



1859



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos**

**Naturales no Renovables**

**Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones**

**Estación de carga solar para bicicletas y monopatín eléctricos de  
baja potencia para el I<sup>2</sup>TEC de la UNL**

Trabajo de Titulación previo a  
obtención del Título de Ingeniero en  
Electrónica y Telecomunicaciones

**AUTOR:**

Edwin Segundo Cabrera Ordoñez

**DIRECTOR:**

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco, Mg. Sc.

*Loja – Ecuador*

*2023*

## Certificación

Loja, 02 de noviembre del 2022

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco Mg. Sc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Estación de carga solar para bicicletas y monopatín eléctricos de baja potencia para el I<sup>2</sup>TEC de la UNL**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**, de la autoría del estudiante **Edwin Segundo Cabrera Ordoñez**, con cedula de identidad No **1105104838**, el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco Mg. Sc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Edwin Segundo Cabrera Ordoñez**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**

**Cedula de identidad:** 115104838

**Fecha:** 28/02/2023

**Correo electrónico:** edwin.cabrera@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0988382943

**Carta de autorización por parte del autor para la consulta de reproducción parcial o total, y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo **Edwin Segundo Cabrera Ordoñez** declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Estación de carga solar para bicicletas y monopatín eléctricos de baja potencia para el I2TEC de la UNL**, como requisito para optar al grado **de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un Tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintitrés días del mes de febrero del dos mil veintitrés.

**Firma:**

**Autor:** Edwin Segundo Cabrera Ordoñez

**Cedula:** 1105104838

**Dirección:** Cdla. Julio Ordoñez – Loja

**Teléfono:** 0988382943-072547633

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director de Trabajo de Titulación:** Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco, Mg.Sc.

## **Agradecimiento**

Dedico el presente trabajo de investigación a mis padres y todas aquellas personas que en algún momento de mi vida académica me motivaron a seguir adelante, estaban pendientes de mi salud, progreso y proceso de formación que me aconsejaron a terminar lo que un día inicié.

A mi director de Trabajo de Titulación que bajo su tutela pude realizar mi investigación de una manera organizada y ejecutada sin inconvenientes.

A mis profesores por darme las enseñanzas y conocimiento para una vida profesional prospera, que gracias a sus conocimientos me dieron un punto diferente de vista a la vida profesional y personal.

A mi novia por darme todo el apoyo incondicional al realizar este proyecto de tesis al culminar un punto de vida llamada universidad.

Una persona cree saberlo todo al llegar a la universidad; luego entiende que el aprendizaje apenas inicia, *“solo vemos una gota de sabiduría en el gran océano del saber”*.

*Edwin Segundo Cabrera Ordoñez*

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iv
<b>Agradecimiento</b> .....	v
<b>Índice de contenidos</b> .....	vi
Índice de Tablas .....	ix
Índice de Figuras.....	x
Índice de Anexos .....	xii
Índice de Ecuaciones .....	xiii
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
2.1 Abstact.....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1 Tipos de energía.....	6
4.1.1 Energía mecánica.....	6
4.1.2 Energía potencial .....	6
4.1.3 Energía cinética .....	6
4.1.4 Energía química.....	6
4.1.5 Energía eléctrica .....	7
4.2. Fuentes de energía.....	7
4.2.1 Energía no renovable .....	7
4.2.2 Energía renovable .....	7
4.3.....Sistemas fotovoltaicos.....	8
4.3.1 Sistemas fotovoltaicos autónomos. ....	9

4.3.2	Componentes en sistemas fotovoltaicos autónomos .....	10
4.3.3	Célula solar .....	12
4.3.4	Módulo fotovoltaico. ....	12
4.3.4.1	Celda fotovoltaica.....	13
4.3.4.2	Funcionamiento de la celda fotovoltaica.....	13
4.3.4.3	Partes que forman una célula de un módulo fotovoltaico. ....	13
4.3.5	Tipos de paneles solares: .....	14
4.4.	Regulador o controlador de carga.....	16
4.4.1	Funciones de los reguladores:.....	17
4.4.1.1	Control en paralelo .....	18
4.4.1.2	Control en serie.....	19
4.4.2	Funciones asociadas al regulador de carga.....	20
4.5	Baterías.....	21
4.5.1	Elementos de una batería.....	24
4.5.2	Parámetros que caracterizan una batería .....	25
4.6	Inversor.....	27
4.6.1	Partes de un inversor .....	27
4.6.2	Inversores fotovoltaicos autónomos .....	28
4.6.3	En función de su utilización existen dos tipos de inversores.....	29
4.6.3.1	Inversores autónomos .....	29
4.6.3.2	Inversor de conexión a la red.....	29
<b>5.</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>31</b>
5.1	Características y dimensionamiento de los equipos que conforman el SFV.....	31
5.1.1	Estimación de consumo .....	31
5.1.2	Inclinación óptima y orientación .....	33
5.2	Dimensionamiento del Generador fotovoltaico .....	34
5.3	Dimensionamiento del sistema de acumulación .....	36

5.4	Dimensionamiento del controlador de carga.....	38
5.5	Dimensionamiento del Inversor de corriente DC/AC.....	39
5.6	Diseño de la infraestructura de la estación solar.....	40
5.6.1	Equipos: Panel Solar.....	40
5.6.2	Inversor de corriente.....	41
5.6.3	Controlador de carga.....	42
5.6.4	Batería.....	43
5.7	Materiales.....	44
5.7.1	Terminales MC4.....	44
5.7.2	Tomacorriente de 120 V/20A.....	45
5.8	Diseño de la infraestructura.....	46
5.9	Diseño eléctrico de la Estación Solar Fotovoltaica.....	47
5.10	Lugar designado para la Estación Solar Fotovoltaica.....	48
<b>6.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>49</b>
6.1.	Dimensionamiento del sistema.....	49
6.2.	Ensamble y construcción.....	50
6.3.	Pruebas, medición y resultados del SFV.....	52
6.4.	Presupuesto.....	53
<b>7.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>57</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>59</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>60</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>61</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>64</b>



## Índice de Tablas:

<b>Tabla 1.</b> Comparación de eficiencia entre ambos módulos. ....	15
<b>Tabla 2.</b> Tipos y características de baterías secundarias. Fuente (Alonso, 2011) .....	22
<b>Tabla 3. Potencia y consumo del sistema en AC</b> .....	<b>32</b>
<b>Tabla 4.</b> Radiación solar en el cantón Loja.....	33
<b>Tabla 5.</b> Ángulos de inclinación óptima. (CONELEC, 2008).....	34
<b>Tabla 6.</b> Dimensión de cantidad de módulos.....	35
<b>Tabla 7.</b> Ficha técnica del panel solar RS7E-230M. ....	40
<b>Tabla 8.</b> Especificaciones técnicas del inversor TW-500-12V.....	41
<b>Tabla 9.</b> Características técnicas esenciales del regulador de carga JN-H500-12.....	42
<b>Tabla 10.</b> Características técnicas de la batería. ....	43
<b>Tabla 11.</b> Especificaciones técnicas de un toma corriente. ....	45
<b>Tabla 12.</b> Valores y equipos utilizados en el SFV.....	49
<b>Tabla 13.</b> Resultados de dimensionamiento .....	49
<b>Tabla 14.</b> Valores de dimensionamiento del SFV. ....	52
<b>Tabla 15.</b> Valor de la potencia de consumo en valores finales.....	53
<b>Tabla 16.</b> Valor de corriente medición las cargas.....	53
<b>Tabla 17.</b> Obra civil .....	54
<b>Tabla 18.</b> Transporte.....	54
<b>Tabla 19.</b> Equipos y materiales.....	55
<b>Tabla 20.</b> Presupuesto total del proyecto .....	56

## Índice de Figuras:

<b>Figura 1.</b> Esquema básico de un sistema fotovoltaico autónomo AC. ....	9
<b>Figura 2.</b> Configuraciones comunes de un acumulador electrolítico: a) SHS, b) AC, c) AC-DC, d) Híbrido. Fuente: (Lamigueiro, 2020) .....	11
<b>Figura 3.</b> composición de una celda solar. (Ángel & Carrera, 2015).....	13
<b>Figura 4.</b> Estructura de una célula de un panel fotovoltaico. Fuente (Macancela Zhumi, 2012) .....	14
<b>Figura 5.</b> Modulo a) monocristalino y b) policristalino (“Sistema Fotovoltaico Autónomo Para Casa Rural,” n.d.-a) .....	15
<b>Figura 6.</b> MACD, Máxima densidad de corriente alcanzable (“Sistema Fotovoltaico Autónomo Para Casa Rural,” n.d.-a) .....	16
<b>Figura 7.</b> Algunos reguladores de carga para un sistema fotovoltaico autónomo. (CONTROLADOR DE CARGA» Qué Es, Tipos, Parámetros - Cumbre Pueblos, n.d.).....	18
<b>Figura 8.</b> Esquema básico de operación del regulador de carga en serie y paralelo. (Macancela Zhumi, 2012) .....	18
<b>Figura 9.</b> Esquema de una celda electrolítica. Fuente (Pilas y Acumuladores, n.d.) ....	23
<b>Figura 10.</b> Partes de una batería Plomo-Acido. Fuente: ( Tipos de Baterías, Cómo Se Clasifican y Propiedades 【2022】 , n.d.).....	24
<b>Figura 11.</b> Esquema de función del inversor .....	27
<b>Figura 12.</b> Panel solar RS7E-230M. Fuente: Autor .....	36
<b>Figura 13.</b> Batería HTB, ciclo profundo 100Ah/12VDC. Fuente: (Bateria Solar de GEL Vida Útil Prolongada 100Ah/12VDC, n.d.) .....	37
<b>Figura 14.</b> Controlador Solar. Fuente: Autor.....	38
<b>Figura 15.</b> inversor de corriente DC/AC. Fuente: Autor .....	39
<b>Figura 16.</b> Dimensión del módulo fotovoltaico (mm). Fuente: (Panel Solar 230Wp /12VDC Monocristalino RESUN, n.d.).....	41
<b>Figura 17.</b> Datos eléctricos de energía y Corriente con respecto al voltaje del generador. Fuente: (Panel Solar 230Wp /12VDC Monocristalino RESUN, n.d.).....	41
<b>Figura 18.</b> Características de rendimiento, carga y descarga. Fuente: (Bateria Solar de GEL Vida Útil Prolongada 100Ah/12VDC, n.d.).....	44
<b>Figura 19.</b> Dimensiones de la batería. (Bateria Solar de GEL Vida Útil Prolongada 100Ah/12VDC, n.d.).....	44

