (PF)}}{\text{Potencia de Paneles (PP)}}$$

$$NP = \frac{PF}{PP}$$

$$NP = \frac{2,490.00 \text{ w}}{450\text{w}} = 5.53 \text{ Paneles}$$

$$NP = 5.53 \text{ Paneles de 450 watts cada uno.} \quad NP = 5 \text{ ó } 6 \text{ Paneles.}$$

El resultado obtenido es el preliminar sin perdidas del sistema en el uso de los Paneles solares.

- ✓ **Calculamos las pérdidas de los Paneles con el siguiente criterio:**

**Pérdidas y Factores de Corrección en paneles solares para obtener la cantidad necesaria que será utilizada en el SFV:**

| Ítem | Descripción                                     | % Perdidas    |
|------|---|---------------|
| 1    | Coeficiente de Temperatura del Modulo o Paneles | 20----<br>30% |
| 2    | Nubosidad                                       |               |
| 3    | Eficiencia del Inversor                         |               |
| 4    | Condiciones Atmosféricas                        |               |

El 25 % sería el dimensionamiento del SFV. Por las pérdidas expuestas anteriormente.

$$\begin{aligned}
 \text{Numero de Paneles} &= 6 \times 25\% = 1.5 \text{ Paneles Mas.} \\
 &= 6 + 1.5 = 7.5 \text{ Paneles.} \\
 &= 7 \text{ paneles obtenidos para el SFV.}
 \end{aligned}$$

✓ **Elección del Inversor.**

1. Potencia total del censo de carga.

Potencia (watts) Total: 6,841.00 watts.

2. Utilización del 50% de Potencia de Carga.

$$6,841.00 \times 50\% = 3,420.50 \text{ Watts}$$

3. % de Seguridad : 1.25 %

4. Eficiencia del Inversor: 0.95 %

5. Factor de Potencia: 0.8.

✓ **Formula a Utilizar para la selección.**

$$Scarga = FS \times \left( \frac{Pcarga - AC \ 50\%}{FP \times Eff - Inv.} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times \left( \frac{3,420.50}{0.8 \times 0.95} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times (4,500.65)$$

$$Scarga = 5,625.25 \approx 5 \text{ o } 6 \text{ kw.}$$

✓ **Nomenclatura de la Formula.**

**Scarga:** Potencia del Inversor

**FS:** Factor de Seguridad.

**FP:** Factor de Potencia.

**Pcarga-AC:** Carga del 50%.

**Eff-Inv:** Eficiencia del Inversor.

**1.12.2 Cuarto de Paneles (PIT) Costado Norte.**

1. Consumo de Promedio Diario.

Censo de Carga al Mes: 190.92 kw/h.

2. Inclinado a 15-18°.

3. Hora de Irradiación Solar Optima (Mínima): 4.85h

$$\text{Promedio Diario} = \frac{\text{Consumo Mensual Kwh}}{\text{Dias del Mes}}$$

$$\text{Promedio Diario} = \frac{190.92 \text{ Kwh}}{30 \text{ Dias}}$$

Promedio Diario = 6.36 Kwh x 20% de Factor de Protección.  
= 1.27 % de Factor de Protección.  
= 6.36 Kwh + 1.27% = 7.63 Kwh

$$\text{Potencia Fotovoltaica (PF)} = \frac{\text{Promedio Diario (CD)}}{\text{Horas Solar Pico (HSP) M\u00ednimas}}$$

$$PF = \frac{CD}{HSP} = \frac{7.63 \frac{kw}{h}}{4.85 h}$$

$$PF = 1.57 kw$$

$$P_{(W)} = 1000 \times E_{(kW)}$$

$$P_{(W)} = 1000 \times 1.57 Kw$$

$$P_{(W)} = 1,570.00 \text{ Watts.}$$

✓ **El voltaje del sistema se elige del a partir del consumo diario, por lo que es utiliza el siguiente criterio. Tanto la conexión de Paneles o Baterías.**

1. De 1 a 2000wh de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 12v.
2. De 2001wh a 4000de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 24v
3. De 4001wh en adelante se Consumo Diario se recomienda hacer el sistema de 48v.

✓ **Cálculos de Paneles Solares (Módulos).**

$$\text{Numero de Paneles} = \frac{\text{Potencia Fotovoltaica (PF)}}{\text{Potencia de Paneles (PP)}} \quad NP = \frac{PF}{PP}$$

$$NP = \frac{1,570.00 w}{450w} = 3.48 \text{ Paneles}$$

$$NP = 3.48 \text{ Paneles de 450 watts cada uno.}$$

$$NP = 3 \text{ ó } 4 \text{ Paneles.}$$

El resultado obtenido es el preliminar sin perdidas del sistema en el uso de los Paneles solares.

✓ **Calculamos las pérdidas de los Paneles con el siguiente criterio:**

**Pérdidas y Factores de Corrección en paneles solares para obtener la cantidad necesaria que será utilizada en el SFV:**

| <b>Ítem</b> | <b>Descripción</b>                              | <b>% Perdidas</b> |
|-------------|---|-------------------|
| 1           | Coeficiente de Temperatura del Modulo o Paneles | 20----<br>30%     |
| 2           | Nubosidad                                       |                   |
| 3           | Eficiencia del Inversor                         |                   |
| 4           | Condiciones Atmosféricas                        |                   |

El 25 % sería el dimensionamiento del SFV. Por las pérdidas expuestas anteriormente.

Numero de Paneles =  $4 \times 25\% = 1$  Paneles Mas.  
=  $4 + 1 = 5$  Paneles.  
= 5 paneles obtenidos para el SFV.

✓ **Elección del Inversor.**

1. Potencia total del censo de carga.

Potencia (watts) Total: 5,536.00 watts.

2. Utilización del 50% de Potencia de Carga.

$5,536.00 \times 50\% = 2,768.00$  Watts.

3. % de Seguridad: 1.25 %.

4. Eficiencia del Inversor: 0.95 %.

5. Factor de Potencia: 0.8.

✓ **Formula a Utilizar para la selección.**

$$Scarga = FS \times \left( \frac{Pcarga - AC\ 50\%}{FP \times Eff - Inv.} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times \left( \frac{2,768.00}{0.8 \times 0.95} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times (3,642.10)$$

$$Scarga = 4,552.62 \approx 4 \text{ o } 5 \text{ kw.}$$

✓ **Nomenclatura de la Formula.**

**Scarga:** Potencia del Inversor

**FS:** Factor de Seguridad.

**FP:** Factor de Potencia.

**Pcarga-AC:** Carga del 50% .

**Eff-Inv:** Eficiencia del Inversor.

### 1.12.3 Cuarto de Paneles (PIT) Costado Oeste.

1. Consumo de Promedio Diario.

Censo de Carga al Mes: 7,976.28 kw/h.

2. Inclinado a 15-18°.

3. Hora de Irradiación Solar Óptima (Mínima): 4.85h.

$$Promedio\ Diario = \frac{Consumo\ Mensual\ Kwh}{Dias\ del\ Mes}$$

$$Promedio\ Diario = \frac{7,976.28\ Kwh}{30\ Dias}$$

Promedio Diario = 265.87 Kwh x 20% de Factor de Protección.

= 57.56 % de Factor de Protección.

= 265.87 Kwh + 53.17 % = 319.04 Kwh

$$\text{Potencia Fotovoltaica (PF)} = \frac{\text{Promedio Diario (CD)}}{\text{Horas Solar Pico (HSP) Minimas}}$$

$$PF = \frac{CD}{HSP} = \frac{319.04 \frac{kw}{h}}{4,85 h}$$

$$PF = 65.78 kw$$

$$P_{(w)} = 1000 \times E_{(kw)}$$

$$P_{(w)} = 1000 \times 65.78 Kw$$

$$P_{(w)} = 65,780.00 \text{ Watts.}$$

✓ **El voltaje del sistema se elige del a partir del consumo diario, por lo que es utiliza el siguiente criterio. Tanto la conexión de Paneles o Baterías.**

1. De 1 a 2000wh de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 12v.
2. De 2001wh a 4000de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 24v
3. De 4001wh en adelante se Consumo Diario se recomienda hacer el sistema de 48v.

✓ **Cálculos de Paneles Solares (Módulos).**

$$\text{Numero de Paneles} = \frac{\text{Potencia Fotovoltaica (PF)}}{\text{Potencia de Paneles (PP)}}$$

$$NP = \frac{PF}{PP}$$

$$NP = \frac{65,780.00 w}{450w} = 146.17 \text{ Paneles}$$

$NP = 146.17$  Paneles de 450 watts cada uno.

$NP = 146$  ó  $147$  Paneles.

El resultado obtenido es el preliminar sin pérdidas del sistema en el uso de los Paneles solares.

✓ **Calculamos las pérdidas de los Paneles con el siguiente criterio:**

**Pérdidas y Factores de Corrección en paneles solares para obtener la cantidad necesaria que será utilizada en el SFV:**

| Ítem | Descripción                                     | % Perdidas    |
|------|---|---------------|
| 1    | Coeficiente de Temperatura del Modulo o Paneles | 20----<br>30% |
| 2    | Nubosidad                                       |               |
| 3    | Eficiencia del Inversor                         |               |
| 4    | Condiciones Atmosféricas                        |               |

El 25 % sería el dimensionamiento del SFV. Por las pérdidas expuestas anteriormente.

Numero de Paneles =  $146 \times 25\% = 36.5$  Paneles Mas.

=  $146 + 36.5 = 182.5$  Paneles.

= 182 paneles obtenidos para el SFV.

✓ **Elección del Inversor.**

1. Potencia total del censo de carga.

Potencia (watts) Total: 95,505.00 watts.

2. Utilización del 50% de Potencia de Carga.

$95,505.00 \times 50\% = 47,752.50$  Watts

3. % de Seguridad: 1.25 %

4. Eficiencia del Inversor: 0.95 %

5. Factor de Potencia: 0.8.

✓ **Formula a Utilizar para la selección.**

$$Scarga = FS \times \left( \frac{Pcarga - AC\ 50\%}{FP \times Eff - Inv.} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times \left( \frac{47,752.50}{0.8 \times 0.95} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times (62,832.23)$$

$$Scarga = 78,540.28 \approx 78 \text{ o } 79 \text{ kw.}$$

✓ **Nomenclatura de la Formula.**

**Scarga:** Potencia del Inversor

**FS:** Factor de Seguridad.

**FP:** Factor de Potencia.

**Pcarga-AC:** Carga del 50% .

**Eff-Inv:** Eficiencia del Inversor.

**1.12.4 Cuarto de Panel (PAA) Salas, Lobby.**

1. Consumo de Promedio Diario.

Censo de Carga al Mes: 2,020.48 kw/h.

2. Inclinado a 15-18°.
3. Hora de Irradiación Solar Óptima (Mínima): 4.85h.

$$Promedio\ Diario = \frac{Consumo\ Mensual\ Kwh}{Dias\ del\ Mes}$$

$$Promedio\ Diario = \frac{2,020.48\ Kwh}{30\ Dias}$$

Promedio Diario = 67.34 Kwh

➤ Ahora el 40% por arranque de equipos con bobinas.

1. Factor de Protección (20%).
2. Factor de Simultaneidad de arranque de Motores (20%).

Promedio Diario = 67.34 Kwh x 40%.

= 26.93 % de Factor de Protección.

= 67.34 Kwh + 26.93 % = 94.27 Kwh.

$$\text{Potencia Fotovoltaica (PF)} = \frac{\text{Promedio Diario (CD)}}{\text{Horas Solar Pico (HSP) Minimas}}$$

$$PF = \frac{CD}{HSP} = \frac{94.27 \frac{kw}{h}}{4,85 h}$$

$$PF = 19.43 kw$$

$$P_{(W)} = 1000 \times E_{(kW)}$$

$$P_{(W)} = 1000 \times 19.43 Kw$$

$$P_{(W)} = 19,430.00 \text{ Watts.}$$

✓ **El voltaje del sistema se elige del a partir del consumo diario, por lo que es utiliza el siguiente criterio. Tanto la conexión de Paneles o Baterías.**

1. De 1 a 2000wh de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 12v.
2. De 2001wh a 4000de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 24v.
3. De 4001wh en adelante se Consumo Diario se recomienda hacer el sistema de 48v.

✓ **Cálculos de Paneles Solares (Módulos).**

$$\text{Numero de Paneles} = \frac{\text{Potencia Fotovoltaica (PF)}}{\text{Potencia de Paneles (PP)}} \quad NP = \frac{PF}{PP}$$

$$NP = \frac{19,430.00 \text{ w}}{450\text{w}} = 43.17 \text{ Paneles}$$

*NP = 43.17 Paneles de 450 watts cada uno.*

*NP = 43 ó 44 Paneles.*

El resultado obtenido es el preliminar sin perdidas del sistema en el uso de los Paneles solares.