<b>Figura 20.</b> Terminales MC4. Fuente: (Terminales MC4, n.d.).....	45
<b>Figura 21.</b> Dimensión del tomacorriente. Fuente: (PLURA, n.d.) .....	45
<b>Figura 22.</b> Diseño de la infraestructura de la estación solar.....	47
<b>Figura 23.</b> Esquema de la estación eléctrica para recargar bicicletas y monopatín. Fuente: Autor .....	48
<b>Figura 24.</b> Lugar en donde se ubica la estación solar. Fuente: Autor. ....	48
<b>Figura 25.</b> Diseño de la estructura con sus dimensiones. Fuente: Autor.....	50
<b>Figura 26.</b> Estación de carga solar instalada y terminada. ....	52
<b>Figura 27.</b> Dimensiones de la infraestructura en perfil: derecho, izquierdo, frente, trasera, superior. Fuente: Autor .....	75
<b>Figura 28.</b> Estructura metálica en cuerpos diferentes. Fuente: Autor .....	78
<b>Figura 29.</b> Oba civil de las bases en la ubicación indicada por el director de tesis.....	80
<b>Figura 30.</b> instalación de los cuerpos de la estación solar en las bases antes dictadas de obra civil. ....	81
<b>Figura 31.</b> Funcionamiento de la estación solar en el día y la noche .....	83
<b>Figura 32.</b> Instalación de luminarias y sensor de movimiento. ....	85
<b>Figura 33.</b> Instalaciones finales eléctricas de equipos y conexiones eléctricas.....	86
<b>Figura 34.</b> Medida en la salida de voltaje en paneles solares .....	87
<b>Figura 35.</b> Voltaje medido en la salida del controlador de carga .....	87
<b>Figura 36.</b> Voltaje medido en la batería, conectado al controlador de carga y al inversor .....	88
<b>Figura 37.</b> Medida de voltaje a la Salida del inversor de corriente .....	88
<b>Figura 38.</b> Medida de voltaje en la salida de potencia para bicicletas y scooter.....	89
<b>Figura 39.</b> Medida de voltaje en la salida de potencia en la carga de celulares .....	89
<b>Figura 40.</b> Medida de corriente al cargar el monopatín eléctrico.....	90
<b>Figura 41.</b> Medida de corriente al cargar la bicicleta eléctrica.....	90
<b>Figura 42.</b> Medida de la corriente al cargar los dos vehículos juntos .....	91
<b>Figura 43.</b> Bicicleta eléctrica de la universidad cargando en la estación solar en la noche. .....	92
<b>Figura 44.</b> Estación solar en funcionamiento, entregada al ingeniero Pabel Merino, director de proyecto de Titulación. ....	92

## **Índice de Anexos:**

<b>Anexo 1.</b> Datasheet Panel Solar .....	64
<b>Anexo 2.</b> Datasheet del Controlador de Carga .....	66
<b>Anexo 3.</b> Datasheet de la Batería .....	68
<b>Anexo 4.</b> Datasheet del Inversor de Corriente.....	70
<b>Anexo 5.</b> Diseño de Infraestructura .....	75
<b>Anexo 6.</b> Construcción de la base metálica de la estación solar. ....	78
<b>Anexo 7.</b> Obra Civil. ....	80
<b>Anexo 8.</b> Ensamble de la Estación Solar .....	81
<b>Anexo 9.</b> Instalación de equipos electrónicos de carga y consumo.....	85
<b>Anexo 10.</b> Medición de voltaje .....	87
<b>Anexo 11.</b> Medición de corriente .....	90
<b>Anexo 12.</b> Estación solar terminada .....	92
<b>Anexo 13.</b> Certificado de Traducción.....	94
<b>Anexo 14.</b> Manual de mantenimiento de usuario .....	95

## Índice de Ecuaciones:

<b>Ecuación 1</b> .....	26
<b>Ecuación 2</b> .....	26
<b>Ecuación 3</b> .....	32
<b>Ecuación 4</b> .....	32
<b>Ecuación 5</b> .....	34
<b>Ecuación 6</b> .....	35
<b>Ecuación 7</b> .....	37
<b>Ecuación 8</b> .....	37
<b>Ecuación 9</b> .....	38
<b>Ecuación 10</b> .....	39

## **1. Título**

**Estación de carga solar para bicicletas y monopatín eléctricos  
de baja potencia para el I<sup>2</sup>TEC de la UNL**

## 2. Resumen

Las energías renovables tienen un gran potencial en la disminución de las emisiones ambientales debido a vehículos que utilizan el petróleo como combustible. El sol como fuente inagotable de energía produce una gran cantidad de electricidad usando sistemas fotovoltaicos, estos sistemas se encuentran en aquellos lugares que se encuentran lejos de una red eléctrica o en donde existe un gran desabastecimiento de energía. En la presente tesis se pone a disposición información y datos acerca de una estación solar utilizando sistemas fotovoltaicos para recargar bicicletas y monopatín “Scooter” eléctricos de baja potencia, utilizando los equipos y técnicas necesarias en cualquier sistema fotovoltaico. El diseño de esta estación puede replicarse a nivel mundial ya que está dirigido a aquellos vehículos eléctricos como medio de movilidad sustentable utilizando energías limpias, las energías limpias nos ayudan a limpiar el aire que respiramos en forma de energía que pueden utilizar vehículos de transporte.

**Palabras claves:** Energía renovable, Tipos de Energía, MACD, SFV, Controlador de carga, SFVA.

## **2.1 Abstract**

*Renewable energies have great potential in reducing environmental emissions due to vehicles that use petroleum as fuel. The sun, as an inexhaustible source of energy, produces a large amount of electricity by using photovoltaic systems, these systems are found in those places that are far from a power grid or where there is a great shortage of energy. This thesis provides information and data about a solar station using photovoltaic systems to recharge low power electric bicycles and scooters by using the necessary equipment and techniques in any photovoltaic system. The design of this station can be replicated globally, since it is aimed at those electric vehicles, as a means of sustainable mobility using clean energy, clean energy helps us to clean the air we breathe in the form of energy that transport vehicles can use.*

### **Keywords:**

Renewable Energy, Types of Energy, MACD, SFV, Load Controller, SFVA.



### 3. Introducción

#### *Antecedentes*

Las emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI) emitidas al medio ambiente, han sido aquellas que han prestado servicios energéticos desde hace varias décadas, aproximadamente desde el año 1850 los combustibles de origen fósil (carbón, petróleo o gas) han aumentado de tal manera que son la energía predominante del planeta, como resultado de esta práctica aumentó las emisiones de dióxido de carbono en la atmósfera. (Seyboth et al., 2011)

Al hablar acerca de las energías renovables se incluyen fuentes y tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar, eólica, hidráulica, minihidráulica, mareomotriz, geotérmica y biomasa; estas energías son de cualquier forma de energía de origen solar, geofísica o biológica que se renueva mediante procesos naturales (ICCA, 2015); las energías alternativas promueven estrategias de desarrollo bajas en carbono, con el fin de potenciar el crecimiento verde y garantizar el desarrollo sostenible.

La energía radiante del sol emite continuamente una potencia de 62600 Kilowatts (kilovatios) por cada metro cuadrado en la superficie, lo cual es equivalente al consumo de gas y petróleo al año por dos días de sol; esta energía se divide en dos subgrupos solares térmicas y solares fotovoltaicos, siendo la segunda la que se utiliza para el presente proyecto. (ICCA, 2015)

En la energía solar fotovoltaica, en las celdas solares transforman la radiación solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico, la luz puede generar corriente eléctrica al iluminar ciertos materiales semiconductores como el silicio, este material es el más común entre todos y también el más barato.

La movilidad sostenible según el ministerio de salud pública busca que los desplazamientos cotidianos tengan el menor impacto ambiental y territorial, este tipo de movilidad busca reducir el consumo de petróleo, carbón y gas; así mismo, las personas deban moverse de forma activa con el fin de mejorar su salud a través de la actividad física y ciudades libres de contaminación; estas acciones ayudan a la educación de vida verde en el planeta.

Ahora se puede contar con una estación solar para recargar vehículos eléctricos de baja potencia ubicado en el Área de Energía los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, está abierto para todas aquellas personas que posean

una bicicleta o monopatín eléctrico y público en general, en especial para aquellos interesados en este tipo de movilidad sostenible y cuidado del medio ambiente.

### **Objetivos:**

El alcance de este proyecto tiene por finalidad crear una nueva visión y misión dentro de los estudiantes de la Universidad Nacional de Loja y público en general, para esto se recalca los objetivos en los que se basa el proyecto.

- **Objetivo general.**

Diseñar e implementar un sistema de carga solar para bicicletas y monopatín eléctricos de baja potencia para el I<sup>2</sup>TEC de la UNL.

- **Objetivos específicos.**

1. Dimensionar la potencia de los componentes fotovoltaicos para el sistema de carga solar.
2. Diseñar la estructura que soporte el sistema de carga solar.
3. Construir e implementar el sistema de carga solar de baja potencia para el I<sup>2</sup>TEC de la UNL.

## **4. Marco Teórico**

La energía tiene diversos significados y definiciones relacionadas con la capacidad de hacer, transformar o poner en movimiento. El término de energía proviene de la palabra “energeia” que significa actividad, operación y “energos”, por tanto, energía se refiere a fuerza de acción o fuerza de trabajo. (Hidalgo et al., n.d.)

### ***4.1 Tipos de energía***

Recordando el primer principio de la termodinámica “La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma”, teniendo esto en cuenta todas las energías pueden transformarse continuamente de una a otra; por ejemplo, el calor puede transformarse en reacción química y a la inversa, así como una reacción química puede producir calor. (Hidalgo et al., n.d.)

#### ***4.1.1 Energía mecánica***

La energía mecánica expresa la capacidad que poseen los cuerpos con masa de efectuar un trabajo debido a su movimiento y/o posición. Este tipo de energía puede subdividirse en; hidráulica que aprovecha la energía potencial del movimiento del agua y; la energía eólica que aprovecha el movimiento del viento. (Hidalgo et al., n.d.)

#### ***4.1.2 Energía potencial***

Todo cuerpo que se ubica a cierta altura del suelo posee energía potencial, a mayor altura mayor energía potencial tiene; este se define como la energía almacenada en un sistema o una medida de trabajo que un sistema puede entregar. (Hidalgo et al., n.d.)

#### ***4.1.3 Energía cinética***

Esta energía tiene un objeto debido a su movimiento, depende de la masa y la velocidad del objeto. La energía asociada a un objeto situado a determinada altura sobre una superficie se denomina energía potencial; si se deja caer un objeto, la energía potencial se convierte en cinética. (Hidalgo et al., n.d.)

#### ***4.1.4 Energía química***

Es aquella energía acumulada en alimentos y en combustibles; se produce por la transformación de sustancias químicas que contienen alimentos o elementos que posibilitan mover objetos o generar otro tipo de energía. (Hidalgo et al., n.d.)

#### **4.1.5 Energía eléctrica**

Resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente entre ambos para obtener un trabajo. Este tipo de energía se puede transformar en muchas otras formas de energía como; luminosa, mecánica, térmica. (*Las Energías Renovables Contenidos*, 2004)

#### **4.2 Fuentes de energía**

La energía se puede clasificar según la fuente de donde provenga, renovable y no renovable.

##### **4.2.1 Energía no renovable**

Se denomina energía no renovable a aquellas que provienen de fuentes agotables como: petróleo, carbón, gas natural, en si todos los combustibles fósiles, una vez consumido se agota el abastecimiento; por lo general el ritmo de uso es mayor al de su regeneración. Entre estas están:

La Energía fósil.- Es la biomasa de tiempos milenarios que es sometida a procesos de transformación por presión y temperatura. Entre estos están el carbón, petróleo, gas natural y licuado de petróleo. (Font, 2020)

Energía nuclear.- Es también conocida como energía atómica proveniente del átomo, esta proviene del proceso de fisión nuclear del núcleo de uranio. Al momento de la división del núcleo se libera una gran cantidad de energía en forma de radiación y calor la cual se utiliza para generar electricidad o energía termonuclear. (Font, 2020)

##### **4.2.2 Energía renovable**

Las de energías renovables son aquellas que comprenden una regeneración mayor al de su uso; la regeneración de estas puede ser naturales o artificiales. Estas son obtenidas de fuentes limpias al medio ambiente, e inagotables (Font, 2020). Entre los diferentes tipos de energía renovable tenemos:

###### **4.2.2.1 Energía hidráulica.**

Es actuada por medio del agua, por efecto de la energía potencial gravitatoria, el movimiento del agua al pasar en una turbina de generación eléctrica, transforma la energía potencial en hidroeléctrica.