✓ **Calculamos las pérdidas de los Paneles con el siguiente criterio:**

**Pérdidas y Factores de Corrección en paneles solares para obtener la cantidad necesaria que será utilizada en el SFV:**

| Ítem | Descripción                                     | % Perdidas    |
|------|---|---------------|
| 1    | Coeficiente de Temperatura del Modulo o Paneles | 20----<br>30% |
| 2    | Nubosidad                                       |               |
| 3    | Eficiencia del Inversor                         |               |
| 4    | Condiciones Atmosféricas                        |               |

El 25 % sería el dimensionamiento del SFV. Por las pérdidas expuestas anteriormente.

$$\begin{aligned}\text{Numero de Paneles} &= 43 \times 25\% = 10.75 \text{ Paneles Mas.} \\ &= 43 + 10.75 = 53.75 \text{ Paneles.} \\ &= 53 \text{ paneles obtenidos para el SFV.}\end{aligned}$$

✓ **Elección del Inversor.**

1. Potencia total del censo de carga.

$$\text{Potencia (watts) Total: } 38,720.00 \text{ watts.}$$

2. Utilización del 25% de Potencia de Carga.

$$38,720.00 \times 50\% = 19,320.00 \text{ Watts}$$

3. % de Seguridad: 1.25 %

4. Eficiencia del Inversor: 0.95 %

✓ Factor de Potencia: 0.8.

✓ **Formula a Utilizar para la selección.**

$$Scarga = FS \times \left( \frac{Pcarga - AC \ 50\%}{FP \times Eff - Inv.} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times \left( \frac{19,360.00}{0.8 \times 0.95} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times (25,473.68)$$

$$Scarga = 31,841.00 \approx 31 \text{ o } 32 \text{ kw.}$$

✓ **Nomenclatura de la Formula.**

**Scarga:** Potencia del Inversor

**FS:** Factor de Seguridad.

**FP:** Factor de Potencia.

**Pcarga-AC:** Carga del 50% .

**Eff-Inv:** Eficiencia del Inversor.

**1.12.5 Cuarto de Panel (PAA) Costado Oeste.**

1. Consumo de Promedio Diario.

Censo de Carga al Mes: 5, 296.90 kw/h.

2. Inclinado a 15-18°.

3. Hora de Irradiación Solar Óptima (Mínima): 4.85h.

$$\text{Promedio Diario} = \frac{\text{Consumo Mensual Kwh}}{\text{Dias del Mes}}$$

$$\text{Promedio Diario} = \frac{5,296.90 \text{ Kwh}}{30 \text{ Dias}}$$

Promedio Diario = 176.56 Kwh

➤ Ahora el 40% por arranque de equipos con bobinas.

1. Factor de Protección (20%).

2. Factor de Simultaneidad de arranque de Motores (20%).

Promedio Diario = 176.56 Kwh x 40%

= 70.62 % de Factor de Protección.

= 176.56 Kwh + 70.62% = 247.18 Kwh

$$\text{Potencia Fotovoltaica (PF)} = \frac{\text{Promedio Diario (CD)}}{\text{Horas Solar Pico (HSP) Minimas}}$$

$$PF = \frac{CD}{HSP} = \frac{247.18 \frac{kw}{h}}{4,85 h}$$

$$PF = 50.96 kw$$

$$P_{(W)} = 1000 \times E_{(kW)}$$

$$P_{(W)} = 1000 \times 50.96 Kw$$

$$P_{(W)} = 50,960.00 \text{ Watts.}$$

✓ **El voltaje del sistema se elige del a partir del consumo diario, por lo que es utiliza el siguiente criterio. Tanto la conexión de Paneles o Baterías.**

1. De 1 a 2000wh de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 12v.
2. De 2001wh a 4000de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 24v
3. De 4001wh en adelante se Consumo Diario se recomienda hacer el sistema de 48v.

✓ **Cálculos de Paneles Solares (Módulos).**

$$\text{Numero de Paneles} = \frac{\text{Potencia Fotovoltaica (PF)}}{\text{Potencia de Paneles (PP)}}$$

$$NP = \frac{PF}{PP}$$

$$NP = \frac{50,960.00 w}{450w} = 113.24 \text{ Paneles}$$

$$NP = 113.24 \text{ Paneles de 450 watts cada uno.}$$

$$NP = 113 \text{ ó } 114 \text{ Paneles.}$$

El resultado obtenido es el preliminar sin pérdidas del sistema en el uso de los Paneles solares.

- ✓ **Calculamos las pérdidas de los Paneles con el siguiente criterio:**
- ✓ **Pérdidas y Factores de Corrección en paneles solares para obtener la cantidad necesaria que será utilizada en el SFV:**

| Ítem | Descripción                                     | % Perdidas    |
|------|---|---------------|
| 1    | Coeficiente de Temperatura del Modulo o Paneles | 20----<br>30% |
| 2    | Nubosidad                                       |               |
| 3    | Eficiencia del Inversor                         |               |
| 4    | Condiciones Atmosféricas                        |               |

El 25 % sería el dimensionamiento del SFV. Por las pérdidas expuestas anteriormente.

Numero de Paneles =  $113 \times 25\% = 28.25$  Paneles Mas.

=  $113 + 28.25 = 141.25$  Paneles.

= 141.25 paneles obtenidos para el SFV.

✓ **Elección del Inversor.**

1. Potencia total del censo de carga.

Potencia (watts) Total: 66,528.00 watts.

2. Utilización del 50% de Potencia de Carga.

$66,528.00 \times 50\% = 33,264.00$  Watts

3. % de Seguridad: 1.25 %

4. Eficiencia del Inversor: 0.95 %

5. Factor de Potencia: 0.8.

✓ **Formula a Utilizar para la selección.**

$$Scarga = FS \times \left( \frac{Pcarga - AC\ 50\%}{FP \times Eff - Inv.} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times \left( \frac{33,264.00}{0.8 \times 0.95} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times (43,768.42)$$

$$Scarga = 54,710.52 \approx 54 \text{ o } 55 \text{ kw.}$$

✓ **Nomenclatura de la Formula.**

**Scarga:** Potencia del Inversor

**FS:** Factor de Seguridad.

**FP:** Factor de Potencia.

**Pcarga-AC:** Carga del 50% .

**Eff-Inv:** Eficiencia del Inversor.

### 1.12.6 Cuarto de Panel (PAA) Costado Norte.

1. Consumo de Promedio Diario.

    Censo de Carga al Mes: 626.84 kw/h.

2. Inclinado a 15-18°.

3. Hora de Irradiación Solar Óptima (Mínima): 4.85h.

$$Promedio\ Diario = \frac{Consumo\ Mensual\ Kwh}{Dias\ del\ Mes}$$

$$Promedio\ Diario = \frac{626.84\ Kwh}{30\ Dias}$$

Promedio Diario = 20.89 Kwh

Ahora el 40% por arranque de equipos con bobinas.

Factor de Protección (20%).

Factor de Simultaneidad de arranque de Motores (20%).

$$\begin{aligned}\text{Promedio Diario} &= 20.89 \text{ Kwh} \times 40\% \\ &= 8.35 \% \text{ de Factor de Protección.} \\ &= 20.89 \text{ Kwh} + 8.35 \% = 29.24 \text{ Kwh}\end{aligned}$$

$$\text{Potencia Fotovoltaica (PF)} = \frac{\text{Promedio Diario (CD)}}{\text{Horas Solar Pico (HSP) Minimas}}$$

$$PF = \frac{CD}{HSP} = \frac{29.24 \frac{\text{kw}}{\text{h}}}{4,85 \text{ h}}$$

$$PF = 6.02 \text{ kw}$$

$$P_{(W)} = 1000 \times E_{(kW)}$$

$$P_{(W)} = 1000 \times 6.02 \text{ Kw}$$

$$P_{(W)} = 6,020.00 \text{ Watts.}$$

✓ **El voltaje del sistema se elige del a partir del consumo diario, por lo que es utiliza el siguiente criterio. Tanto la conexión de Paneles o Baterías.**

1. De 1 a 2000wh de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 12v.
2. De 2001wh a 4000de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 24v
3. De 4001wh en adelante se Consumo Diario se recomienda hacer el sistema de 48v.

✓ **Cálculos de Paneles Solares (Módulos).**

$$\text{Numero de Paneles} = \frac{\text{Potencia Fotovoltaica (PF)}}{\text{Potencia de Paneles (PP)}}$$

$$NP = \frac{PF}{PP}$$

$$NP = \frac{6,020.00 \text{ w}}{450\text{w}} = 13.37 \text{ Paneles}$$

*NP = 13.37 Paneles de 450 watts cada uno.*

*NP = 13 ó 14 Paneles.*

El resultado obtenido es el preliminar sin pérdidas del sistema en el uso de los Paneles solares.

✓ **Calculamos las pérdidas de los Paneles con el siguiente criterio:**

**Pérdidas y Factores de Corrección en paneles solares para obtener la cantidad necesaria que será utilizada en el SFV:**

| Ítem | Descripción                                     | %<br>Perdidas |
|------|---|---------------|
| 1    | Coeficiente de Temperatura del Modulo o Paneles | 20----<br>30% |
| 2    | Nubosidad                                       |               |
| 3    | Eficiencia del Inversor                         |               |
| 4    | Condiciones Atmosféricas                        |               |

El 25 % sería el dimensionamiento del SFV. Por las pérdidas expuestas anteriormente.

Numero de Paneles = 14 x 25% = 3.5 Paneles Mas.

= 14 + 3.4 = 17.5 Paneles.

= 18 paneles obtenidos para el SFV.

✓ **Elección del Inversor.**

1. Potencia total del censo de carga.

Potencia (watts) Total: 14,608.00 watts.

2. Utilización del 50% de Potencia de Carga.

$14,608.00 \times 50\% = 7,304.00$  Watts

3. % de Seguridad: 1.25 %
4. Eficiencia del Inversor: 0.95 %
5. Factor de Potencia: 0.8.

✓ **Formula a Utilizar para la selección.**

$$Scarga = FS \times \left( \frac{Pcarga - AC\ 50\%}{FP \times Eff - Inv.} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times \left( \frac{7,304.00}{0.8 \times 0.95} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times (9,610.52)$$

$$Scarga = 12,013.15 \approx 12 \text{ o } 13 \text{ kw.}$$

✓ **Nomenclatura de la Formula.**

**Scarga:** Potencia del Inversor

**FS:** Factor de Seguridad.

**FP:** Factor de Potencia.

**Pcarga-AC:** Carga del 50% .

**Eff-Inv:** Eficiencia del Inversor.

### 1.12.7 Cuarto de Panel (PAA) Costado Sur.

1. Consumo de Promedio Diario.

Censo de Carga al Mes: 1,368.58 kw/h.

2. Inclinado a 15-18°.

3. Hora de Irradiación Solar Óptima (Mínima): 4.85h.

$$\text{Promedio Diario} = \frac{\text{Consumo Mensual Kwh}}{\text{Dias del Mes}}$$

$$\text{Promedio Diario} = \frac{1,368.58 \text{ Kwh}}{30 \text{ Dias}}$$

$$\text{Promedio Diario} = 45.61 \text{ Kwh}$$

➤ Ahora el 40% por arranque de equipos con bobinas.

1. Factor de Protección (20%).

2. Factor de Simultaneidad de arranque de Motores (20%).

$$\text{Promedio Diario} = 45.61 \text{ Kwh} \times 40\%$$

$$= 18.24 \% \text{ de Factor de Protección.}$$

$$= 45.61 \text{ Kwh} + 18.24 \% = 63.85 \text{ Kwh}$$

$$\text{Potencia Fotovoltaica (PF)} = \frac{\text{Promedio Diario (CD)}}{\text{Horas Solar Pico (HSP) Minimas}}$$

$$PF = \frac{CD}{HSP} = \frac{63.85 \frac{\text{kw}}{\text{h}}}{4,85 \text{ h}}$$

$$PF = 13.16 \text{ kw}$$

$$P_{(W)} = 1000 \times E_{(kW)}$$

$$P_{(W)} = 1000 \times 13.116 \text{ Kw}$$

$$P_{(W)} = 13,160.00 \text{ Watts.}$$

✓ El voltaje del sistema se elige del a partir del consumo diario, por lo que es utiliza el siguiente criterio. Tanto la conexión de Paneles o Baterías.

1. De 1 a 2000wh de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 12v.
2. De 2001wh a 4000de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 24v
3. De 4001wh en adelante se Consumo Diario se recomienda hacer el sistema de 48v.

✓ Cálculos de Paneles Solares (Módulos).

$$\text{Numero de Paneles} = \frac{\text{Potencia Fotovoltaica (PF)}}{\text{Potencia de Paneles (PP)}}$$

$$NP = \frac{PF}{PP}$$

$$NP = \frac{13,160.00 \text{ w}}{450\text{w}} = 29.24 \text{ Paneles}$$

*NP = 29.24 Paneles de 450 watts cada uno.*

*NP = 29 ó 30 Paneles.*

El resultado obtenido es el preliminar sin perdidas del sistema en el uso de los Paneles solares.

✓ Calculamos las pérdidas de los Paneles con el siguiente criterio:

**Pérdidas y Factores de Corrección en paneles solares para obtener la cantidad necesaria que será utilizada en el SFV:**

| Ítem | Descripción                                      | %Perdidas     |
|------|--|---------------|
| 1    | Coefficiente de Temperatura del Modulo o Paneles | 20----<br>30% |
| 2    | Nubosidad  |               |
| 3    | Eficiencia del Inversor                          |               |
| 4    | Condiciones Atmosféricas                         |               |

El 25 % sería el dimensionamiento del SFV. Por las pérdidas expuestas anteriormente.

Numero de Paneles = 29 x 25% = 7.25 Paneles Mas.  
= 29 + 7.25 = 36.25 Paneles.  
= 36.25 paneles obtenidos para el SFV.

✓ **Elección del Inversor.**

1. Potencia total del censo de carga.

Potencia (watts) Total: 15,840.00 watts.

2. Utilización del 50% de Potencia de Carga.

15,840.00 x 50% = 7,920.00 Watts

3. % de Seguridad: 1.25 %

4. Eficiencia del Inversor: 0.95 %

5. Factor de Potencia: 0.8.

✓ **Formula a Utilizar para la selección.**

$$Scarga = FS \times \left( \frac{Pcarga - AC\ 50\%}{FP \times Eff - Inv.} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times \left( \frac{7,920.00}{0.8 \times 0.95} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times (10,421.05)$$

$$Scarga = 13,026.31 \approx 13 \text{ o } 14 \text{ kw.}$$

✓ **Nomenclatura de la Formula.**

**Scarga:** Potencia del Inversor

**FS:** Factor de Seguridad.

**FP:** Factor de Potencia.

**Pcarga-AC:** Carga del 50% .

**Eff-Inv:** Eficiencia del Inversor.

### 1.12.8 Cuarto de Panel (PAA) Área Central.

1. Consumo de Promedio Diario.

Censo de Carga al Mes: 1,077.12 kw/h.

2. Inclinado a 15-18°.

3. Hora de Irradiación Solar Óptima (Mínima): 4.85h.

$$\text{Promedio Diario} = \frac{\text{Consumo Mensual Kwh}}{\text{Dias del Mes}}$$

$$\text{Promedio Diario} = \frac{1,077.12 \text{ Kwh}}{30 \text{ Dias}}$$

Promedio Diario = 35.90 Kwh

➤ Ahora el 40% por arranque de equipos con bobinas.

1. Factor de Protección (20%).

2. Factor de Simultaneidad de arranque de Motores (20%).

Promedio Diario = 35.90 Kwh x 40%

= 14.36 % de Factor de Protección.

= 35.90 Kwh + 14.36 % = 50.26 Kwh

$$\text{Potencia Fotovoltaica (PF)} = \frac{\text{Promedio Diario (CD)}}{\text{Horas Solar Pico (HSP) Minimas}}$$

$$PF = \frac{CD}{HSP} = \frac{50.26 \frac{kw}{h}}{4,85 h}$$

$$PF = 10.36 kw$$

$$P_{(w)} = 1000 \times E_{(kw)}$$

$$P_{(w)} = 1000 \times 10.36 Kw$$

$$P_{(w)} = 10,360.00 \text{ Watts.}$$

✓ **El voltaje del sistema se elige del a partir del consumo diario, por lo que es utiliza el siguiente criterio. Tanto la conexión de Paneles o Baterías.**

1. De 1 a 2000wh de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 12v.
2. De 2001wh a 4000de consumo diario se recomienda hacer el sistema de 24v
3. De 4001wh en adelante se Consumo Diario se recomienda hacer el sistema de 48v.

✓ **Cálculos de Paneles Solares (Módulos).**

$$\text{Numero de Paneles} = \frac{\text{Potencia Fotovoltaica (PF)}}{\text{Potencia de Paneles (PP)}}$$

$$NP = \frac{PF}{PP}$$

$$NP = \frac{10,360.00 w}{450w} = 23.02 \text{ Paneles}$$

$$NP = 23.02 \text{ Paneles de 450 watts cada uno.}$$

$$NP = 23 \text{ ó } 24 \text{ Paneles.}$$

El resultado obtenido es el preliminar sin pérdidas del sistema en el uso de los Paneles solares.

✓ **Calculamos las pérdidas de los Paneles con el siguiente criterio:**

✓

**Pérdidas y Factores de Corrección en paneles solares para obtener la cantidad necesaria que será utilizada en el SFV:**

| Ítem | Descripción                                     | %<br>Perdi<br>das |
|------|---|-------------------|
| 1    | Coeficiente de Temperatura del Modulo o Paneles | 20----<br>30%     |
| 2    | Nubosidad                                       |                   |
| 3    | Eficiencia del Inversor                         |                   |
| 4    | Condiciones Atmosféricas                        |                   |

El 25 % sería el dimensionamiento del SFV. Por las pérdidas expuestas anteriormente.

Numero de Paneles =  $23 \times 25\% = 5.75$  Paneles Mas.

=  $23 + 5.75 = 28.75$  Paneles.

= 28 paneles obtenidos para el SFV.

✓ **Elección del Inversor.**

1. Potencia total del censo de carga.

Potencia (watts) Total: 13,376.00 watts.

2. Utilización del 50% de Potencia de Carga.

$13,376.00 \times 50\% = 6,688.00$  Watts

3. % de Seguridad: 1.25 %

4. Eficiencia del Inversor: 0.95 %

5. Factor de Potencia: 0.8.

✓ **Formula a Utilizar para la selección.**

$$Scarga = FS \times \left( \frac{Pcarga - AC\ 50\%}{FP \times Eff - Inv.} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times \left( \frac{6,688.00}{0.8 \times 0.95} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \times (8,800.00)$$

$$Scarga = 11,000.00 \approx 11\ kw.$$

✓ **Nomenclatura de la Formula.**

**Scarga:** Potencia del Inversor

**FS:** Factor de Seguridad.

**FP:** Factor de Potencia.

**Pcarga-AC:** Carga del 50% .

**Eff-Inv:** Eficiencia del Inversor.

**CAPITULO V. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA PROPUESTA.**

| <b>RESUMEN DE LOS SISTEMAS FV A INSTALAR</b> |  |            |                 |                          |                        |                       |
|--|--|------------|-----------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
| <b>ÍTEM</b>                                  | <b>DESCRIPCION</b>                                 | <b>U/M</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>COSTO UNITARIO \$</b> | <b>MANO DE OBRA \$</b> | <b>COSTO TOTAL \$</b> |
| <b>1</b>                                     | <b>Kit Solar Aislada de 6000W, 48V,</b>            |            |                 |                          |                        |                       |
| 1  | Paneles 450W JA Solar Monocristalinos              | C/U        | 9               | 8,172.75                 | 250.00                 | 8,422.75              |
| 2  | Inversor Híbrido 6000W 48V Voltronic Axpert VMIII  | C/U        | 1               |                          |                        |                       |
| <b>2</b>                                     | <b>Kit Solar Aislada de 4000W, 48V,</b>            |            |                 |                          |                        |                       |
| 1  | Paneles 450W JA Solar Monocristalinos              | C/U        | 5               | 4,550.00                 | 180.00                 | 4,730.00              |
| 2  | Inversor Híbrido 4000W 48V Voltronic Axpert VMIII  | C/U        | 1               |                          |                        |                       |
| <b>3</b>                                     | <b>Kit Solar Aislada de 10000W, 48V,</b>           |            |                 |                          |                        |                       |
| 1  | Paneles 450W JA Solar Monocristalinos              | C/U        | 182             | 15,333.00                | 535.00                 | 15,868.00             |
| 2  | Inversor Híbrido 10000W 48V Voltronic Axpert VMIII | C/U        | 10              |                          |                        |                       |
| <b>4</b>                                     | <b>Kit Solar Aislada de 10000W, 48V,</b>           |            |                 |                          |                        |                       |
| 1  | Paneles 450W JA Solar Monocristalinos              | C/U        | 53              | 55,188.00                | 950.00                 | 56,138.00             |
| 2  | Inversor Híbrido 10000W 48V Voltronic Axpert VMIII | C/U        | 3               |                          |                        |                       |

|          |  |     |     |           |           |              |
|----------|--|-----|-----|-----------|-----------|--------------|
| <b>5</b> | <b>Kit Solar Aislada de 6000W, 48V,</b>            |     |     |           |           |              |
| 1        | Paneles 450W JA Solar Monocristalinos              | C/U | 141 | 35,036.50 | 675.00    | 35,711.50    |
| 2        | Inversor Híbrido 6000W 48V Voltronic Axpert VMIII  | C/U | 6   |           |           |              |
| <b>6</b> | <b>Kit Solar Aislada de 6000W, 48V,</b>            |     |     |           |           |              |
| 1        | Paneles 450W JA Solar Monocristalinos              | C/U | 14  | 17,345.75 | 320.00    | 17,665.75    |
| 2        | Inversor Híbrido 6000W 48V Voltronic Axpert VMIII  | C/U | 2   |           |           |              |
| <b>7</b> | <b>Kit Solar Aislada de 6000W, 48V,</b>            |     |     |           |           |              |
| 1        | Paneles 450W JA Solar Monocristalinos              | C/U | 36  | 19,385.00 | 400.00    | 19,785.00    |
| 2        | Inversor Híbrido 6000W 48V Voltronic Axpert VMIII  | C/U | 2   |           |           |              |
| <b>8</b> | <b>Kit Solar Aislada de 10000W, 48V,</b>           |     |     |           |           |              |
| 1        | Paneles 450W JA Solar Monocristalinos              | C/U | 28  | 25,347.00 | 745.00    | 26,092.00    |
| 2        | Inversor Híbrido 10000W 48V Voltronic Axpert VMIII | C/U | 1   |           |           |              |
|          |  |     |     |           | Total \$  | 184,413.00   |
|          |  |     |     |           | Total C\$ | 6,786,398.40 |



Inversor Cargador 5000W 48V MPPT 80A Must Solar: Ofrece una solución muy útil para sistemas fotovoltaicos aislados, ya que permite integrar todos los componentes del sistema en un mismo aparato, que además incorpora una pantalla LCD que permitirá ver el estado de carga y la tensión de las baterías, los amperios entrantes a tiempo real de los paneles solares y los de salida de las baterías, además de tener un pequeño esquema en la misma pantalla que permitirá ver de qué manera está fluyendo la energía, si directamente de las baterías o si sale de un generador de apoyo que podamos tener. El inversor tiene una potencia de salida de 5000W, el cargador de baterías tiene una carga máxima de 60A e integra un regulador de carga de 80A de tipo maximizador MPPT para conectarle paneles hasta un máximo de 4000W.



Kit Material Eléctrico 5000W 80A MPPT: Es un conjunto de todos los dispositivos y accesorios necesarios para la correcta instalación de un kit solar fotovoltaico de 5000W 80A MPPT. Gracias a sus componentes la instalación será más sencilla, así como el posterior manejo de cualquiera de los mismos.

|   |   |
|---|---|
|    | <p>Cable Unifilar 16 mm<sup>2</sup> SOLAR PV ZZ-F Rojo: Especial para instalaciones eléctricas. Se trata de un cable de potencia libre de halógenos. Es un cable flexible de potencia diseñado para satisfacer los requisitos industriales más exigentes.</p>   |
|   | <p>10 x Cable Unifilar 16 mm<sup>2</sup> SOLAR PV ZZ-F Negro: Especial para instalaciones eléctricas. Se trata de un cable de potencia libre de halógenos. Es un cable flexible de potencia diseñado para satisfacer los requisitos industriales más exigentes.</p>   |
|  | <p>Repartidor conexión Paralelo Módulos 100A: Perfecto para reunir los cables provenientes de los paneles solares y conectarlos al repartidor. A partir de este momento, podremos ir con sólo 2 cables (1 positivo y 1 negativo) hacia el regulador de carga. Produce un ahorro importante en los metros de cableado.</p> |

|   |  |
|---|--|
|    | <p>Conectores WEIDMULLER PVStick: Son los más recomendados en el caso de no tener una crimpadora para poder conectar los conectores habituales MC4. Son compatibles con todos los modelo de conectores que se ofrecen de serie en los paneles solares y no requiere de ningún tipo de herramienta para poder ensamblarlos en el cable.</p> |
|   | <p>Terminal de Ojo Cable 50mm - Ojo 8mm: Sirve para crimpar cableado de 50 mm de sección y hacer la conexión sobre un tornillo de 8 mm de diámetro.</p>  |
|  | <p>Cable de Interconexión de Baterías: Se hace a medida con los terminales solicitados en función del diámetro del tornillo de la batería a la que se va a conectar. Cuenta con todas las características técnicas que permite la interconexión de las baterías con total seguridad.</p>   |

## CAPITULO VI. MANTENIMIENTOS SF.

### 1.13 Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos.

El mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas es una actividad esencial para lograr los máximos rendimientos y alargar la vida útil de la instalación.

El mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos es aquel mantenimiento que tiene como primer objetivo evitar o mitigar las consecuencias de los fallos o averías de un sistema en la instalación solar fotovoltaica. Trata de prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.

Las ventajas del mantenimiento preventivo son, entre otras: detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir coste de reparaciones, y detectar puntos débiles en la instalación.

El mantenimiento preventivo en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de los equipos que componen la instalación fotovoltaica.