###### **4.2.2.2 Energía marina.**

También es conocida como movimiento de aguas oceánicas, estas aguas son un gran almacén de energía cinética interminable, utiliza diferentes tipos de tecnologías

apropiadas que pueden transformarse en energía eléctrica (Font, 2020). Se produce gracias al movimiento generado por las mareas, se divide en:

- Mareomotriz, energía de la diferencia de mareas.
- Undimotriz, energía del movimiento de las olas.
- Conversión térmica, utiliza la diferencia térmica de los océanos.

#### **4.2.2.3 Energía eólica.**

Actúa el aire en una gran cantidad de corrientes o masas de aire que se desplazan por la superficie en forma de energía cinética, la cual al mover turbinas eólicas convierte esta energía en eléctrica. (Font, 2020)

#### **4.2.2.4 Biomasa.**

Es toda energía del sol acumulada en la materia orgánica; básicamente utiliza luz solar, agua y oxígeno.

#### **4.2.2.5 Energía geotérmica.**

Es la obtención de calor mediante el uso del vapor producido por las altas temperaturas del interior de la tierra. Debido al calentamiento de las aguas y gases subterráneos que calientan el agua de las capas inferiores, emana hacia el exterior en forma de vapor o líquido caliente. (*Energías Renovables. Conocer Las Distintas Formas de Generar Energía Eléctrica a Partir de Fuentes Renovables*, n.d.)

#### **4.2.2.6 Energía Solar.**

Esta energía se produce de reacciones físicas en toda su masa proveniente de la radiación electromagnética del sol; utiliza directamente las tecnologías desarrolladas para este fin. Esta energía se encuentra en forma de luz y calor, se aprovecha a través de células fotoeléctricas, heliostatos o colectores solares que convierten en energía eléctrica o térmica. (Font, 2020)

El aprovechamiento solar se puede dividir en dos grupos:

- Sistemas térmicos.- Este sistema capta la radiación solar y la transforma en calor útil para ser utilizado en cualquier manera.
- Sistemas fotovoltaicos.- Utiliza la luz solar directamente y la transforma en electricidad.

### **4.3 Sistemas fotovoltaicos**

La tecnología solar fotovoltaica “FV” consiste en una conversión directa de la radiación del sol a electricidad, esta se realiza a través de células solares que es la unidad básica del efecto fotovoltaico. Esta energía satisface las necesidades energéticas de todos

en especial de aquellos que no disponen de una red eléctrica, también genera energía en la red eléctrica. La principal característica de este sistema es que solo genera electricidad cuando recibe la luz del sol. (Hidalgo et al., n.d.)

El Efecto fotovoltaico se caracteriza por convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz solar; y el elemento principal para cualquier instalación de energía solar es el generador, que recibe el nombre de célula solar.

La aplicación más práctica de la tecnología solar fotovoltaica es en el espacio, al proveer energía a los satélites que es la solución a la problemática del suministro eléctrico por largos periodos de tiempo. (Macancela Zhumi, 2012)

Los sistemas fotovoltaicos se clasifican en función si están conectados o no a la red eléctrica:

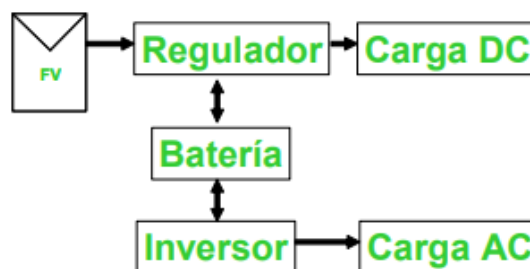
- Sistemas fotovoltaicos autónomos.- No cuentan con una conexión a la red eléctrica, cubren pequeños consumos eléctricos en el mismo lugar en donde se produce.
- Sistemas fotovoltaicos conectados a la red.- Están directamente conectados a la red eléctrica, se ubican en centrales fotovoltaicas o en sistemas integrados en edificios.

#### **4.3.1 Sistemas fotovoltaicos autónomos.**

Los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA) son comúnmente los que proporcionan energía eléctrica a en lugares aislados de una red eléctrica, empleando un sistema de acumulación de energía; generalmente son pequeños y de baja potencia. La corriente de los SFA por paneles se almacena en un banco de baterías a través de un regulador de carga que controla el voltaje y la corriente del sistema. La conexión de estas cargas es en corriente continua directa, en cuanto para corriente alterna se instala un inversor. (Macancela & Luis, n.d.)

Figura 1.

Esquema básico de un sistema fotovoltaico autónomo AC.



Nota: Adaptado de: (Alonso, 2011)

Existen varias configuraciones de los SFA desde sistemas simples con generador FV operando un consumo DC hasta sistemas con almacenamiento y consumo en DC o en DC con AC. En la figura 2 se muestran las configuraciones más comunes de los SFA. Al incluir un inversor en el sistema es posible utilizar consumos de corriente alterna, lo que el rendimiento de operación disminuye a potencias inferiores a la nominal del inversor, debido a la curva de rendimiento típica de inversores autónomos. (Buele & Chazi, 2019)

Los sistemas FVA también operan en combinaciones con otras fuentes de energía como: sistemas eólicos-FV, eólico-diesel-FV, formando sistemas autónomos híbridos, garantizando un suministro de corriente absolutamente fiable; las aplicaciones más comunes de los sistemas fotovoltaicos autónomos que suministran energía son:

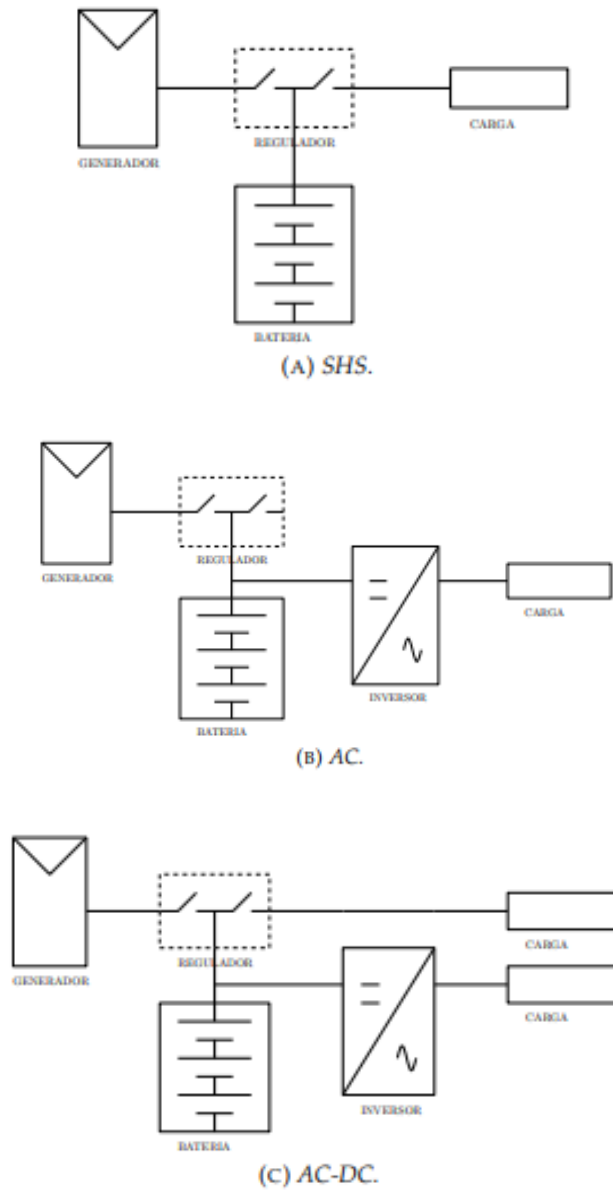
- Aplicaciones espaciales
- Suministro eléctrico a viviendas y edificios
- Telecomunicaciones
- Telemetría
- Alumbrado publico
- Aplicaciones agropecuarias y ganaderas
- Tratamiento y bombeo de agua
- Señalización
- Sistemas de medición y control aislada (Manuel & López, n.d.)

#### ***4.3.2 Componentes en sistemas fotovoltaicos autónomos***

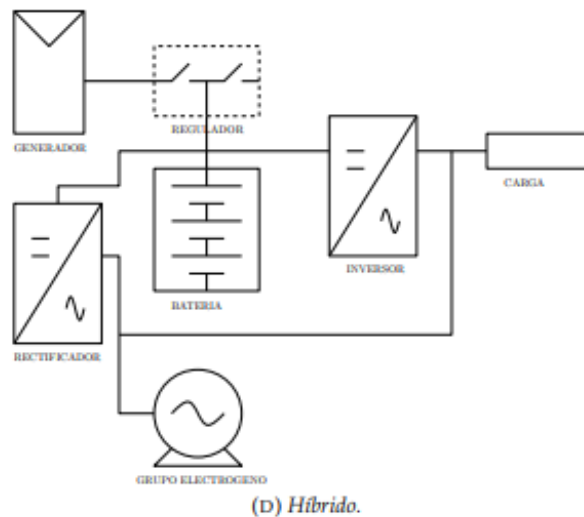
El SF es un conjunto de dispositivos que transforman energía solar en energía eléctrica, pero un SFA son sistemas de energía solar que se caracterizan por el uso de baterías o acumuladores, que proporcione energía a cualquier hora sea de día o la noche; por esto durante las horas de luz de día la energía sobrante que no utiliza el sistema se almacena para utilizar en las horas necesarias. (“*Sistema Fotovoltaico Autónomo Para Casa Rural,*” n.d.-a)

Figura 2.

Configuraciones comunes de un acumulador electrolítico: a) SHS, b) AC, c) AC-DC, d) Híbrido.







*Nota: Adaptado de: (Lamigueiro, 2020)*

### 4.3.3 Célula solar

Una célula solar se comporta como un diodo: la parte expuesta a la radiación, es N y la situada en la parte oscura, es P; los terminales de conexión están sobre cada una de las partes del diodo, la zona P esta se encuentra metalizada debido a que no debe recibir luz; en la zona N el metalizado se encuentra de forma de peine, a razón que la radiación solar llegue al semiconductor. (*Componentes Instalacion Solar FV | Leonardo Ramirez - Academia.Edu, n.d.*)

Los principales elementos de un sistema fotovoltaico:

- Módulos fotovoltaicos.- elemento primordial de instalación, convierte la energía del sol en energía eléctrica. Está formada por la unión de diversos paneles.
- Regulador de carga.- nexo de unión entre los paneles solares y los elementos de consumo de la instalación. Se encarga también de proteger los acumuladores ante las sobrecargas.
- Batería o acumulador.- acumula energía para proporcionarla durante los periodos sin luz solar.
- Inversor. Convierte la corriente continua en corriente alterna del sistema, a 220 V y frecuencia de 50Hz.