Todas estas actividades se describen con detalle en el **plan de mantenimiento preventivo y correctivo fotovoltaico** de la planta. Este plan estará correctamente planificado y se realizará un seguimiento para verificar su cumplimiento y alcanzar los objetivos definidos. Estos son reducir considerablemente los fallos de una instalación solar fotovoltaica y evitar averías o paros no deseados.

#### **1.14 Mantenimiento preventivo de instalaciones fotovoltaicas semanal.**

La actividad de mantenimiento semanal en los módulos fotovoltaicos es la limpieza de los paneles solares.

##### **Las actividades que se deben realizar semanales son:**

1.- Se recomienda realizar las actividades de limpieza de los **paneles solares fotovoltaicos** a primera hora de la mañana o a última hora de la tarde. El objetivo es evitar posibles descargas eléctricas y choques térmicos. Este es el momento idóneo, porque el nivel de radiación solar es bajo y los módulos tienen una temperatura menor, sobre todo en zonas con temperaturas más elevadas.

2.- La acumulación de polvo y suciedad en la parte frontal de los módulos reduce a la larga su potencia. Limpie los paneles a ser posible una vez al año con un paño suave seco o, si es necesario, humedecido. El agua con un elevado contenido de minerales puede dejar restos en la superficie del cristal, por lo que no es recomendable. Dependiendo de las condiciones del emplazamiento es posible aumentar la frecuencia de la limpieza.

3.- No intente nunca limpiar un módulo fotovoltaico si el cristal está roto o presenta otros signos de que el circuito eléctrico esté expuesto. Esto supone un riesgo de descarga.

4.- No utilice nunca productos ni materiales abrasivos.

#### **1.15 Mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos mensual.**

Mensualmente se deben realizar inspecciones visuales donde se supervisarán los siguientes aspectos:

Los módulos fotovoltaicos no reciben sombras no deseadas de obstáculos o materiales extraños.

- 1- El cristal no está roto.
- 2- Los tornillos de fijación y los soportes de montaje están bien apretados y ajustados. Si fuera necesario, ajústelos y apriételes.
- 3- No hay objetos afilados en contacto con las superficies de los módulos fotovoltaicos.
- 4- Las barras colectoras de las células no presentan signos de corrosión. La corrosión se produce por la humedad que se filtra en los módulos cuando los materiales del encapsulan te sufren daños durante la instalación o el transporte.
- 5- No hay rastros de quemaduras en la lámina posterior.
- 6- Verificación de ausencia de indicios de presencia de roedores y otro tipo de fauna, que pueda ocasionar daños a la instalación.

#### **1.16 Mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas preventivo y trimestral.**

Cada tres meses se realizarán inspecciones en los módulos fotovoltaicos con cámaras termo gráficas. Se pretende verificar que ningún punto del panel esté fuera del rango de temperatura permitido por el fabricante.

Este tipo de mantenimiento cobra especial importancia en los meses de más calor de la región donde se encuentre ubicada la instalación fotovoltaica.

La termo grafía solar es una herramienta muy potente en el mantenimiento preventivo, ya que permite calcular de forma fiable los defectos en los módulos y en la instalación. Entre ellos cabe destacar los elementos:

- 1- Cables y tomas de corriente sobrecalentados
- 2- Contactos sueltos
- 3- Puntos calientes debido a los defectos en los módulos fotovoltaicos
- 4- Módulos en circuito abierto
- 5- Cortocircuitos.

#### **1.17 Mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos semestral.**

La principal actividad de mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos cada seis meses es la inspección de cables y conectores. Para realizarlo correctamente, se recomienda:

- 1- Examine si los módulos fotovoltaicos presentan signos de desperfecto.
- 2- Comprobar que el cableado no presente daños producidos por roedores o desgaste.
- 3- Supervisar que todas las conexiones estén bien fijadas y libres de corrosión.
- 4- Compruebe los geles aislantes de la caja de conexiones para verificar la ausencia de grietas.

5- Comprobar las fugas eléctricas a tierra.

### **Mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos anual.**

Con una frecuencia de una vez al año, se debe realizar un mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos exhaustivo. Este mantenimiento preventivo puede afrontarse con personal propio (que tenga una buena formación técnica) o de lo contrario se recomienda contratar a una empresa externa especializada.

Dada la importancia de este mantenimiento, se debe seguir un protocolo específico. El mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos anual se debe dividir en zonas, perfectamente delimitadas y definidas.

A continuación, se exponen las actividades recomendadas según las áreas más habituales de cualquier planta fotovoltaica.

#### **Mantenimiento preventivo en el campo fotovoltaico.**

- 1- Revisión de la potencia instalada.
- 2- Comprobación del estado de los módulos: detección de módulos dañados y situación respecto al proyecto original.
- 3- Verificación del estado de las conexiones.
- 4- Comprobación de las características eléctricas del generador ( $V_{oc}$ ,  $I_{sc}$ ,  $V_{max}$  e  $I_{max}$  en operación).

- 5- Revisión de los anclajes sobre la estructura de apoyo.
  
- 6- Limpieza de los módulos fotovoltaicos con agua. Se emplearan productos no abrasivos y los medios mecánicos necesarios. Se debe garantizar la eliminación de aquellos residuos que pudieran afectar al óptimo funcionamiento de los módulos fotovoltaicos. Se prestará mayor atención a los elementos que puedan dar lugar a puntos calientes.

#### **Mantenimiento preventivo en los inversores.**

- 1- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etcétera.
  
- 2- Prueba de todas las características eléctricas, donde no puede faltar: Vin, lin, Iout, Vred, fred, y rendimiento.
  
- 3- Comprobación de las protecciones eléctricas (fallo de aislamiento...) así como de sus periodos de actuación.
  
- 4- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.

#### **Mantenimiento del cableado en instalaciones fotovoltaicas.**

- 1- Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornes), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, limpieza.
  
- 2- Comprobación de los elementos de protección.
  
- 3- Supervisión del estado de conexiones con pruebas de funcionamiento y test de validación.

4- Comprobación de la conexión a tierra. Registro de la medida de la conexión de tierra.

5- Ajuste de conexiones y falta de elementos sueltos.

6- Reapriete de tornillería y sujeciones en caso necesario.

### **Mantenimiento preventivo en los aislamientos.**

1- Medición de resistencias a tierra de los circuitos establecidos.

2- Comprobación de los sistemas de medida de la energía (contadores) y toma de las lecturas de producción y consumo.

3- Relaciones de los Transformadores de Intensidad del equipo de protección.

4- Verificación de las protecciones internas de los transformadores: Alarmas y disparos.

5- Ensayo de los relés de protección.

6- Lubricación y puesta a punto de los mecanismos de accionamiento.

7- Supervisión de los recorridos de los Interruptores automáticos.

8- Cotejo de los mecanismos de conexión y desconexión.

9- Confirmación de los accionamientos mecánicos de los seccionadores.

10-Limpieza y lubricación de los contactos y mecanismos.

11-Reapriete de la tornillería, lubricación y engrase (transformadores, aisladores, embarrados, seccionadores, interruptores, etc.).

12-Limpieza general del centro de transformación.

13-Mantenimiento preventivo en la estructura de apoyo

14-Revisión general de la estructura de soporte de los módulos.

15-Supervisión del correcto estado de la tornillería.

16-Detección de la existencia de oxidaciones o corrosiones.

17-Verificación del correcto anclaje al terreno.

### **Mantenimiento de las instalaciones de Alta tensión.**

1- Comprobación del acceso a las instalaciones de alta tensión: entradas, puertas y cerraduras.

2- Comprobación del estado general del centro: obra civil, instalaciones, cabinas, ventilación, fosos, iluminación, pintura, protecciones personales, seguridad, señalizaciones, emergencia, esquemas, enclavamientos, conraincendios, rotulaciones, limpieza, etc.

3- Elementos de la estación transformadora: anclajes, niveles, fugas de líquidos, juntas, conexiones, aisladores, válvulas, tierras, disyuntores, seccionadores, cables y embarrados, equipos de protección y control, cuadros de señalizaciones, etc.

4- Comprobación de los aislamientos de cámaras en Interruptores automáticos.

**Mantenimiento preventivo en la monitorización remota.**

1- Comprobación del sistema de monitorización: adquisición de datos.

2- Comprobación de las sondas de temperatura y radiación.

3- Comprobación del funcionamiento de los sistemas de transmisión de los datos.

4- Comprobación de ausencia de interferencias. Verificar que los elementos no alteren la emisión y recepción de señales de control y operación.

**Las principales medidas de seguridad que se deben aplicar en el mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos son:**

1- Utilice siempre un casco protector, guantes aislantes y calzado de seguridad (con suelas de caucho).

2- No desembale el módulo fotovoltaico hasta el momento de su instalación.

3- No toque el módulo fotovoltaico más de lo necesario durante la instalación. La superficie del cristal y el marco pueden estar calientes. Existe el riesgo de quemaduras y descarga eléctrica.

4- No realice la instalación si llueve, nieva o hace mucho viento.

5- A fin de evitar el riesgo de descarga eléctrica, no realice ningún trabajo si los terminales del módulo fotovoltaico están mojados.

- 6- Utilice herramientas aisladas que estén secas.
- 7- Al instalar los módulos fotovoltaicos, procure no dejar caer ningún objeto (p. ej., los módulos o las herramientas).
- 8- Asegúrese de que no haya ninguna fuente de gases inflamables cerca del lugar de instalación.
- 9- Inserte los conectores de interconexión completa y correctamente. Compruebe todas las conexiones. El cable de interconexión debe ir sujeto firmemente al marco del módulo de manera que el conector no arañe ni choque contra la lámina posterior del módulo.

#### **Más medidas de seguridad para módulos fotovoltaicos.**

- 1- No toque la caja de conexiones ni el extremo de los cables de interconexión (conectores) durante la instalación o bajo la luz del sol, independientemente de que el módulo fotovoltaico esté conectado o desconectado del sistema.
- 2- No exponga el módulo fotovoltaico a cargas excesivas en su superficie ni doble el marco.
- 3- No golpee ni someta a una carga excesiva el cristal o la lámina posterior. Las células podrían romperse o agrietarse.
- 4- Durante el funcionamiento, no utilice herramientas puntiagudas para limpiar la lámina posterior y el cristal. Esto dañaría el módulo.
- 5- No taladre el marco a fin de evitar la corrosión del mismo.

6- Para la instalación de los módulos en la estructura de montaje sobre tejado, siga el principio “de arriba a abajo” y/o “de izquierda a derecha”. Es recomendable intentar no pisar los módulos, ya que podría provocar daños en los mismos. Además de poner en peligro la propia seguridad del trabajador.

### **Riesgos más habituales durante el mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas.**

1- Caída de altura: Las superficies y zonas de trabajo en altura tienen ciertos elementos singulares que por su diseño, ejecución y funcionalidad son consideradas peligrosas. En concreto, se debe considerar la protección contra las inclemencias del tiempo. Este es uno de los orígenes de accidentes de los operadores más común.

2- Línea de anclaje de los arneses: Un riesgo habitual es que las líneas de anclaje que están instaladas sobre las cubiertas y tejados carecen de los elementos de seguridad legales.

Estos son: documentación específica sobre su uso, certificación de fabricante y notas de cálculo para calcular los esfuerzo mecánicos que eran capaces de soportar.

Otro riesgo en este aspecto es la falta de carteles o señales que indican a los operadores sobre los requisitos de uso.

**Formación:** la gran mayoría de los trabajadores de una instalación fotovoltaica han realizado el **curso de prevención de riesgos laborales** de 50 horas.

No obstante, es recomendable para los operadores también formación técnica sobre los elementos que trabajan. Está demostrado que los operadores sin estudios universitarios, pero con conocimientos específicos en el campo que trabajan obtienen mayores resultados de su trabajo. Conocer los componentes de una instalación fotovoltaica y los conceptos generales de

funcionamiento contribuye a realizar mejor su trabajo siempre con el objetivo común de obtener el máximo rendimiento de los módulos fotovoltaicos.

### **¿Cómo realizar una inspección de mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos?**

Al igual que todas las instalaciones industriales para obtener buenos rendimientos y alargar la vida útil debemos realizar inspecciones.

El mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos es una operación regular. No obstante, periódicamente debemos acometer una inspección para verificar la ausencia de malas prácticas e introducir las nuevas mejoras que hayamos aprendido.

#### **Una inspección básica debe incluir: Inspección de mantenimiento regular**

Se debe comprobar los procedimientos de prueba detallados y las listas de tareas recogidas en las directivas para el mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos.

#### **Análisis de Problemas Identificados.**

En base a la experiencia adquirida en otras plantas fotovoltaicas debemos evaluar los problemas frecuentes. Se considerará la descripción que realiza el operador de los problemas. También, se verifican todos los documentos y datos de supervisión disponibles.

#### **Inspección Visual.**

Después de la inspección documental, pasamos a la inspección visual. Se trata de identificar su estado y los problemas básicos que afectan a su capacidad para funcionar. El objetivo será aumentar la fiabilidad y la seguridad de la planta.

### **Inspección de Componentes y Sistemas.**

A continuación, se supervisa la totalidad de los sistemas fotovoltaicos. Esto incluye los sistemas instalados en tejado y los sistemas montados en el suelo. Es importante realizar mediciones detalladas de los parámetros de los componentes.