### 4.3.4 Módulo fotovoltaico.

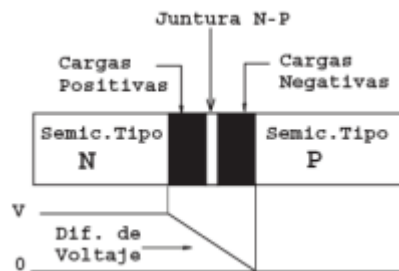
Existen varios módulos fotovoltaicos de diversas potencias como: 2, 30, 50, 75, 100, 150, 165, 250 (W), etc. según la aplicación a la que se destine; Formado por uno o varios módulos o paneles fotovoltaicos interconectados, que forman la unidad de

generación en CC, cada panel está formado por varias celdas o células fotovoltaicas interconectadas en serie o paralelo con el objetivo de obtener el voltaje y corriente deseada. (Macancela Zhumi, 2012), cada módulo fotovoltaico está formado por unidades básicas que se llaman células fotovoltaicas. (Hidalgo et al., n.d.)

La potencia que puede suministrar una célula fotovoltaica es de 3W, por tanto, un módulo FV puede suministrar potencia dependiendo del número de células que posea.

Figura 3.

Composición de una celda solar.



Nota: Adaptado de: (Ángel & Carrera, 2015)

#### 4.3.4.1 Celda fotovoltaica

Es un componente que genera una corriente continua CC, al estar expuesto a la radiación solar, es decir que transforma la radiación solar en energía eléctrica en forma de corriente continua, mediante el efecto fotovoltaico. Estas celdas fotovoltaicas generalmente son construidas utilizando minerales semiconductores, como el silicio “Si” de un alto grado de pureza, lo que provoca que los costos de elaboración sean elevados. (Hidalgo et al., n.d.)

#### 4.3.4.2 Funcionamiento de la celda fotovoltaica

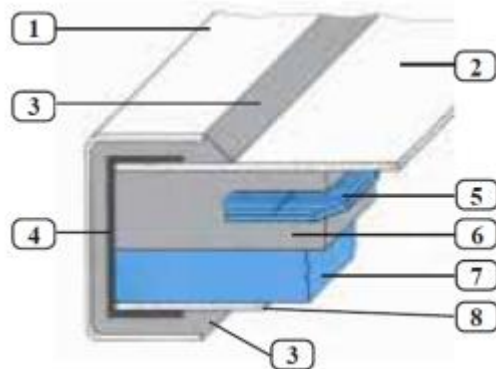
Está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, montadas y encapsuladas sobre una estructura de soporte; su salida de conexión proporciona una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico. (Componentes Instalacion Solar FV | Leonardo Ramirez - Academia.Edu, n.d.)

#### 4.3.4.3 Partes que forman una célula de un módulo fotovoltaico.

En la figura 4 se presenta cada una de las partes de un módulo o panel fotovoltaico.

Figura 4.

Estructura de una célula de un panel fotovoltaico.



Nota: Adaptado de: (Macancela Zhumi, 2012)

**Marco del panel.-** está construido de aluminio anodizado, para evitar el óxido.

**Superficie colectora.-** Tiene un vidrio templado o plástico de alto impacto, con un alto valor de transmittancia de la luz incidente; estos materiales resisten granizo, viento, arena o tierra.

**Material esponjoso.-** Cumple con la función de proteger los bordes del vidrio y proveer un cierre hermético.

**Junta selladora.-** colocada a lo largo de del marco, impide la entrada de la humedad al interior del panel evitando que las conexiones internas se oxiden o exista contacto con el semiconductor.

**Célula fotovoltaica.-** Comportamiento como un diodo, es de material semiconductor.

**Material encapsulante.-** de alta transparencia para cubrir la célula fotovoltaica.

**Sostén rígido.-** conocido como substracto, puede ser de plástico o metal.

**Cara posterior del panel.-** tiene una superficie de sostén, para mejorar la disipación del calor que es un factor muy importante al tratar la potencia de salida de un panel FV. (Macancela Zhumi, 2012)

Los Paneles fotovoltaicos se dividen en varios tipos dependiendo de qué tipo de estructura y material.

#### 4.3.5 Tipos de paneles solares:

##### **Silicio cristalino.**

Es un tipo de módulos clásicos que están utilizándose normalmente, funcionando sin ningún problema en afinidad de aplicaciones. Se clasifican en función de sus células

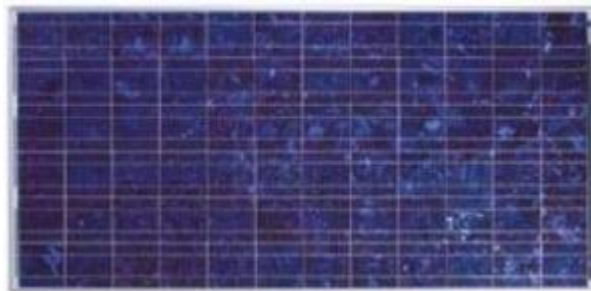
que son de dos tipos: monocristalinas y policristalinas, que se obtienen de lingotes de silicio purificados. Estas células se diferencian en el proceso posterior de cristalización del cual el silicio policristalino es el resultado más económico. (*“Sistema Fotovoltaico Autónomo Para Casa Rural,”* n.d.-b) (Buele & Chazi, 2019)

Figura 5..

Modulo a) monocristalino y b) policristalino



a) Modulo monocristalino



b) Modulo policristalino

*Nota:* Adaptado de: (*“Sistema Fotovoltaico Autónomo Para Casa Rural,”* n.d.-a)

Las células de los módulos cristalinos tienen un aspecto uniforme, mientras que en los policristalinos se pueden ver los distintos cristales. En eficiencia energética se puede ver la siguiente tabla en donde el módulo monocristalino es más eficiente con un 0.4%. (*“Sistema Fotovoltaico Autónomo Para Casa Rural,”* n.d.-a)

Tabla 1.

Comparación de eficiencia entre ambos módulos.

Fabricante	Modelo	Tecnología	Potencia (W)	Área (m <sup>2</sup> )	Rendimiento (%)
BP	BP 4175	Monocristalino	175	1,25847	13,91%
BP	BP3170	Policristalino	170	1,25847	13,51%

*Nota.* Adaptado de: (*“Sistema Fotovoltaico Autónomo Para Casa Rural,”* n.d.-a)

Monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio; se obtiene utilizando el método Czochalski, mediante el cual se puede obtener unos 30 Kg por cada crecedor en 16 horas.

Policristalinas: están formadas por pequeñas partículas cristalizadas; se obtiene mediante un procedimiento de fusión en bloque, produce en cada colada entre 250 y 300 Kg.

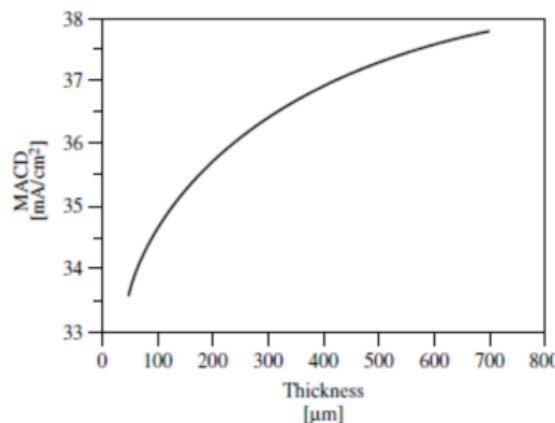
La efectividad es mejor en cuanto mayor son los cristales, pero también influye su peso, grosor y coste. (*“Sistema Fotovoltaico Autónomo Para Casa Rural,”* n.d.-a)

### **Capa fina**

Una célula plana está compuesta por una capa antirrefleitora, tiene su máxima absorción cuando su espesor es de 700um; pero con un espesor de 300um se llega a un valor único del 5% por debajo que podemos observar en la figura 6.

Figura 6.

MACD, Máxima densidad de corriente alcanzable



Nota. Adaptado de (*“Sistema Fotovoltaico Autónomo Para Casa Rural,”* n.d.-a)

No todas las características de los paneles mejoran cuando se reduce el espesor, la corriente generada es mucho menor con espesores mayores, por tanto, es necesario diseñar la cara frontal de la célula que sea capaz de capturar la mayor cantidad de luz posible, funcionando como si la célula tuviese mayor espesor.

### **4.4 Regulador o controlador de carga**

Es un equipo electrónico que evita la sobrecarga y la descarga excesiva de un acumulador cuando alcanza un determinado umbral, es el cerebro de un SFA, sin este no es posible proporcionar energía eléctrica de forma confiable y eficiente; Es un sistema fotovoltaico autónomo con baterías, a realizar un proceso óptimo de carga de la batería,

es responsable tanto de la capacidad del sistema de satisfacer el consumo y la vida útil de la batería. (Macancela Zhumi, 2012) (Buele & Chazi, 2019)

El regulador de carga aprovecha al máximo la energía suministrada por el generador FV, protege y da buen servicio a las baterías; en caso de sobrecarga se pone el generador FV en circuito abierto evitando el paso de la corriente hacia la batería; en caso de sobre descarga, se puede cortar el suministro a los equipos o avisar mediante una alarma sobre los niveles mínimos de seguridad. Estos problemas afectan considerablemente a la vida útil de la batería. (Alonso, 2011) (Buele & Chazi, 2019)

Las características eléctricas que definen a un regulador son la tensión nominal y la intensidad máxima de trabajo; un regulador avanzado además de integrar funciones de prevención de carga y descarga, suministra la información sobre el estado de carga de la batería. Permite, además informar el estado de carga en forma continua de los acumuladores, para planificar y gestionar mejor el consumo, en función de la energía útil disponible. Otros incluyen un elemento sensible a la temperatura “Termistor”, que varía automáticamente los ajustes de carga, alarma y desconexión por descarga en función de la temperatura. (Macancela Zhumi, 2012) (Buele & Chazi, 2019)

El regulador se selecciona en función de la tensión del sistema y la corriente del cortocircuito ISC del generador FV, aplicándole un factor de seguridad “normalmente 1.3” debido a que en determinadas ocasiones la irradiancia puede alcanzar los 1300 W/m<sup>2</sup>.

#### **4.4.1 Funciones de los reguladores:**

- Prevenir la sobrecarga de la batería. Limitar la energía suministrada a la batería por el generador FV cuando la batería está plenamente cargada.
- Previene la sobre descarga de la batería. Desconectar los consumos de la batería cuando el estado de carga de la batería es muy bajo.
- Proporcionar funciones de control de consumo. Conectar y desconectar automáticamente los consumos en momentos determinados. Establecer un control de consumos prioritarios.
- Proporcionar información del estado del sistema a usuarios, mostrando o indicando información como el voltaje y corriente de la batería, estado de carga, etc.
- Sirve como mecanismo de control para la conexión de otros generadores auxiliares.

- Sirve como centro de cableado, proporciona un punto de conexión para otros componentes en el sistema, como el generador FV, batería y cargas como consumos.

Figura 7.

Algunos reguladores de carga para un sistema fotovoltaico autónomo.