### **Propuesta de Mejoras.**

Una buena inspección finaliza con una propuesta de medidas de mejora detalladas. Estas tendrán su origen en los problemas técnicos y organizativos identificados. También se puede realizar aportes en base a nuevas tecnologías y hacer una estimación de costes para estudiar su rentabilidad.

## CAPITULO VII. CONCLUSIONES.

### Conclusiones.

1. El Dimensionamiento del sistema fotovoltaico conectado a red o de auto consumo, se diseñó mediante estudios de energía máxima consumida en un periodo de estudio de un año, por tal razón, la capacidad del sistema es adecuada a la máxima potencia demanda por la carga eléctrica del **Edificio Principal de la Corte Suprema de Justicia**, además al ser un sistema conectado a red y funcionando forma paralela sincronizada en condiciones de sobrecarga el servicio eléctrico comercial asumirá el excedente de potencia. La potencia del sistema se determinó en 300kw.

2. La ubicación de los módulos fotovoltaicos está basada en el estudio de la trayectoria del sol en el periodo de un año, que básicamente por el movimiento de traslación y rotación de la tierra la irradiación sobre los módulos fotovoltaicos varia en los diferentes meses del año, siendo marzo y abril los mejores meses para la generación de energía

3. Los beneficios medio ambientales radican en no contribuir al consumo de energía proveniente de combustibles fósiles que afectan considerablemente el medio ambiente, debido a que el estudio presenta disposición de módulos sobre estructuras de techo existente, el área de ocupación no afecta áreas verdes, ni obstruye el desarrollo del medio ambiente cercano a la planta solar a instalar.

4.- Se puede concluir que a partir de la investigación efectuada y los resultados obtenidos se demuestra la factibilidad del proyecto, así mismo, que es posible reducir el costo de energía consumida a la empresa de distribución de energía eléctrica, mediante el uso de las fuentes renovables. También, podemos decir que la hipótesis planteada al inicio de esta investigación, que es posible desarrollar proyectos con energía solar para la generación de energía eléctrica donde de implementarse este sistema, se lograría continuidad del plan de instalaciones de sistemas fotovoltaicos para el Poder judicial, para el futuro poderlo implementarlo a nivel Nacional.

## **CAPITULO VIII. RECOMENDACIONES.**

### **Consejos útiles para instalaciones de energía solar fotovoltaica:**

1. Recuerde que todos los aparatos con motor, tienen, como mínimo, una potencia de arranque 3 veces superior a la potencia del aparato. Hay que tenerlo en cuenta para saber si nuestro inversor lo aceptará.
2. No se deben hacer modificaciones en la instalación, dado que la instalación ha sido dimensionada específicamente para el uso que se estableció en un principio.
3. No utilizar lámparas incandescentes. Es recomendable la utilización de lámparas led o en su defecto de bajo consumo.
4. No es conveniente utilizar aparatos con resistencias eléctricas tipo: braseros, radiadores, calefactores, termos eléctricos, etc. Su consumo es excesivo. Será más adecuado utilizar otra fuente de energía para calentar.
5. Recuerde siempre que en los sistemas de energía solar fotovoltaica, como la energía es limitada, se hace mucho más necesario. Por tanto, no mantenga luces o equipos encendidos innecesariamente.
6. Comprobar semanalmente los indicadores del regulador de carga, que señalan su estado de funcionamiento, y verificar que tiene una producción regular.
7. Bajo ningún concepto se deberá tapan la salida de aire del inversor, ya que de ser así se impide la refrigeración de éste y podría desembocar en un mal funcionamiento.
8. Si el inversor se protege, ya sea por sobretensión o bien por sobre intensidad, y se apaga cuando lo sometemos a una carga superior a la que admite. No debemos reiniciarlo, después de unos minutos el inversor se reiniciara automáticamente.

9. Comunicar urgentemente cualquier avería al servicio técnico.
10. Revisar que la aparición de nuevas sombras (vegetación, nuevas construcciones) puedan disminuir la capacidad de producción eléctrica de la instalación.
11. No utilice cualquier tipo de agua o líquido que no sea la recomendada, en sustitución del agua destilada para rellenar la batería de acumulación, ya que esto daña la vida útil de la batería de acumulación.
12. En caso de necesitar el reemplazo de elementos de protección (fusibles, magnetos térmicos, diferenciales, etc....), se deberá tener especial cuidado en la desconexión, debiéndose abrir en primer lugar la base porta fusibles perteneciente a los paneles y en segundo lugar la correspondiente a los acumuladores o baterías. Es preferible que para esta operación llame a un especialista.
13. Se recomienda como mínimo una inspección periódica anual por parte de la empresa instaladora.
14. Se recomienda la limpieza de las placas solares con agua y jabón una vez al año.
15. No se debe poner nada encima de las baterías. No manipular sus bornes con las manos. No dejarlas al alcance de los niños. El espacio destinado a las baterías de energía solar deberá estar muy bien aireado, ya que la mayoría de las baterías solares despiden gases.
16. Es muy importante que la instalación de energía solar cuente con las protecciones adecuadas, por ello es recomendable que si usted duda de la seguridad de su instalación contacte con un especialista en energía solar que le asesore

## CAPITULO IX. BIBLIOGRAFIA.

MEM (2017) *Imagen Sobre la Radiación solar en Nicaragua*. Ministerio de Energías y Minas. Consultado 10 de Octubre 2021. Disponible en: [http://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2017/05/P-Sol\\_2017WEB\\_75dpi.jpg](http://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2017/05/P-Sol_2017WEB_75dpi.jpg)

EDE (2020, 19 de mayo) *Implementación de Proyectos de Energía Renovables*. Directivos y Empresas Sarens. Consultado 10 de Octubre 2021. Disponible en: <https://www.directivosyempresas.com/noticias/energia/sarens-montaje-infraestructuras-energia-renovable-parque-eolico/>

TECNOSLO (2017, 05 de Abril) *Características Eléctricas de los Paneles Solares*. Tecnología de Energía Solar Renovables. Consultado 10 de Octubre 2021. Disponible en: <https://tecnoslab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/>

ENATREL (s/f) *Aprovechamiento de Energía Fotovoltaica*. Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica Nicaragua. Consultado 18 de Noviembre 2021. Disponible en: <https://www.enatrel.gob.ni/nicaragua-aprovechara-beneficios-de-la-generacion-fotovoltaica/>

ANIXTER (2018) *Conductores Eléctricos Fotovoltaicos*. Empresas de Suministro de Materiales de Comunicación. Consultado 22 de Noviembre 2021. Disponible en: [https://www.anixter.com/es\\_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html#:~:text=Los%20cables%20fotovoltaicos%20para%20paneles,y%20clasificados%20a%202%20kV.](https://www.anixter.com/es_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html#:~:text=Los%20cables%20fotovoltaicos%20para%20paneles,y%20clasificados%20a%202%20kV.)

ENERGIA SOLAR (2020, 03 Mayo) *Efecto Fotovoltaico*. *Energía Solar*. Consultado 22 de Noviembre 2021. Disponible en: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/efecto-fotovoltaico>

SCIELO (2014) *Parámetros Comparativos de Células Fotoeléctricas*. S Cielo. Consultado 22 de Noviembre 2021. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012014000300004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012014000300004)

MEM (2017, 18 de Diciembre) *Ley para la aprobación de sistemas Fotovoltaicos Nicaragua*. Ministerio de Energías y Minas. Consultado 04 de Diciembre 2021. Disponible en: <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aeea87dac762406257265005d21f7/2e6a9c4715ba6ca60625820b00733361?OpenDocument>

AUTOSOLAR (2021, 22 de julio) *Inclinación de Paneles Solares. Auto Solar*. Consultado 15 de Diciembre 2021. Disponible en: <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/como-calcular-la-inclinacion-de-un-panel-solar>

SOLARAMA (2019) *Tipos de Radiación Solar*. Solarama. Consultado 18 de Diciembre 2021. Disponible en: <https://solarama.mx/blog/tipos-de-radiacion-solar/>

SITIOSOLAR (2013) *Historia de la Energía Fotovoltaica*. Sitio Solar Portal de Energía Renovables. Consultado 18 de Diciembre 2021. Disponible en: <http://www.sitiosolar.com/la-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>

FORDECYT (2017, 9 de Abril) *Aplicación Fotovoltaica de la Energía Solar*. Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico. Consultado 18 Diciembre 2021. Disponible en: <http://www.fordecyt.ier.unam.mx/pdf/pdfFotoVoltaico.pdf>

GREENENERGY (s/f) *Inclinación de Paneles Solares*. Energía Verde. Consultado el 18 de Diciembre 2021. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/474950632/Inclinacion-de-paneles-solares-en-suramerica-pdf>

SOLARAMA (2019) *Tipos de Soporte O estructura para la Instalación de Paneles Solares*. Solarama. Consultado 19 de Diciembre 2021. Disponible en: <https://solarama.mx/blog/estructura-de-paneles-solares/#tiposdeestructuradepanelessolares>

ESENERGIA (2022, 20 de Enero) *Mantenimiento de Instalaciones Fotovoltaicas*. Energía Solar Fotovoltaica. Consultado 25 de Enero 2022. Disponibles en: <https://esenergia.es/mantenimiento-preventivo-modulos-fotovoltaicos/>

ENERGIA SOLAR (2020, 24 de Enero) *Paneles Fotovoltaicos con Línea a Tierra*. Eliseo Sebastián Energía Solar. Consultado 19 Diciembre 2021. Disponible en: <https://eliseosebastian.com/paneles-fotovoltaicos-con-linea-a-tierra/>

**CAPITULO X. ANEXO**

# **ANEXO**

## GLOSARIO DE TERMINOS

**Acondicionador de energía** = Dispositivo electrónico que permite el acoplamiento eléctrico entre los módulos foto- voltaicos y las cargas eléctricas. Puede ser un controlador de carga para un acumulador, un seguidor de máxima potencia de un arreglo FV, ó un inversor.

**Acumulador de carga eléctrica** = Es un dispositivo que almacena electricidad en una celda electroquímica. Los mas conocidos son los acumuladores de plomo-ácido para automóviles. Comúnmente se les llaman baterías.

**Angulo de inclinación** = Angulo sobre el horizonte al que estan inclinados los paneles solares fotovoltaicos, para captar los rayos del sol.

**Arreglo Fotovoltaico (AFV)** = Un sistema interconecta- do de paneles fotovoltaicos que funciona como una sola unidad productora de electricidad. Los paneles esta arma- dos como una estructura discreta, con un soporte común.

**Batería** = Un dispositivo que almacena energía eléctrica (ver acumulador).

**CA** = Corriente alterna.

**Captador solar** = Es cualquier objeto que recibe los rayos del Sol.

**Carga** = Cualquier dispositivo o artefacto que esta usando potencia.

**CD** = Corriente directa.

**Celda Solar** = Unidad mínima de conversión del efecto foto- voltaico.

**CF (caballo de fuerza)** =Unidad de potencia que equivale a 745.7 watt (valor aproximado 746 W).

**Componentes periféricos en sistemas FV** = Todos los elementos del sistema fotovoltaico, excepto los paneles y el equipo consumidor de energía, incluyendo estructuras, piezas de

montaje, reguladores, baterías y cableado.

**Controlador de carga eléctrica** = Es un dispositivo electrónico que regula el estado de carga de un acumulador acoplado a un sistema FV. Evita que se sobre carga y que se descargue.

**Corriente eléctrica** = Flujo de portadores de carga en un conductor. Son electrones que se mueven por un metal debido a una fuerza electromotriz externa o diferencia de potencial que los esta impulsando. La corriente eléctrica se mueve de las zonas de mayor a las de menor potencial eléctrico. La unidad de medición es el amperio, simbolizado por A.

**Corriente de corto circuito, ICC** = Es la máxima corriente que produce una celda solar, módulo ó arreglo FV bajo condiciones de irradiancia máxima (1 kW/m<sup>2</sup>).

**Corriente para máxima potencia, IM** = Es la corriente que genera una celda, módulo o arreglo FV, que produce la máxima potencia de ellos, para cualquier valor de la irradiancia.

**Efecto fotovoltaico** = Generación de potencia eléctrica en un dispositivo debido a la absorción de luz.

**Eficiencia** = Es la razón entre la potencia entregada por un dispositivo respecto de la potencia suministrada, ó también, la razón aritmética entre la energía producida por la maquina, a la energía que se suministra para su funcionamiento.

**Eficiencia de conversión FV** = Es la razón entre la potencia máxima que genera una celda, módulo ó arreglo y la potencia de la radiación luminosa. Se expresa en porcentaje.

**Estructura** = Soporte metálico en donde se montan los módulos para darles inclinación, orientación, rigidez y confiabilidad al generador FV.

**Fotocorriente** = La corriente generada en una celda solar debido a la absorción de luz.

**Fotovoltaje** = La generación de un voltaje en las terminales de una celda solar debido a la absorción de luz.

**FV** = Fotovoltaico ó fotovoltaica

Hora-Sol u Hora-pico = La insolación que sería recibida por el conjunto solar durante una hora a una irradiación de  $1,000 \text{ W/m}^2$  ( $1 \text{ kW/m}^2 = 100 \text{ mW/cm}^2$ ).