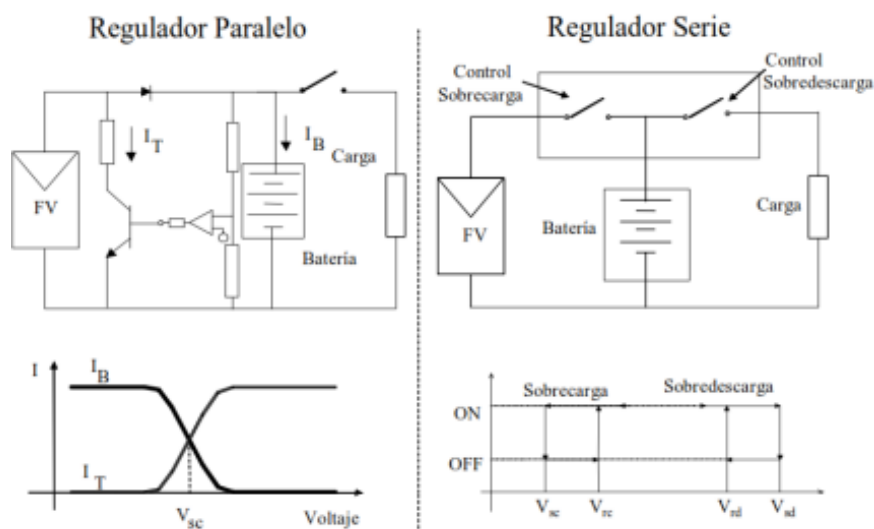


Nota. Adaptado de: (CONTROLADOR DE CARGA » Qué Es, Tipos, Parámetros - Cumbre Pueblos, n.d.)

Los microprocesadores y microcontroladores se adaptan muy fácilmente a las condiciones de trabajo, niveles de voltaje y tipos de batería, lo que introduce a dos diferentes tipos de realizar el control de carga (CdC): control en serie y control en paralelo. La figura siguiente presenta como las dos versiones varían el valor de la corriente de carga. (Macancela Zhumi, 2012) (Buele & Chazi, 2019)

Figura 8.

Esquema básico de operación del regulador de carga en serie y paralelo.



Nota. Adaptado de: (Macancela Zhumi, 2012)

#### 4.4.1.1 Control en paralelo

Estos reguladores se conectan en paralelo con el grupo generador y el sistema de acumulación, detectando el voltaje en los bornes cuando alcanza un valor establecido,

crea una vía de baja resistencia a través del grupo generador, derivando con ello la corriente y apartándola de la batería. Estos reguladores disipan la corriente de salida del grupo generador cuando el acumulador alcanza el estado de plena carga. (Macancela Zhumi, 2012) (Buele & Chazi, 2019)

Se diferencia en:

Control en paralelo (ON/OFF), en el que se desconecta el generador cuando se alcanza VSC normalmente se utiliza en sistemas con corrientes inferiores a 20<sup>a</sup> por problemas de disipación de calor.

Control paralelo lineal “Diodo Zener”, en el que se utiliza un elemento de control para mantener la batería en VSC, cuando se aproxima a la plena carga. Se instala en paralelo con la batería un diodo Zener con un voltaje de polarización inversa igual a VSC. Cuando la batería alcanza el VSC el diodo conduce, desviando tanta corriente como sea necesario para mantener al sistema en carga flotante.

Control PWM paralelo, con dispositivos de alta frecuencia en los que se varía el tiempo de conmutación para controlar la corriente de carga de la batería, manteniéndola a VCC, reduciéndose los problemas de disipación de calor.

#### **4.4.1.2 Control en serie**

Es aquel regulador que no disipa virtualmente nada de energía. La única potencia necesaria, es la requerida en el interior del equipo para los circuitos de detección y control. Estos equipos se basan en el concepto de la regulación en serie, el grupo generador se desconecta de la batería cuando se logra el estado de plena carga; este equipo es equivalente a un interruptor en serie que proporciona baja resistencia (m hom), desde el grupo generador al sistema de acumulación durante la carga, y un circuito abierto entre el grupo generador y la batería cuando esta se encuentra plenamente cargada. (Macancela Zhumi, 2012) (Buele & Chazi, 2019)

Existen varias técnicas de control dentro de los reguladores en serie:

Control serie/simple (On/Off). El regulador de carga corta el consumo si la tensión de la batería desciende de un determinado valor, y pone en circuito abierto el generador FV si la tensión de la batería supera la tensión de sobrecarga.

Control serie, dos estados. Con un algoritmo similar al anterior excepto la regulación del voltaje de la carga ocurre a dos voltajes: un voltaje inicialmente elevado de ecualización y un voltaje de flotación, lo que permite un gaseo periódico de la batería.



Control de serie lineal. En el que se aplica un voltaje constante a medida que la batería se aproxima a VSC utilizando un elemento de control serie que actúa como una resistencia variable.

Control por modulación PWM, se aplican pulsos de corriente a frecuencia variable de modo que la batería recibe un voltaje de carga constante del generador. Control multietapa. Utilizado en grandes sistemas en que el generador FV se divide en varios sub generadores que se conectan en o desconectan gradualmente para decrecer la corriente de carga cuando la batería está cerca de plena carga. (Alonso, 2011) (Buele & Chazi, 2019)

Existen diseños que incorporan una carga basada en regulación PWM de la tensión de la batería; cuando los reguladores serie ON/OFF alcanza tensión de sobrecarga y desconecta la carga de la batería por parte del generador FV, estos reguladores antes de alcanzar este valor, realizan ciclos de conexión/desconexión del generador FV a la batería con una frecuencia determinada en función de un control PWM, que mantiene constante la tensión de una batería a un valor de tensión final de carga controlando la corriente de carga mediante pulsos PWM de una frecuencia determinada. (Alonso, 2011) (Buele & Chazi, 2019)

#### **4.4.2 Funciones asociadas al regulador de carga**

**Servir como control de otros generadores similares.-** El regulador puede conectar un generador auxiliar cuando se detecta un bajo estado de carga. También cuando se detecta un voltaje de carga máxima para desconectar el generador auxiliar.

**Cargas de ecualización.-** Es para algunos tipos de baterías que necesitan mantener la batería en condiciones óptimas de funcionamiento. Los reguladores realizan esta función automáticamente a intervalos de tiempo regulares que puede ser programado un microprocesador.

**Modificación de los puntos de corte.-** disponen de potenciómetros o DIP switch que permiten variar los puntos de corte de carga y sobrecarga.

**Regulación de tensión de la carga.-** en algunas aplicaciones con consumos críticos y equipos de telecomunicaciones o telemetría, debe trabajar a un voltaje específico dentro de un rango definido de variación. Pueden incorporar convertidores DC/DC o reguladores de tensión en caso que el voltaje de la carga sea menor que el voltaje menor esperado de la batería.

**Diseño de los elementos de control.-** estos interruptores pueden ser dispositivos de estado sólido o relés electromecánicos. Reguladores simples ON/OFF suelen utilizar

relés y utilizan MOSFET`s o transistores de potencia ya que tienen menor consumo, y pueden operar durante un mayor número de ciclos.

**Condiciones ambientales.-** los reguladores se diseñan para operar bajo condiciones determinadas como: humedad relativa, temperatura, polvo.

**Protecciones contra sobretensión.-** incluyen algún tipo de dispositivos para eliminar sobretensión, como varistores conectados entre terminales y tierra. Los varistores desvían la energía a tierra protegiendo la electrónica del sistema.

**Caídas de tensión.-** tienen caídas de tensión de 0.1 a 1.5V a plena carga, suficientemente importantes para influir en el acoplo entre la batería y el generador FV disminuyendo la corriente de carga.

**Autoconsumo.-** en sistemas FV pequeños, algunos reguladores presentan un autoconsumo inaceptable elevado. (Alonso, 2011) (Buele & Chazi, 2019)

#### **4.5 Baterías**

Las baterías o acumuladores fotovoltaicos se utilizan como almacenamiento energético, debido al desplazamiento temporal entre los periodos de generación y consumo; también funciona como estabilizadores de voltaje o corriente para suministrar picos de corriente como en arranques. Cada tipo de batería tiene características de funcionamiento distintas; Las baterías en su mayoría son de plomo-acido (Pb-a), estas se adaptan a un sistema FV siempre que se pueda realizar un mantenimiento adecuado; también existen baterías de Plomo-Calcio (Pb-Ca) que necesitan menor mantenimiento con menor auto descarga, y Plomo-Antimonio (Pb-Sb) se deterioran menos en el ciclado diario y presentan mejores prestaciones para niveles bajos de descarga. Debido a costes elevados por la calidad de mejores baterías, en los sistemas FV se utilizan baterías de Plomo-Acido, para aplicaciones profesionales se utilizan de Níquel-Cadmio debido que el costo no influye drásticamente. (Alonso, 2011)

La base del funcionamiento de las baterías se basa en un proceso químico reversible llamado reducción-oxidación (Redox), este proceso consiste en que uno de los componentes se oxida o pierde electrones y el otro se reduce o gana electrones, esta pérdida y ganancia de electrones se genera la diferencia de potencial en sus bornes y así conectar un circuito a ellos, lo que produce el paso de corriente. (Autor et al., 2017)

Existen dos grupos de baterías: baterías primarias cuya carga no puede renovarse cuando se agota ,y las secundarias que pueden recargarse someténdolas a una corriente eléctrica en el sentido inverso de una corriente normal. La aplicación de las baterías

primarias en enmarca dentro de las potencias bajas; las secundarias, se comercializan en un amplio margen de potencias y capacidades. (Autor et al., 2017)

El tipo de baterías más utilizadas en sistemas FV son las de plomo-acido, debido a su coste comparado con otros tipos.

Tabla 2.

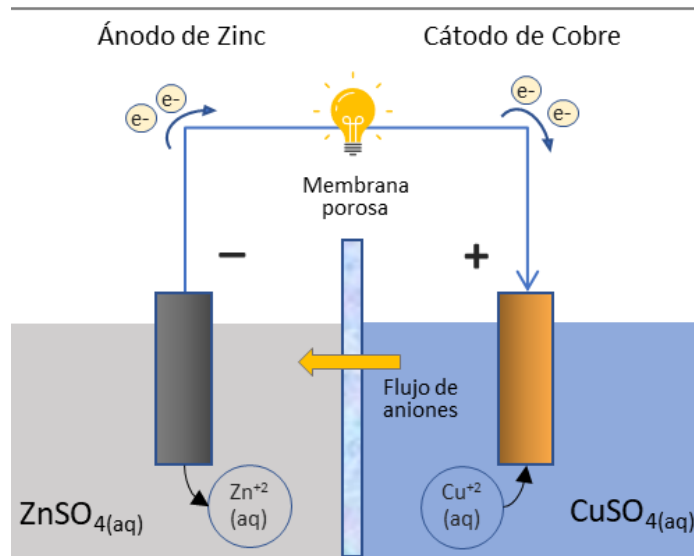
*Tipos y características de baterías secundarias.*

<b>Tipo</b>	<b>Precio</b>	<b>Ciclado profundo</b>	<b>Mantenimiento</b>
Plomo-acido			
Plomo-Antimonio	Bajo	Bueno	Alto
Plomo-Calcio abiertas	Bajo	Pobre	Medio
Plomo-Calcio selladas	Bajo	Pobre	Bajo
Híbridas (Antimonio/calcio)	Medio	Bueno	Medio
Electrolito inmovilizado			
Gel	Medio	Muy bueno	Bajo
AGM	Medio	Muy bueno	Bajo
Níquel-Cadmio			
Placas “sintered”	Alto	Pobre	Ninguno
Placas “pocked”	Alto	Pobre	Medio

*Nota. Adaptado de: (Bertran, n.d.)*

Figura 9.

Esquema de una celda electrolítica.