**Irradiación** = Es la irradiancia acumulada en la unidad de tiempo. Varía de acuerdo a la latitud, estación del año, hora del día, así como las condiciones locales del clima. En el sistema internacional las unidades son  $\text{J/m}^2$ . Si el tiempo se mide en horas, y la irradiancia en  $\text{W/m}^2$ , la insolación se mide en  $\text{W-h/m}^2$ .  $1,000 \text{ W-h/m}^2 = 3.6 \text{ MJ/m}^2$ .

**Inversor** = Un mecanismo que convierte la corriente eléctrica directa en una corriente alterna (de CD a CA).

**Irradiancia** = Es la potencia de la radiación luminosa o de la luz solar recibida en una superficie de área unitaria. Esta se mide en  $\text{W/m}^2$ .

**Irradiancia difusa** = Es la que recibe el captador como si viniera de la bóveda celeste. Esta compuesta por rayos solares dispersados por nubes, partículas suspendidas en la atmósfera, y por rayos reflejados de superficies cercanas al captador. En un día nublado su valor puede ser hasta del 10% de la irradiancia global y es la mayor componente de ésta.

**Irradiancia directa** = es aquella que incide normalmente sobre la superficie de un captador sin sufrir desviación alguna. Bajo condiciones de atmósfera limpia, estando el Sol en el cenit del captador y a nivel del mar, su valor es cercano a  $1,000 \text{ W/m}^2$ .

**Irradiancia pico** = Es el valor asignado como máximo para la irradiancia. Por convención éste valor es de  $1,000 \text{ W/m}^2 = 1 \text{ kW/m}^2$ .

**Irradiancia Global** = Es la suma de la irradiancia directa con la difusa.

**Kilowatt** =  $1,000 \text{ W}$ .

**Licitación o concurso** = Solicitud formal pública de equipos y/o servicios.

**Mes crítico** = En sistemas de bombeo es el mes definido como aquel que presenta la razón

de bombeo al día más alta; y corresponde al mes con menor insolación y máxima demanda de agua.

**Panel Fotovoltaico** = Estructura formada por la conexión eléctrica de celdas solares montadas generalmente en una unidad modular o panel sellado, de un tamaño conveniente para el transporte, manejo y armado en conjuntos.

**Potencia del conjunto** = La producción en watt de un conjunto fotovoltaico.

**Producto, rendimiento** = La energía, potencia o trabajo producido por un sistema.

**Seguidor de máxima potencia** = Dispositivo electrónico convertidor CD-CD que acopla las impedancias del arreglo y de la carga para que ésta extraiga la máxima potencia producida por el módulo o arreglo FV.

**Sistema Fotovoltaico** = Un conjunto de componentes que convierte la luz del Sol en electricidad mediante el proceso fotovoltaico, se administra, almacena, distribuye y se consume. Está formado por módulos fotovoltaicos, estructuras, acondicionadores de energía (controladores, seguidores de máxima potencia, inversores), acumuladores de energía y cargas eléctricas.

**Sistema Llave en mano** = Instalación de un sistema en el sitio listo para funcionar.

**Tecnología Fotovoltaica** = La técnica disponible que transforma la luz solar en energía eléctrica; capaz de generar un voltaje al ser expuesto a la radiación visible o de otro tipo.

**Valor neto actual (VNA)** = Valor presente después de que se hayan hecho las deducciones del caso o se hayan tomado en cuenta las pérdidas.

**Voltaje a circuito abierto, VCA** = Es el máximo voltaje que genera una celda solar, un módulo ó arreglo FV cuándo sobre él incide la luz solar.

**Voltaje para máxima potencia, VMP** = Es el valor del voltaje en una celda solar, módulo o arreglo FV para el cual la potencia que define es la máxima para cualquier valor de la irradiancia.

**Watts** = Unidad de potencia eléctrica equivalente a un joule por segundo, según el sistema internacional de medición.

**Edificio de los Magistrados**

| <b>Censo de Carga panel de Iluminación y Tomacorrientes Costado Sur</b> |  |                 |                   |                   |                   |                 |                             |                       |                            |                               |                               |
|---|--|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Item</b>   | <b>Equipo Electrico</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Volt(Volt)</b> | <b>Pot(Watts)</b> | <b>Pot(Watts)</b> | <b>I(Amp)</b>   | <b>Factor Potencia (FP)</b> | <b>Pot Total (Kw)</b> | <b>Horas de uso Diario</b> | <b>Dias de Consumo al Mes</b> | <b>Consumo Mensual en Kwh</b> |
|   |  | <b>Total</b>    | <b>P/Unidad</b>   | <b>P/Unidad</b>   | <b>Total</b>      | <b>P/Unidad</b> |                             |                       |                            |                               |                               |
| 01  | Ojo de Buey Tipo panel Redondo de 18 watts led, 6500k, 120v, 8" aro color blanco                                       | 111             | 120               | 18                | 1,998             | 13.3            | 0.8                         | 1.3                   | 5                          | 17                            | 108.69                        |
| 02  | Luminaria decorativa Superficial con tubo 9 watts, led 6500k   | 18              | 120               | 9                 | 162               | 1.1             | 0.8                         | 0.1                   | 5                          | 17                            | 8.81                          |
| 03  | Ojo de Buey para Empotrar, de Bombillo con cepo tipo E27, de 20 watts.   | 8               | 120               | 20                | 160               | 1.1             | 0.8                         | 0.1                   | 4                          | 15                            | 6.14                          |
| 04  | Luminaria de Pared decorativo con Bombillo led 20watts 6500k, 120v   | 4               | 120               | 20                | 80                | 0.5             | 0.8                         | 0.1                   | 4                          | 15                            | 3.07                          |
| 05  | Luminar tipo Parche de 2 x 32watts Fluorescentes   | 8               | 120               | 64                | 512               | 3.4             | 0.8                         | 0.3                   | 3                          | 4                             | 3.93                          |
| 06  | Luminaria para empotrar 2x4 pies, con dos tubos Led 18watts, 6500k, 120v, con rejilla cuadrada plateada, color Blanca. | 31              | 120               | 36                | 1,116             | 7.4             | 0.8                         | 0.7                   | 6                          | 17                            | 72.85                         |
| 07  | Cafetera 120v  | 1               | 120               | 900               | 900               | 6.0             | 0.8                         | 0.6                   | 2                          | 20                            | 23.04                         |
| 08  | Refrigerador de 12 pies DEAVOO   | 1               | 120               | 575               | 575               | 3.8             | 0.8                         | 0.4                   | 6                          | 22                            | 48.58                         |
| 09  | Data Show EPSON modelo: ELPLP 7B   | 4               | 120               | 312               | 1,248             | 8.3             | 0.8                         | 0.8                   | 2                          | 13                            | 20.77                         |
| 10  | Tv LG de 49' led   | 1               | 120               | 90                | 90                | 0.6             | 0.8                         | 0.1                   | 5                          | 22                            | 6.34                          |
| <b>TOTAL</b>  |  |                 |                   |                   | <b>6,841.0</b>    |                 |                             | <b>4.4</b>            |                            |                               | <b>302.22</b>                 |

**Edificio de los Magistrados**

**Censo de Carga panel de Iluminación y Tomacorrientes Costado Norte.**

| Ítem | Equipo Eléctrico   | Cantidad | Volt(Volt) | Pot(Watts) | Pot(Watts)     | I(Amp)   | Factor Potencia (FP) | Pot Total  | Horas de uso Diario | Días de Consumo al Mes | Consumo Mensual en Kwh |
|------|--|----------|------------|------------|----------------|----------|----------------------|------------|---------------------|------------------------|------------------------|
|      |  | Total    | P/Unidad   | P/Unidad   | Total          | P/Unidad |                      | (KW)       |                     |                        |                        |
| 01   | Luminaria para empotrar 1x4 pies, con dos tubos Led 18watts, 6500k, 120v, con rejilla cuadrada plateada, color Blanca. | 20       | 120        | 36         | 720            | 6.0      | 0.8                  | 0.6        | 5                   | 18                     | 51.84                  |
| 02   | Ojo de Buey Tipo panel Redondo de 24 watts led, 6500k, 120v, 12" aro color blanco                                      | 12       | 120        | 24         | 288            | 2.4      | 0.8                  | 0.2        | 5                   | 17                     | 19.584                 |
| 03   | Ojo de Buey Tipo panel Redondo de 5 watts led, 6500k, 120v, 4" aro color blanco  | 16       | 120        | 5          | 80             | 0.7      | 0.8                  | 0.1        | 5                   | 15                     | 4.8                    |
| 04   | Ojo de Buey Tipo panel Redondo de 12 watts led, 6500k, 120v, 6" aro color blanco                                       | 9        | 120        | 12         | 108            | 0.9      | 0.8                  | 0.1        | 4                   | 17                     | 5.8752                 |
| 05   | Luminaria Superficial con bombillo incandescentes 220v   | 12       | 120        |            | 0              | 0.0      | 0.8                  | 0.0        | 3                   | 3                      | 0                      |
| 06   | Panel led superficial de 2x2 pies. 6500k, 120v, 40 watts   | 2        | 120        | 40         | 80             | 0.7      | 0.8                  | 0.1        | 2                   | 6                      | 0.768                  |
| 07   | Luminaria Superficial Cuadrada con cepo tipo E27 y Bombillo de 20 watts  | 2        | 120        | 20         | 40             | 0.3      | 0.8                  | 0.0        | 4                   | 22                     | 2.816                  |
| 08   | Micro-ondas Samsung  | 1        | 120        | 1,500      | 1,500          | 12.5     | 0.8                  | 1.2        | 2                   | 20                     | 48                     |
| 09   | Tostadora Premier  | 1        | 120        | 1,500      | 1,500          | 12.5     | 0.8                  | 1.2        | 1                   | 15                     | 18                     |
| 10   | Frigidaire Dispensador de agua / FQF20C3MUSW / Blanco  | 2        | 120        | 110        | 220            | 1.8      | 0.8                  | 0.2        | 6                   | 22                     | 23.232                 |
| 11   | Sistema de Audio   | 2        | 120        | 500        | 1,000          | 8.3      | 0.8                  | 0.8        | 2                   | 10                     | 16                     |
|      | <b>TOTAL</b>   |          |            |            | <b>5,536.0</b> |          |                      | <b>4.4</b> |                     |                        | <b>190.92</b>          |

**Edificio de los Magistrados**

**Censo de Carga panel de Iluminación y Tomacorrientes Costado Oeste**

| Ítem         | Equipo Eléctrico   | Cantidad | Volt(Volt) | Pot(Watts) | Pot(Watts)      | I(Amp)   | Factor Potencia (FP) | Pot Total   | Horas de uso Diario | Días de Consumo al Mes | Consumo Mensual en Kwh |
|--------------|--|----------|------------|------------|-----------------|----------|----------------------|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|
|              |  | Total    | P/Unidad   | P/Unidad   | Total           | P/Unidad |                      | (KW)        |                     |                        |                        |
| 01           | Computadora de Escritorio 120v, HP   | 1        | 120        | 200        | 200             | 1.7      | 0.8                  | 0.2         | 6                   | 20                     | 19.2                   |
| 02           | Laptop HP de 16´   | 3        | 120        | 100        | 300             | 2.5      | 0.8                  | 0.2         | 2                   | 15                     | 7.2                    |
| 03           | Secador de Mano 120v, 15A, american DRYER, modelo GG03, 60hz   | 10       | 120        | 1,000      | 10,000          | 83.3     | 0.8                  | 8.0         | 3                   | 15                     | 360                    |
| 04           | Luminaria para empotrar 2x4 pies, con cuatros tubos Led 18watts, 6500k, 120v, con rejilla cuadriculada plateada, color Blanca. | 120      | 120        | 72         | 8,640           | 72       | 0.8                  | 6.9         | 6                   | 20                     | 829.44                 |
| 05           | Refrigerador de 8 pies DEAVOO  | 15       | 120        | 300        | 4,500           | 38       | 0.8                  | 3.6         | 6                   | 15                     | 324                    |
| 06           | Luminaria Decorativa Superficial Redonda. 20 watts, 120v, Incandescentes   | 15       | 120        | 20         | 300             | 3        | 0.8                  | 0.2         | 2                   | 10                     | 4.8                    |
| 07           | Luminaria decorativa Superficial con tubo 9 watts, led 6500k   | 15       | 120        | 9          | 135             | 1        | 0.8                  | 0.1         | 2                   | 15                     | 3.24                   |
| 08           | Cafetera 120v  | 15       | 120        | 750        | 11,250          | 94       | 0.8                  | 9.0         | 2                   | 20                     | 360                    |
| 09           | Micro-ondas Samsung  | 15       | 120        | 1,200      | 18,000          | 150      | 0.8                  | 14.4        | 3                   | 15                     | 648                    |
| 10           | Tv LG de 21´ led   | 15       | 120        | 80         | 1,200           | 10       | 0.8                  | 1.0         | 2                   | 5                      | 9.6                    |
| 11           | Ojo de Buey Tipo panel Redondo de 24 watts led, 6500k, 120v, 12" aro color blanco  | 45       | 120        | 24         | 1,080           | 9        | 0.8                  | 0.9         | 5                   | 15                     | 64.8                   |
| 12           | Ojo de Buey Tipo panel Redondo de 5 watts led, 6500k, 120v, 4" aro color blanco  | 30       | 120        | 5          | 150             | 1        | 0.8                  | 0.1         | 5                   | 10                     | 6                      |
| 13           | Computadora de Escritorio 120v, HP   | 90       | 120        | 300        | 27,000          | 225      | 0.8                  | 21.6        | 8                   | 25                     | 4320                   |
| 14           | Impresora Lemark, 125v, 8amp.  | 15       | 120        | 850        | 12,750          | 106      | 0.8                  | 10.2        | 4                   | 25                     | 1020                   |
| <b>TOTAL</b> |  |          |            |            | <b>95,505.0</b> |          |                      | <b>76.4</b> |                     |                        | <b>7,976.28</b>        |