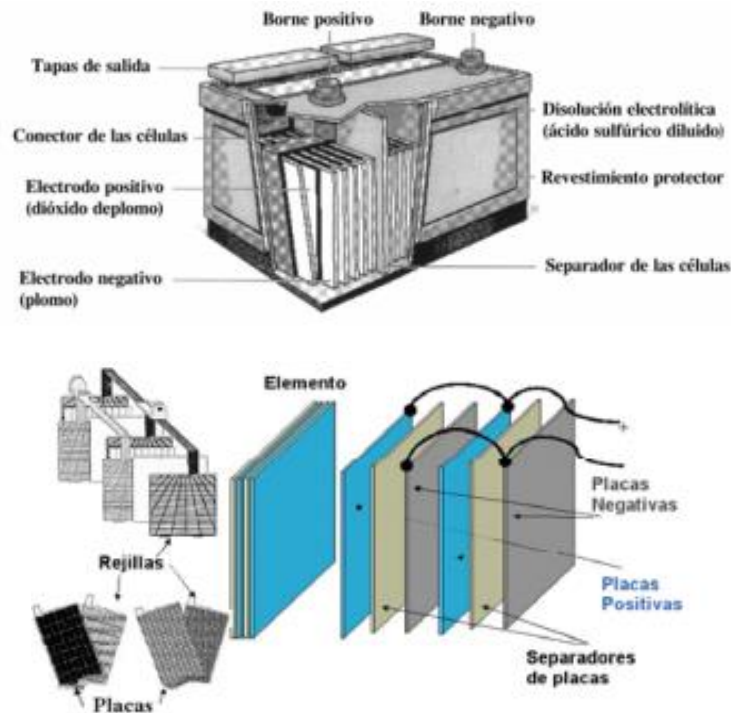
Nota. Adaptado de: (Pilas y Acumuladores, n.d.)

La capacidad necesaria de baterías conectadas en un sistema FV se calcula en función al consumo y número de días autónomos del sistema; es importante dimensionar el acumulador con relación al generador con relación al generador FV, un exceso de capacidad de almacenamiento respecto a la capacidad de generación, la batería tendría dificultades al cargarse completamente; al contrario una baja capacidad de batería da poca autonomía y corre el riesgo de quedarse sin suministro eléctrico en caso de ausencia de radiación solar.(Alonso, 2011)

La capacidad de las baterías conectadas en serie es igual a la capacidad de cada uno de los elementos que lo componen, proporcionan tensiones de trabajo de 12, 24,48V, etc. en paralelo se suman la capacidad de sus elementos.

Figura 10.

Partes de una batería Plomo-Acido.



Nota. Adaptado de: (Generatuluz, 2022)

#### 4.5.1 Elementos de una batería.

Los elementos constructivos de una batería más importantes son:

**Célula.**- Es el elemento básico de una batería, consiste en un conjunto de placas positivas y negativas separadas por separadores aislantes, inmersas en una solución de electrolitos dentro de un contenedor.

**Material activo.**- Forman las placas positivas y negativas que son los reactivos de la célula, la cantidad de materia activa es proporcional a la capacidad que la batería puede suministrar.

**Electrolito.**- Es el medio conductor que permite el flujo de corriente mediante transferencia iónica o transferencia de electrones entre las placas; en baterías de Pb-a él electrolito es una disolución de ácido sulfúrico en forma líquida, gel o cristalizado.

**Rejilla.**- Sirve como soporte de la materia activa y en las paredes de Pb-a, formada por una aleación de plomo; como elementos de aleación se suelen utilizar el antimonio y el calcio para fortalecer la rejilla; dependiendo de su forma, se diferencian las baterías en planas y tubulares.

**Placas.-** Consiste en una rejilla con material activo, denominado también electrodo. En cada célula hay un número de placas conectadas en paralelo a un bus en la parte superior de las placas; la profundidad del ciclado de una batería depende del grosor de las placas; placas finas, reaccionan para suministros de altas corriente en poco tiempo, pero que no sean muy resistentes a descargas profundas y prolongadas; placas gruesas, permiten descargas profundas sobre largos periodos.

**Separador.-** Es un material poroso y aislante que separa las placas positivas y negativas “envolvente” evitando un cortocircuito de estas, permite el flujo del electrolito y los iones entre ellas.

**Elemento.-** Es un conjunto de placas positivas y negativas y separadores, juntados con buses que interconecta las placas positivas y las negativas.

**Bornes.-**son las conexiones eléctricas externas “positiva y negativa”.

**Tapón.-** durante la carga de la batería se producen gases que salen al exterior por estos.

**Contenedor.-** Son comúnmente de plástico o goma que contiene todos los elementos de la batería. (Alonso, 2011)

#### **4.5.2 Parámetros que caracterizan una batería**

Conceptos técnicos y parámetros de una batería:

**Celda.-** Es el elemento que forma una batería y puede ser asociada en serie o paralelo con otras celdas con el objetivo de conseguir los valores de voltaje y corriente.

Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas

**Estado de carga/State Of Charge (SOC).-** es la expresión que indica el estado de carga de la batería de manera porcentual, siendo 100% el máximo de capacidad de carga.

**Profundidad de descarga/Depth Of Discharge (DOD).-** es la relación entre la capacidad en amperios-hora (Ah) entregada por una batería durante la descarga y su capacidad nominal. Cuando el SOC disminuye el DOD aumenta.

**Tensión de vacío (E<sub>o</sub>).-** es la tensión de una batería tiene entre sus terminales cuando no hay ningún elemento conectado en ellos. Su valor queda determinado por las características intrínsecas de la batería.

**Tensión en circuito cerrado (E).-** es la tensión que aparece en los terminales de una batería cuando está conectada a una carga.

**Resistencia interna.-** Consiste en un concepto que ayuda a modelar en forma de resistencia todas las consecuencias eléctricas de las complejas relaciones químicas que se producen dentro de una batería.

Se puede calcular mediante datos de corriente y voltaje de la batería, cuando se aplica una carga a esta; la resistencia interna de esta se puede calcular con cualquiera de las siguientes ecuaciones:

*Ecuación 1.*

*Resistencia interna de la batería.*

$$R_B = \frac{V_O - V}{I}$$
$$R_B = \frac{V_O}{I} - R_L$$

Siendo:

- $R_B$ : Resistencia interna de la batería
- $V_O$ : Tensión de vacío de la batería.
- $V$ : tensión de la batería con la carga
- $I$ : intensidad suministrada por la batería

La resistencia interna no es un parámetro fijo, sino que varía dependiendo de la edad de ésta, las baterías comerciales en su mayoría tienen una resistencia interna del orden de 1ohm.

**Capacidad.-** Es la cantidad de electricidad que se puede almacenar para luego ser descargada, medida en amperio-hora (Ah). Se calcula de la siguiente manera.

*Ecuación 2.*

*Capacidad eléctrica de la batería.*

$$C = \int_{t_1}^{t_2} i \delta t$$

Siendo útil para calcular la capacidad tanto en el proceso de carga como descarga.

**Capacidad nominal.-** Es la capacidad que puede entregar una batería desde una carga máxima hasta una tensión de descarga determinada. Se mide a temperatura ambiente y utilizando una razón de descarga específica. Es la tensión que es capaz de mantener por encima de 1V durante al menos 4h.

**Capacidad real.-** es la que se puede entregar a una batería desde su estado pleno de carga y en condiciones de funcionamiento diferentes a las establecidas para definir la

capacidad nominal. Esta puede ser mayor o menor a la capacidad nominal, dependiendo de la razón de descarga utilizada y la temperatura de trabajo.

**Capacidad retenida.-** es una capacidad conservada por la batería después de un periodo de reposo o inactividad.

**Vida útil.-** tiempo que la batería puede mantenerse por encima de los límites mínimos determinados; es el número de veces que la batería puede ser recargada para recobrar su capacidad completa. (Autor et al., 2017)

#### 4.6 Inversor

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). Los inversores pueden ser monofásicos o trifásicos a 50 Hz, con diferentes voltajes nominales de entrada con varias potencias, de vatios a megavatios. En todo hogar utilizamos la corriente alterna CA, 220V de tensión monofásica o 380V en tensión trifásica. Puede trabajar conectado a baterías o directamente al generador FV. (Alonso, 2011)

Figura 11.

Esquema de función del inversor.



Nota. Adaptado de: (Alonso, 2011)

El inversor es un equipo electrónico que, mediante sus componentes tiene la capacidad para ondular una corriente y tensión sin frecuencia a una senoidal con de 50 Hz 220/380V; para que la onda sea senoidal utiliza una técnica de modulación PWM, la que permite regular la frecuencia y el valor RMS de la forma de onda de salida.

##### 4.6.1 Partes de un inversor

**Control principal.-** incluye 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.-** puede ser única o modular en función de la potencia deseada, opta por potencias en baja frecuencia que ofrece buenos resultados con una alta fiabilidad



y bajo costo; además debe incluir un filtro de salida de onda, evitando el rizado de la tensión proveniente de los módulos fotovoltaicos.

**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 red eléctrica, ajustando la tensión, fase, sincronismo, etc.

**Seguidor del punto de máxima potencia (MPPT).**- su función es acoplar la entrada del inversor a los valores de potencia variable que produce el generador FV, obteniendo la mayor cantidad de energía disponible.

**Protecciones.**- los inversores deben estar protegidos ante la tensión y la frecuencia de red fuera de márgenes de temperatura de trabajo elevada, tensión baja de generador, intensidad del generador fotovoltaico insuficiente, fallos de red eléctrica y transformador de aislamiento.

**Monitorización de datos.**- los inversores disponen de microprocesadores que facilita una gran cantidad de datos tanto los parámetros habituales como parámetros externos e internos.

#### **4.6.2 Inversores fotovoltaicos autónomos**

Estos operan normalmente conectados a un sistema de baterías para dar suministros de cargas AC de un hogar. Los inversores también incorporan un regulador de carga, de modo que desconectan el consumo a determinados niveles de estado de carga del sistema de baterías. (Alonso, 2011)

Aspectos a examinar a la hora de elegir un inversor:

- Rango de variación admisible de la tensión de entrada
- Estabilidad de la tensión AC de la salida.
- Ausencia de componentes AC a la entrada del inversor
- Rendimiento en función del factor de potencia, que viene determinado por las cargas
- Distorsión armónica de las ondas de tensión y corriente de salida.
- Capacidad de sobrecarga, cuanta potencia máxima puede soportar y durante cuánto tiempo.
- Protecciones incorporadas, tanto en la parte de la batería como en la salida alterna.

### **4.6.3 En función de su utilización existen dos tipos de inversores**

- Inversores autónomos
- Inversores de conexión a la red

#### **4.6.3.1 Inversores autónomos**

Se alimentan normalmente de los sistemas acumuladores (baterías); Este inversor se utiliza para alimentar las cargas en CA de una instalación FV autónoma, no puede ser conectados a ninguna otra red de CA, nunca se debe conectar a la red principal. Existen 3 tipos de inversores, según la forma de onda alterna de salida:

- Inversor de onda cuadrada
- Inversor de onda modificada
- Inversor de onda senoidal pura

Los inversores de onda senoidal pura son más accesibles para cualquier aplicación, siendo estos los más costosos y de mayor eficiencia. (Camacho, 2012)

#### **4.6.3.2 Inversor de conexión a la red**

Estos se alimentan directamente del grupo fotovoltaico y su salida en CA se conecta directamente a una red externa, a fin de que toda la energía que produce los módulos solares se imprima a dicha red. La salida solo puede ser senoidal ya que tiene que sincronizar la tensión, frecuencia y fase con la red que se conecta.

A pesar de realizar la misma función básica que los inversores autónomos difieren en sus características y funciones.

Características:

- Punto máximo de potencia (PMP): Permite que el generador fotovoltaico inyecte a la red su máxima potencia PMP, para cada valor de radiación.
- Prevención de funcionamiento en modo isla: si el suministro se detiene dónde está operando el inversor, este se debe desconectar automáticamente.
- Desconexión por debajo nivel de radiación: permite desconectar el equipo cuando la radiación es insuficiente.
- Desconexión por alta o baja tensión de red: provoca la desconexión del equipo cuando la red sufre alteraciones que salen del rango  $\pm 10\%$
- Desconexión por alta o baja frecuencia de red: provoca la desconexión del equipo cuando la red sufre alteraciones que se salen del rango  $\pm 5\%$

- Sincronismo de fase: para una perfecta conexión de fase con la red eléctrica, el inversor verifica parámetros en la red durante pocos minutos y si se mantiene, inicia el proceso de inyección de la energía en rampa ascendente.

Los inversores deben tener factor de potencia en el orden del 95% y una distorsión armónica menor al 4%, para evitar caídas de tensión considerables se debe colocar lo más cercano al campo fotovoltaico. (Camacho, 2012)

## 5. Metodología

Existen varios métodos para el dimensionamiento de este sistema fotovoltaico autónomo, para esto es necesario determinar los resultados que se necesita desarrollar. Los pasos a seguir en el dimensionamiento son los siguientes:

- Estimación de consumo
- Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles
- Dimensionado del generador fotovoltaico
- Dimensionado del sistema de acumulación
- Dimensionado del regulador
- Dimensionado del inversor
- Dimensionado del cableado

### *5.1 Características y dimensionamiento de los equipos que conforman el SFV.*

Características eléctricas de las cargas

En este proyecto, la instalación de la estación solar fotovoltaica debe alimentar las siguientes cargas eléctricas con las siguientes características:

- Potencia 1000 W
- Voltaje 120 V
- Frecuencia 60 Hz
- Monofásica
- Carga de bicicletas, monopatín y celular.
- Consumo diario de energía (Kwh/día), se observa en la tabla 3.

El circuito se dimensiona que alimentara los siguientes equipos:

- Carga para bicicleta eléctrica: 1 (250 W)
- Carga para monopatín eléctrico: 1 (200 W)
- Carga de tomacorriente: 1 (2.5 W)

#### *5.1.1 Estimación de consumo*

Para poder dimensionar el sistema de alimentación, se debe realizar el cálculo de potencia nominal de cada elemento del sistema; en la siguiente tabla se menciona los equipos eléctricos. Se utiliza la siguiente ecuación para calcular la demanda de energía consumida de todos los aparatos eléctricos y tiempos de uso.

Ecuación 3.

Estimación de consumo: a) AC, b) DC

$$E_{AC} = \sum P_{(AC)i} * t_{di}$$
$$E_{DC} = \sum P_{(DC)i} * t_{di}$$

Siendo:

- EAC: Energía consumida en AC (Wh)
- EDC: Energía consumida en DC (Wh)
- Pi: Potencia Nominal (W)
- t<sub>di</sub>: Tiempo diario de uso (h)

Para calcular el consumo total, se tendrán en cuenta los rendimientos de las etapas existentes aplicando la siguiente expresión:

Ecuación 4.

Consumo total requerido.

$$E_T = \frac{E_{DC}}{\eta_{BAT}} + \frac{E_{AC}}{\eta_{BAT} * \eta_{INV}}$$

Donde:

- ET: Energía real requerida por el sistema (consumo) (Wh)
- η<sub>BAT</sub> : Rendimiento de la batería
- η<sub>INV</sub> : Rendimiento del inversor

Tabla 3.

Potencia y consumo del sistema en AC.

Dispositivo	Cantidad	Horas	Potencia (wh)	Consumo diario energía w/h/día	Consumo mensual (kwh)/mes
Bicicleta eléctrica	1	4	220	880	37.5
Monopatín eléctrico	1	3	200	600	33.6
<b>TOTAL</b>				<b>1480</b>	<b>71.1</b>

El cálculo se realizó al consumir por lo menos en todo el día una bicicleta va a estar conectada 4h, un monopatín 3h, la batería va a funcionar en el caso de que no abastezca el panel solar.

El consumo diario de energía en AC del sistema es 1.480 kw/h/día, para calcular la energía real requerida el valor del rendimiento de la batería es de 0.90% y del inversor es 0.95%; siendo 0 el consumo en DC, entonces utilizando las ecuaciones 1, 2 y 3 el consumo real diario es:

$$E_T = 0 + \frac{1480}{0.9 \cdot 0.85} = 1480 / 0.765$$

$$E_T = 1934.6 \text{ KWh/día}$$

Este valor de energía que consume al día el sistema, a partir de aquí se calcula los parámetros del sistema fotovoltaico, requiriendo calcular el horario solar pico (HPS).

Tabla 4.

Radiación solar en el cantón Loja

Mes	Insolación difusa (w/m <sup>2</sup> /dia)	Insolación directa (w/m <sup>2</sup> /dia)	Insolación global (w/m <sup>2</sup> /dia)
Enero	2900	2100	4350
Febrero	2900	2400	4500
Marzo	2900	2400	4500
Abril	2600	2400	4350
Mayo	2200	3000	4350
Junio	1900	3600	4000
Julio	2070	3600	4350
Agosto	2300	3300	4650
Septiembre	2400	3300	5000
Octubre	2600	3300	5100
Noviembre	2500	3900	5250
Diciembre	2600	3600	5000
Promedio anual	2500	3300	4650

- Nota. Adaptado de: Atlas solar del Ecuador, Conelec. (CONELEC, 2008).

- La irradiación solar constante es 1000 W/m<sup>2</sup>

Para obtener el HSP se toma la irradiación global promedio anual 4650 W/m<sup>2</sup>/dia que se divide por la irradiación solar constante 1000 W/m<sup>2</sup>, que es igual a 4.65 h/día.

### 5.1.2 Inclinación óptima y orientación

Para el cálculo de inclinación del módulo fotovoltaico lo determina las coordenadas geográficas del sitio en donde se va a implementar; en este caso en la UNL en el área de energía comprende las siguientes coordenadas:

- Latitud: -4.03° S

- Longitud: -79.20° W

En la tabla 4 podemos observar el ángulo de inclinación para un panel fotovoltaico dependiendo del consumo estacional.

Tabla 5.

Ángulos de inclinación óptima.

Consumo estacional	Ángulo de inclinación óptima
Consumo constante	Ángulo de inclinación igual a la latitud
Consumo en Invierno	Ángulo de inclinación igual a la latitud más 15 grados
Consumo en Verano	Ángulo de inclinación igual a la latitud menos 15 grados

Nota. Adaptado de: (CONELEC, 2008)

Nota. El ángulo de inclinación óptimo será de 4° debido a la latitud de la ubicación en donde se instala; por tanto, se instala a un Angulo de 15°.

Se recomienda que para garantizar el suministro de energía en los meses menos favorecidos se cumpla con la condición de sumar 10° a la latitud. Debido a que se necesita que se eleve la inclinación para evitar problemas de agua como de polvo, se eleva a un ángulo de 15°.

Este criterio asegura un correcto funcionamiento de la instalación en relación a: Consumo/Radiación máxima, el consumo variara donde la garantía del suministro es más importante que captación energética.

## 5.2 Dimensionamiento del Generador fotovoltaico

Para generador fotovoltaico o Panel solar; Una vez conocida la demanda energética de la carga conocida, además se aplica un total de 20% en pérdidas del sistema para prevención en los casos que esta nublado o deficiencia de radiación solar en donde se instalaría los paneles solares, se utiliza datos de radiación solar del estado; teniendo una demanda de:

Ecuación 5.

Demanda del sistema

$$D = Sv * Et$$

Siendo:

- D= demanda
- Sv= perdida del sistema

- $E_t$ = consumo diario

$$D = 1.2 * 1480Wh$$

$$D = 1776 Wh$$

Al tener la demanda y la insolación media anual calculamos la energía diaria consumida que necesita satisfacer a la demanda, debido a que se necesita determinar el número de paneles solares de acuerdo a las horas pico que generan, se puede dimensionar el “Panel Solar”, el número total de módulos fotovoltaicos que se deben instalar se calcula con la siguiente ecuación:

*Ecuación 6.*

*Energía diaria consumida*

$$W_P = D/H \text{ min}$$

- $W_P$ : Energía diaria consumida pico (Wh).
- $D$ : Energía diaria total consumida, 1776 Wh/día
- $H_{min}$ : Es el horario Solar Pico que es 4.65 h/día.

$$W_P = \frac{1776Wh}{(4.65h)} = 381.9$$

$\cong 400 W_p$  que debe generar un módulo Solar

En la tabla 6 se muestra los valores y cantidad de paneles solares en conjunto con las baterías para el sistema FV.

*Tabla 6.*

*Dimensión de cantidad de módulos.*

<b>Corriente ISC</b>	<b>Voc</b>	<b>Vmp</b>	<b>Módulo FV</b>	<b># módulos</b>	<b>Baterías 12v</b>
6.26	21.88	17.9	110 poli	2.89 $\cong$ 3	1
11.99	24.1	20.39	230 mono	1.38 $\cong$ 2	1
10.4	48.6	39.92	400 mono	0.79 $\cong$ 1	2

*Nota.* Adaptado de: (Panel Solar 230Wp /12VDC Monocristalino RESUN, n.d.)

*Nota:* Estos valores son reales que se encuentran en el mercado.



Figura 12.

Panel solar RS7E-230M.



*Nota. Adaptado de: (Panel Solar 230Wp /12VDC Monocristalino RESUN, n.d.)*

### **5.3 Dimensionamiento del sistema de acumulación**

Para definir el tamaño del acumulador se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

Máxima profundidad de descarga.- Es el nivel máximo de descarga que debe llegar la batería, antes de la desconexión del regulador para proteger su duración, en una batería de gel puro de ciclo profundo la profundidad de descarga es 0.5 o 0.6; se escoge este tipo de batería porque, tiene características de vida útil prolongada.

Días de autonomía.- Es el número de días consecutivos de ausencia de sol, depende del tipo de instalación y las condiciones climáticas del lugar; al estar siempre funcionando el sistema en el horario diurno y vespertino de la universidad, se necesita de 4 a 5 horas de autonomía que son las horas de la noche, pero en casos de días nublados que no tiene una gran cantidad de radiación se utilizan 6 horas de autonomía; es igual a 0.25 días de autonomía.

Figura 13.

Batería HTB, ciclo profundo 100Ah/12VDC.



*Nota.* Adaptado de: (Bateria Solar de GEL Vida Útil Prolongada 100Ah/12VDC, n.d.)

Se realiza el cálculo de la capacidad necesaria de las baterías para una autonomía de 6 horas al día en el peor de los casos, son las horas que se oculta el sol hasta que la universidad cierre sus puertas.