**Edificio de los Magistrados**

| <b>Censo de Carga Panel de Aire Acondicionado Salas, Lobby.</b> |                               |                 |                   |                   |                   |                 |                             |                     |                            |                               |                               |
|---|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Ítem</b>   | <b>Equipo Eléctrico</b>       | <b>Cantidad</b> | <b>Volt(Volt)</b> | <b>Pot(Watts)</b> | <b>Pot(Watts)</b> | <b>I(Amp)</b>   | <b>Factor Potencia (FP)</b> | <b>Pot Total KW</b> | <b>Horas de uso Diario</b> | <b>Días de Consumo al Mes</b> | <b>Consumo Mensual en Kwh</b> |
|   |                               | <b>Total</b>    | <b>P/Unidad</b>   | <b>P/Unidad</b>   | <b>Total</b>      | <b>P/Unidad</b> |                             |                     |                            |                               |                               |
| 1   | Aire Acondicionado 60,000 BTU | 6               | 220               | 4400              | 26,400            | 120             | 0.8                         | 21.1                | 5                          | 15                            | 1584                          |
| 2   | Aire Acondicionado 48,000 BTU | 2               | 220               | 3520              | 7,040             | 32              | 0.8                         | 5.6                 | 5                          | 8                             | 225.28                        |
| 3   | Aire Acondicionado 36,000 BTU | 2               | 220               | 2640              | 5,280             | 24              | 0.8                         | 4.2                 | 5                          | 10                            | 211.2                         |
| <b>Total</b>  |                               |                 |                   |                   | <b>38,720.00</b>  |                 |                             | <b>31.0</b>         |                            |                               | <b>2,020.48</b>               |

**Edificio de los Magistrados**

**Censo de Carga Panel de Aire Acondicionado Costado Oeste.**

| Ítem         | Equipo Eléctrico              | Cantidad | Volt(Volt) | Pot(Watts) | Pot(Watts)       | I(Amp)   | Factor Potencia (FP) | Pot Total KW | Horas de uso Diario | Días de Consumo al Mes | Consumo Mensual en Kwh |
|--------------|-------------------------------|----------|------------|------------|------------------|----------|----------------------|--------------|---------------------|------------------------|------------------------|
|              |                               | Total    | P/Unidad   | P/Unidad   | Total            | P/Unidad |                      |              |                     |                        |                        |
| 1            | Aire Acondicionado 48,000 BTU | 12       | 220        | 3520       | 42,240           | 192      | 0.8                  | 33.8         | 4                   | 10                     | 1351.68                |
| 2            | Aire Acondicionado 24,000 BTU | 12       | 220        | 1760       | 21,120           | 96       | 0.8                  | 16.9         | 4                   | 15                     | 1013.76                |
| 3            | Aire Acondicionado 12,000 BTU | 3        | 220        | 1056       | 3,168            | 14       | 0.8                  | 2.5          | 6                   | 20                     | 304.128                |
| <b>Total</b> |                               |          |            |            | <b>66,528.00</b> |          |                      | <b>53.2</b>  |                     |                        | <b>2,669.57</b>        |

**Edificio de los Magistrados**

| <b>Censo de Carga Panel de Aire Acondicionado Costado Norte.</b> |                               |                 |                   |                   |                   |                 |                             |                     |                            |                               |                               |
|--|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Ítem</b>  | <b>Equipo Eléctrico</b>       | <b>Cantidad</b> | <b>Volt(Volt)</b> | <b>Pot(Watts)</b> | <b>Pot(Watts)</b> | <b>I(Amp)</b>   | <b>Factor Potencia (FP)</b> | <b>Pot Total KW</b> | <b>Horas de uso Diario</b> | <b>Días de Consumo al Mes</b> | <b>Consumo Mensual en Kwh</b> |
|  |                               | <b>Total</b>    | <b>P/Unidad</b>   | <b>P/Unidad</b>   | <b>Total</b>      | <b>P/Unidad</b> |                             |                     |                            |                               |                               |
| 1  | Aire Acondicionado 36,000 BTU | 1               | 220               | 2640              | 2,640             | 12              | 0.8                         | 2.1                 | 6                          | 10                            | 126.72                        |
| 2  | Aire Acondicionado 24,000 BTU | 4               | 220               | 1056              | 4,224             | 19              | 0.8                         | 3.4                 | 6                          | 10                            | 202.752                       |
| 3  | Aire Acondicionado 18,000 BTU | 4               | 220               | 1408              | 5,632             | 26              | 0.8                         | 4.5                 | 6                          | 8                             | 216.2688                      |
| 4  | Aire Acondicionado 12,000 BTU | 2               | 220               | 1056              | 2,112             | 10              | 0.8                         | 1.7                 | 6                          | 8                             | 81.1008                       |
| <b>Total</b>   |                               |                 |                   |                   | <b>14,608.00</b>  |                 |                             | <b>11.7</b>         |                            |                               | <b>626.84</b>                 |

**Edificio de los Magistrados**

| <b>Censo de Carga Panel de Aire Acondicionado Costado Sur.</b> |                               |                 |                   |                   |                   |                 |                             |                     |                            |                               |                               |
|--|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Ítem</b>  | <b>Equipo Eléctrico</b>       | <b>Cantidad</b> | <b>Volt(Volt)</b> | <b>Pot(Watts)</b> | <b>Pot(Watts)</b> | <b>I(Amp)</b>   | <b>Factor Potencia (FP)</b> | <b>Pot Total KW</b> | <b>Horas de uso Diario</b> | <b>Días de Consumo al Mes</b> | <b>Consumo Mensual en Kwh</b> |
|  |                               | <b>Total</b>    | <b>P/Unidad</b>   | <b>P/Unidad</b>   | <b>Total</b>      | <b>P/Unidad</b> |                             |                     |                            |                               |                               |
| 2  | Aire Acondicionado 48,000 BTU | 1               | 220               | 3520              | 3,520             | 16              | 0.8                         | 2.8                 | 6                          | 18                            | 304.128                       |
| 3  | Aire Acondicionado 24,000 BTU | 5               | 220               | 1760              | 8,800             | 40              | 0.8                         | 7.0                 | 6                          | 18                            | 760.32                        |
| 4  | Aire Acondicionado 18,000 BTU | 1               | 220               | 1408              | 1,408             | 6               | 0.8                         | 1.1                 | 6                          | 18                            | 121.6512                      |
| 5  | Aire Acondicionado 12,000 BTU | 2               | 220               | 1056              | 2,112             | 10              | 0.8                         | 1.7                 | 6                          | 18                            | 182.4768                      |
| <b>Total</b>   |                               |                 |                   |                   | <b>15,840.00</b>  |                 |                             | <b>12.7</b>         |                            |                               | <b>1,368.58</b>               |

**Edificio de los Magistrados**

| <b>Censo de Carga Panel de Aire Acondicionado Central.</b> |                               |          |            |            |                  |          |                      |              |                     |                        |                        |
|--|-------------------------------|----------|------------|------------|------------------|----------|----------------------|--------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Ítem   | Equipo Eléctrico              | Cantidad | Volt(Volt) | Pot(Watts) | Pot(Watts)       | I(Amp)   | Factor Potencia (FP) | Pot Total KW | Horas de uso Diario | Días de Consumo al Mes | Consumo Mensual en Kwh |
|  |                               | Total    | P/Unidad   | P/Unidad   | Total            | P/Unidad |                      |              |                     |                        |                        |
| 1  | Aire Acondicionado 48,000 BTU | 1        | 220        | 4400       | 4,400            | 20       | 0.8                  | 3.5          | 6                   | 20                     | 422.4                  |
| 2  | Aire Acondicionado 36,000 BTU | 1        | 220        | 2640       | 2,640            | 15       | 0.8                  | 2.6          | 6                   | 20                     | 316.8                  |
| 3  | Aire Acondicionado 24,000 BTU | 3        | 220        | 1760       | 5,280            | 10       | 0.8                  | 1.8          | 6                   | 20                     | 211.2                  |
| 4  | Aire Acondicionado 12,000 BTU | 1        | 220        | 1056       | 1,056            | 6        | 0.8                  | 1.1          | 6                   | 20                     | 126.72                 |
| <b>Total</b>   |                               |          |            |            | <b>13,376.00</b> |          |                      | <b>9.0</b>   |                     |                        | <b>1,077.12</b>        |



# HALF CELL LINE

## CARATTERISTICHE ELETTRICHE (STC) <sup>(1)</sup>

|  |
|--|
| Potenza di picco (Pmax) <sup>(2)</sup>           |
| Tolleranza di classificazione                    |
| Tensione a Pmax (Vmp)                            |
| Corrente a Pmax (Imp)                            |
| Tensione di circuito aperto (Voc) <sup>(2)</sup> |
| Corrente di corto circuito (Isc) <sup>(2)</sup>  |
| Tensione massima di sistema                      |
| Massimo valore nominale del fusibile             |
| Efficienza modulo                                |
| Classe di protezione da scossa elettrica         |

## OR6H450M

|           |
|-----------|
| 450 W     |
| 0/+5 W    |
| 42.17 V   |
| 10.67 A   |
| 49.93 V   |
| 11.49 A   |
| 1500 V    |
| 20 A      |
| 20.70%    |
| Classe II |

## CARATTERISTICHE MECCANICHE

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Celle                             | 144 M6 HALF monocristalline PERC            |
| Dimensioni celle                  | 166x83 mm / 6.54x3.27"                      |
| Cover frontale                    | 3.2 mm / 0.13" spessore, vetro temprato     |
| Cover posteriore                  | TPT (Tedlar-PET-Tedlar)                     |
| Capsula                           | EVA (Etilene Vinil Acetato)                 |
| Cornice                           | Lega d'alluminio anodizzato doppio spessore |
| Finiture cornice                  | Silver                                      |
| Finiture backsheet                | Bianco                                      |
| Diodi                             | 3 Diodi di Bypass                           |
| Junction box                      | Certificato IP67                            |
| Connettori                        | MC4 o connettori compatibili                |
| Lunghezza cavi                    | 1300 mm / 51.18"                            |
| Sezione cavi                      | 4.0 mm <sup>2</sup> / 0.006 in <sup>2</sup> |
| Dimensioni                        | 2094 x 1038 x 35 mm / 82.44 x 40.87 x 1.38" |
| Peso                              | 23.2 Kg / 51.15 lbs                         |
| Carico Max (Carico di prova) - SF | 5400 Pa - 1.5 <sup>(3)</sup>                |

## CARATTERISTICHE TEMPERATURA

|  |                |
|--|----------------|
| NMOT <sup>(4)</sup>                            | 45±2 °C        |
| Coeff. temp. della potenza massima             | -0.37 %/°C     |
| Coeff. temp. della tensione di circuito aperto | -0.28 %/°C     |
| Coeff. temp. della corrente di corto circuito  | 0.042 %/°C     |
| Temperatura di funzionamento                   | -40 °C - +85°C |

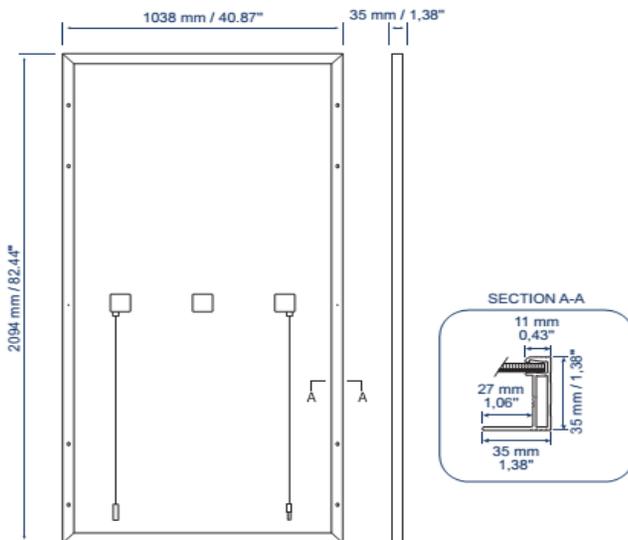
## PACKAGING <sup>(4)</sup>

|                     |  |
|---------------------|--|
| Dimensione pallet   | 2140x1200x1200 mm / 84.25x47.24x47.24" |
| Pannelli per pallet | 31                                     |
| Peso                | 768 kg / 1693.15 lbs                   |

## CERTIFICAZIONI

|                     |   |
|---------------------|---|
| Resistenza al fuoco | Classe di reazione al fuoco: 1 (UNI 9177) |
| PID free            | IEC TS 62804-1:2015                       |
| Nebbia salina       | IEC 61701:2011                            |
| Ammoniaca           | IEC 62716:2013                            |

## DIMENSIONI

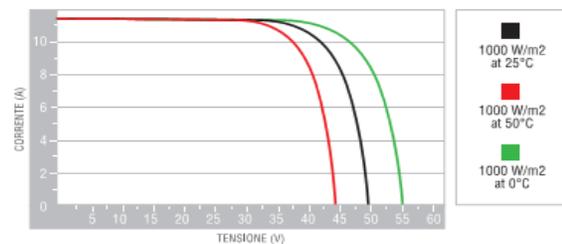
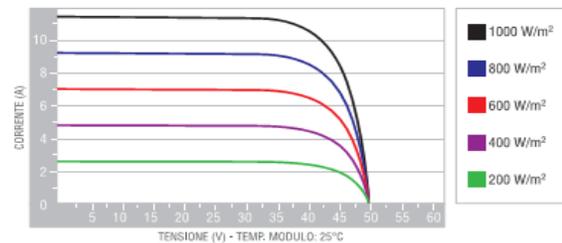


1. STC: (Standard Test Conditions) Irraggiamento 1000W/m<sup>2</sup>, Temperatura Modulo 25°C, Massa d'aria 1.5

2. Tolleranza sulla misura di Pmax, Voc, Isc: ±3%

3. NMOT: (Nominal Module Operating Temp): Irraggiamento 800W/m<sup>2</sup>; Temp. ambiente 20°C; Velocità vento 1m/s

## CARATTERISTICHE CORRENTE/VOLTAGGIO



4. I bancali possono essere sovrapposti massimo a due

5. Consultare il manuale d'installazione per le relative configurazioni di montaggio

Si precisa che i dati tecnici, le informazioni e le raffigurazioni riportate nel presente documento mantengono un valore puramente indicativo. Peimar si riserva in qualsiasi momento e senza preavviso di modificare i dati, i disegni e le informazioni riportate nel presente documento. IT\_2021\_11\_00

**PEIMAR**  
ITALIAN PHOTOVOLTAIC MODULES



## Hybrid Solar Inverter

### PV1800 Series (8KW-10KW)



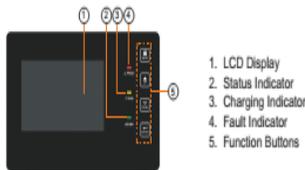
#### Features

- Pure sine wave inverter
- Configurable input voltage range for home appliances and personal computers via LCD setting
- Configurable battery charging current based on applications via LCD setting
- Configurable AC/Solar Charger priority via LCD setting
- Compatible to mains voltage or generator power
- Auto restart while AC is recovering
- Overload/ Over temperature/ short circuit protection
- Smart battery charger design for optimized battery performance
- Cold start function

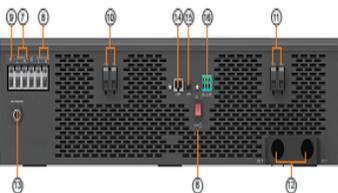
#### Introduction

This is a multi-function inverter/charger, combining functions of inverter, solar charger and battery charger to offer uninterruptible power support with portable size. Its comprehensive LCD display offers user-configurable and easy-accessible button operation such as battery charging current, AC/solar charger priority, and acceptable input voltage based on different applications.

#### Back panel printing description

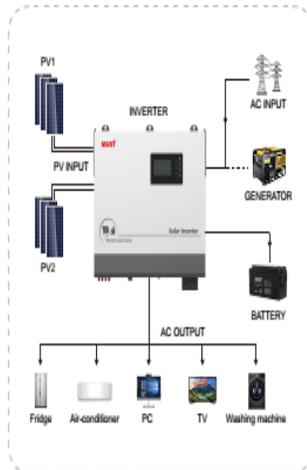


1. LCD Display
2. Status Indicator
3. Charging Indicator
4. Fault Indicator
5. Function Buttons



6. Power On/Off Switch
7. AC Input
8. AC Output
9. Ground
10. PV1 Input
11. PV2 Input
12. Battery Input
13. Circuit breaker
14. RS-485 Communication port
15. USB
16. Dry Contact

#### Solar system connection



## Specification

| MODEL                          |  | PV18-8048   | PV18-10048 |
|--------------------------------|--|---|------------|
| Nominal Battery System Voltage |  | 48VDC   |            |
| INVERTER OUTPUT                | Rated Power  | 8000W   | 10000W     |
|                                | Surge Power  | 16000W  | 20000W     |
|                                | Waveform   | Pure Sine Wave  |            |
|                                | AC Voltage Regulation (Batt.Mode)                                | 230VAC±5%   |            |
|                                | Output Frequency   | 60Hz or 50Hz  |            |
|                                | Inverter Efficiency(Peak)  | 93%   |            |
|                                | Transfer Time  | 10ms (UPS) 20ms (APL)                                     |            |
|                                | AC INPUT   | Nominal Input Voltage                                     | 230VAC     |
| Max AC Input Voltage           |  | 300VAC  |            |
| Selectable Voltage Range       |  | 170-280VAC (UPS)   90-280VAC (APL)   184-253VAC (VDE4105) |            |
| Frequency Range                |  | 50Hz   60Hz (Auto detection)                              |            |
| BATTERY                        | Normal Voltage   | 48VDC   |            |
| SOLAR CHARGER & AC CHARGER     | Charging Current   | 2-120A  |            |
|                                | Maximum PV Array Open Circuit Voltage                            | 145VDC  |            |
|                                | PV Array Open Circuit Voltage                                    | 60-130VDC   |            |
|                                | Cold Start Voltage   | 46.0VDC   |            |
|                                | Solar Charging Current   | 160A  |            |
|                                | Default Charging Current   | 160A  |            |
|                                | Maximum Charge Current   | 280A  |            |
| Charging Algorithm             | 3-step (Flooded Battery   AGM   GEL   LEAD Battery), 4-step (Li) |   |            |
| MECHANICAL SPECIFICATIONS      | Machine Dimensions(W*H*D)(mm)                                    | 503*600*141.2   |            |
|                                | Net Weight(kg)   | 21.0  |            |
| OTHER                          | Safety Certification   | CE  |            |
|                                | Operating Temperature  | 0°C-50°C  |            |
|                                | Storage Temperature  | -15°C -60°C   |            |

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



# FRONIUS PRIMO GEN24 PLUS

El inversor híbrido con función de energía de emergencia



Comunicación de datos integrada



Seguimiento Inteligente GMPP



Tecnología Multi Flow



Diseño SuperFlex



Función de energía de emergencia



Red de emergencia básica del PV Point

Con categorías de potencia de 3,0 a 6,0 kW, el Fronius Primo GEN24 Plus es el inversor híbrido ideal para el hogar. Con numerosas características integradas, este dispositivo monofásico satisface perfectamente las necesidades de cada usuario.

El Fronius Primo GEN24 Plus destaca gracias a las diferentes funciones integradas como la gestión de energía, la conexión WLAN, la conectividad Ethernet y la fácil integración de componentes de otros fabricantes. Además, garantiza la más alta fiabilidad en el suministro de energía con varias opciones de energía de emergencia (PV Point, energía de emergencia).

## DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO GEN24 PLUS (3.0, 3.6, 4.0, 4.6, 5.0, 6.0)

| DATOS DE ENTRADA   | PRIMO GEN24 3.0 PLUS                  | PRIMO GEN24 3.6 PLUS   | PRIMO GEN24 4.0 PLUS   | PRIMO GEN24 4.6 PLUS   | PRIMO GEN24 5.0 PLUS   | PRIMO GEN24 6.0 PLUS   |
|--|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Número de seguidores MPP                                       | 2                                     |                        |                        |                        |                        |                        |
| Máx. corriente de entrada ( $I_{dc\ máx}$ MPP1 / MPP2)         | 22 A / 12 A                           |                        |                        |                        |                        |                        |
| Máx. corriente de cortocircuito por serie FV (MPP1/MPP2)       | 33 A / 18 A                           |                        |                        |                        |                        |                        |
| Rango de tensión de entrada CC ( $U_{dc\ mín} - U_{dc\ máx}$ ) | 65 V - 600 V                          |                        |                        |                        |                        |                        |
| Tensión nominal de entrada ( $U_{dc,n}$ )                      | 400 V                                 |                        |                        |                        |                        |                        |
| Tensión de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )           | 80 V                                  |                        |                        |                        |                        |                        |
| Rango de tensión MPP   | 65 V - 530 V                          |                        |                        |                        |                        |                        |
| Número de entradas CC (MPP1 / MPP2)                            | 2 / 2                                 |                        |                        |                        |                        |                        |
| Máx. salida del generador FV ( $P_{dc\ máx}$ )                 | 4,5 kW <sub>pico</sub>                | 5,5 kW <sub>pico</sub> | 6,0 kW <sub>pico</sub> | 6,9 kW <sub>pico</sub> | 7,5 kW <sub>pico</sub> | 9,0 kW <sub>pico</sub> |
| DATOS DE SALIDA  | PRIMO GEN24 3.0 PLUS                  | PRIMO GEN24 3.6 PLUS   | PRIMO GEN24 4.0 PLUS   | PRIMO GEN24 4.6 PLUS   | PRIMO GEN24 5.0 PLUS   | PRIMO GEN24 6.0 PLUS   |
| Potencia nominal CA ( $P_{ac,1}$ )                             | 3.000 W                               | 3.680 W                | 4.000 W                | 4.600 W                | 5.000 W                | 6.000 W                |
| Máxima potencia de salida                                      | 3.000 VA                              | 3.680 VA               | 4.000 VA               | 4.600 VA               | 5.000 VA               | 6.000 VA               |
| Máx. corriente de salida CA ( $I_{ac\ máx}$ )                  | 19,40 A                               | 23,70 A                | 25,80 A                | 27,50 A                | 27,50 A                | 27,50 A                |
| Acoplamiento a la red (rango de tensión)                       | 1~NPE 220 V / 230 V (+ 20 % / - 30 %) |                        |                        |                        |                        |                        |
| Frecuencia (rango de frecuencia)                               | 50 Hz / 60 Hz (45 Hz - 65 Hz)         |                        |                        |                        |                        |                        |
| Coefficiente de distorsión no lineal                           | < 2 %                                 |                        |                        |                        |                        |                        |
| Factor de potencia ( $\cos \phi_{ac,1}$ )                      | 0,8 - 1 ind. / cap.                   |                        |                        |                        |                        |                        |
| Energía de emergencia  | 1~NPE 220 V / 230 V                   |                        |                        |                        |                        |                        |
| DATOS DE SALIDA PV POINT/ ENERGÍA DE EMERGENCIA                | PRIMO GEN24 3.0 PLUS                  | PRIMO GEN24 3.6 PLUS   | PRIMO GEN24 4.0 PLUS   | PRIMO GEN24 4.6 PLUS   | PRIMO GEN24 5.0 PLUS   | PRIMO GEN24 6.0 PLUS   |
| Potencia de salida nominal PV Point / energía de emergencia    | 3.000 VA / 3.000 VA                   | 3.000 VA / 3.600 VA    | 3.000 VA / 4.000 VA    | 3.000 VA / 4.600 VA    | 3.000 VA / 5.000 VA    | 3.000 VA / 6.000 VA    |
| Acoplamiento a la red (rango de tensión) PV Point              | 1 ~ NPE 220 V / 230 V                 |                        |                        |                        |                        |                        |
| Acoplamiento a la red (rango de tensión)                       | 1 ~ NPE 220 V / 230 V                 |                        |                        |                        |                        |                        |
| Energía de emergencia  | 1 ~ NPE 220 V / 230 V                 |                        |                        |                        |                        |                        |
| Tiempo de transición   | < 40 segundos                         |                        |                        |                        |                        |                        |
| CONEXIÓN A BATERÍA   | PRIMO GEN24 3.0 PLUS                  | PRIMO GEN24 3.6 PLUS   | PRIMO GEN24 4.0 PLUS   | PRIMO GEN24 4.6 PLUS   | PRIMO GEN24 5.0 PLUS   | PRIMO GEN24 6.0 PLUS   |
| Número de entradas CC  | 1                                     |                        |                        |                        |                        |                        |
| Máx. corriente de entrada ( $I_{dc\ máx}$ )                    | 22 A                                  |                        |                        |                        |                        |                        |
| Rango de tensión de entrada CC ( $U_{dc\ mín} - U_{dc\ máx}$ ) | 150 V - 455 V                         |                        |                        |                        |                        |                        |
| Máx. potencia de entrada / salida *                            | 3.110 W                               | 3.810 W                | 4.140 W                | 4.750 W                | 5.170 W                | 6.200 W                |
| Máx. potencia de carga CA                                      | 3.000 W                               | 3.680 W                | 4.000 W                | 4.600 W                | 5.000 W                | 6.000 W                |