*Ecuación 7.*

*Corriente necesaria.*

$$Ah = \frac{D * N}{DOD * Vs}$$

- $Vs$  = Capacidad del sistema en que trabaja 12V
- $D$  = energía diaria total consumida
- $DOD$  = máxima profundidad de descarga 0.5
- $Ah$  = corriente necesaria
- $N$  = días de autonomía 0.25

$$Ah = \frac{1776 * 0.25}{0.5 * 12} = \frac{444}{6} = 74 Ah$$

Ahora se calcula el número de baterías necesarias para este sistema, con la siguiente ecuación se encuentra:

*Ecuación 8.*

*Cantidad de baterías*

$$B = \frac{Ah}{Ar}$$

- $B$  = número de baterías

- $Ah =$  corriente necesaria
- $Ar =$  corriente real de una batería de 12V

$$B = \frac{74Ah}{100Ah} = 0.74 \cong 1$$

Esta capacidad indica que, la batería debe tener una mayor capacidad, por tanto, se necesita 100Ah, en una batería de ciclo profundo de 12V.

#### 5.4 Dimensionamiento del controlador de carga

Para la elección del controlador de carga se necesita el valor de la corriente máxima en cortocircuito del generador fotovoltaico; el módulo elegido es RS7E-M, tiene una corriente en circuito cerrado de 11.98A, por tanto, el controlador debe tener una tolerancia mayor a esta; este cálculo tiene como finalidad mantener al banco de baterías de una sobrecarga, para calcularlo se necesita:

*Ecuación 9.*

*Capacidad del regulador de carga*

$$R = I_{sc} * B$$

- R= regulador de carga
- $I_{sc}$ = corriente máxima del módulo FV
- B= número de baterías

$$R = 11.98 * 1 = 12A$$

-El controlador regulador de carga solar debe ser mayor a la corriente necesaria, por tanto, se eligió al controlador PWM MORNIGSTAR de 20 Amp a 12/24V.

*Figura 14.*

*Controlador Solar.*



*Nota. Adaptado de: (Controlador PWM 20A/12-24VDC Sin Pantalla MORNIGSTAR, n.d.)*

## 5.5 Dimensionamiento del Inversor de corriente DC/AC

El inversor tiene la característica de transformar corriente continua en corriente alterna, se puede dimensionar utilizando la potencia nominal, tensión nominal de entrada, tensión nominal de salida, frecuencia de operación, rendimiento; Como se calculó anteriormente la potencia máxima es 400 W, por tanto, el inversor debe transformar diferentes tensiones continuas dentro de un rango determinado, siendo este del 20%.

*Ecuación 10.*

*Potencia del inversor.*

$$I(w) = W_p * Fc$$

- $W_p$  = Energía diaria consumida pico (Wh).
- $Fc$  = Factor de diversidad

$$I(w) = 400W * 1.2 = 480W$$

La tensión nominal es una referencia dentro del intervalo de actuación que sirve para identificar el tipo de convertidor; se elegirá un inversor cuya potencia sea mayor a la máxima demanda de la carga; hay que evitar el sobredimensionamiento para que trabaje en la zona donde presenta mejores eficiencias. Por tanto, se utilizará un inversor de 500W, JN-H500-12.

*Figura 15.*

*Inversor de corriente DC/AC.*



*Nota. Adaptado de: (Inverter de Onda Sinoidal Pura - PROVIENTO, n.d.)*

## 5.6 Diseño de la infraestructura de la estación solar.

Para el dimensionamiento de la infraestructura se debe tener en cuenta las dimensiones de todos los equipos y materiales, entre los equipos que se utilizan se detallan las características.

### 5.6.1 Equipos:

#### **Panel Solar.**

Se utiliza el Panel solar RS7E-230M, en la tabla 7 se observa las características necesarias.

Tabla 7.

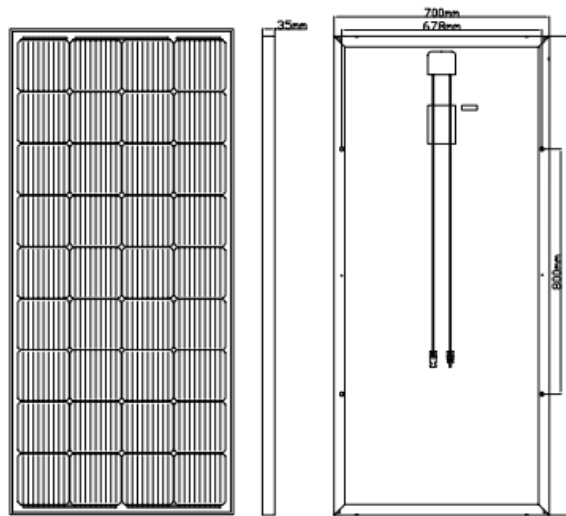
Ficha técnica del panel solar RS7E-230M.

<b>Modulo solar</b>	<b>RS7E-230M</b>
Tipo	Monocrystalino
Modificación	36 células de 166 mm
Voltaje Circuito abierto Voc	24.1V
Voltaje Potencia Máximo Vmpp	20.19V
Corriente Circuito Cerrado Isc	1199A
Corriente Potencia Máxima Impp	11.39A
Eficiencia de panel	21.06%
Dimensiones	1560*700*35mm
Peso	12Kg
Voltaje	12V
Potencia	230 Wp

*Nota.* Adaptado de: (Panel Solar 230Wp /12VDC Monocrystalino RESUN, n.d.)

Figura 16.

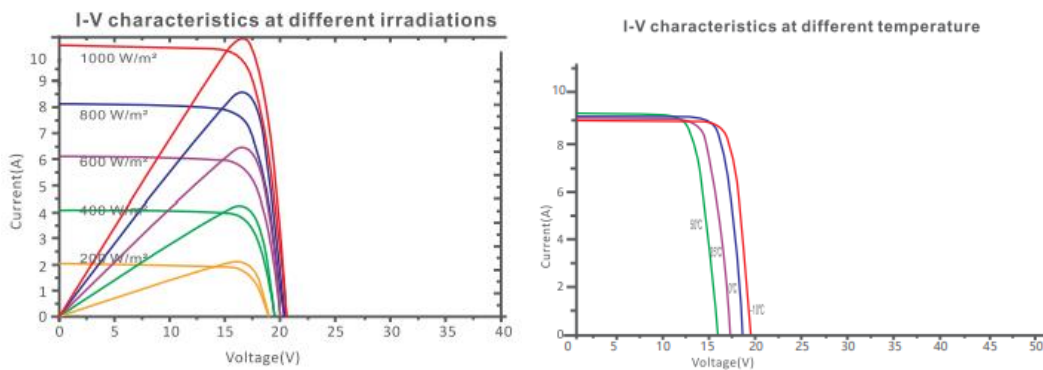
Dimensión del módulo fotovoltaico (mm).



Nota. Adaptado de: (Panel Solar 230Wp /12VDC Monocristalino RESUN, n.d.)

Figura 17.

Datos eléctricos de energía y Corriente con respecto al voltaje del generador.



Nota. Adaptado de: (Panel Solar 230Wp /12VDC Monocristalino RESUN, n.d.)

### 5.6.2 Inversor de corriente

Se utiliza el modelo TW-500-12V, 500W Onda Sinusoidal ZONHAN con las características siguientes

Tabla 8.

Especificaciones técnicas del inversor TW-500-12V.

<b>Eficiencia</b>	<b>90% full carga</b>	<b>95% a (1/3 de carga)</b>
<b>SALIDA AC</b>	<b>Energía continua</b>	<b>500 W</b>

	Sobrecarga	120% carga
	Onda de salida	Onda senoidal pura
	Frecuencia de salida	50Hz+- 0.1%
	Voltaje de salida AC	100-120VAC/200-240VAC
ENTRADA	Voltaje de entrada DC	12 VDC
DC	Rango de voltaje	10.8V-15.5V
	Alarma de baja tensión	10.8V+-0.2V
	Desconexión por baja tensión	10.2V+-0.2V
	Apagado por sobre tensión	15.5V+-0.2V
Protección	Sobretensión térmica	Apagado automático de salida a 75°
Entorno	Temperatura de trabajo	-10°C a 50°C
	Humedad de trabajo	20% a 90% HR sin condensación
	Rango de temperatura de almacenamiento	-10°C a 50°C
Embalaje	Dimensión caja interior	315*195*135 mm
	Peso caja interior	2.5 Kg
	Dimensión exterior	420*340*460 mm
	Peso caja	15 Kg

**Nota.** Adaptado de: (*Inverter de Onda Sinoidal Pura - PROVIENTO*, n.d.)

### 5.6.3 Controlador de carga

Se utiliza el modelo JN-H500-12 sin pantalla, con modulación de magnitud de pulso PWM, ofrece funciones esenciales de regulación autónoma de la batería. A continuación, se detallan algunas de sus características.

Tabla 9.

*Características técnicas esenciales del regulador de carga JN-H500-12.*

Características Eléctricas	Descripción	
Voltaje	12V	24V
Rango del voltaje de batería	10 a 35V	
Precisión del voltaje	<=0.1%	+/- 50mV
Voltaje máximo en circuito abierto	60V	
Corriente máxima de la batería	10A, 20A	30A

Corriente de carga nominal	10 <sup>a</sup>	30A
Indicadores led	1 estado	3 nivel de carga de batería
<b>Características mecánicas</b>		
Dimensiones	15.3*10.5*5.5 cm	
Peso	0.4 Kg	
Carcasa	IP20, tipo 1	
Rango de tamaño de cable	Terminal de potencia	2.5 mm <sup>2</sup> , - 16mm <sup>2</sup> /16-4 AWG
	Detección de batería/temp	0.25mm <sup>2</sup> -1mm <sup>2</sup> /24-16 AWG

**Nota.** Adaptado de: (Controlador PWM 20A/12-24VDC Sin Pantalla MORNINGSTAR, n.d.)

#### 5.6.4 Batería

Se utilizan 1 batería HTB12-100 de 110Ah/12VDC.

Tabla 10.

Características técnicas de la batería.

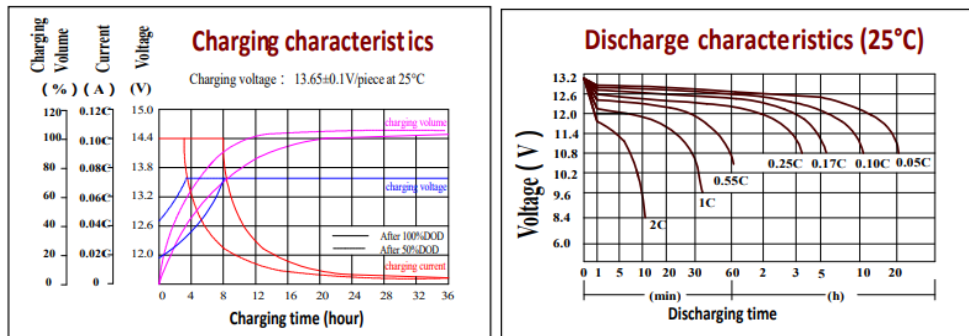
Descripción	Valor
Dimensiones	30 x 21 x 17 cm
Peso	30 kg
Tecnología	GEL
Voltaje	12V
Capacidad	100Ah C20
Ciclos De Vida Útil A 30% DOD	2600
Ciclos De Vida Útil A 50% DOD	1600
Ciclos De Vida Útil A 100% DOD	500
Origen	China
Corriente de carga inicial	22.5A/13.6-13.8V

**Nota.** Adaptado de: (Bateria Solar de GEL Vida Útil Prolongada 100Ah/12VDC, n.d.)



Figura 18.

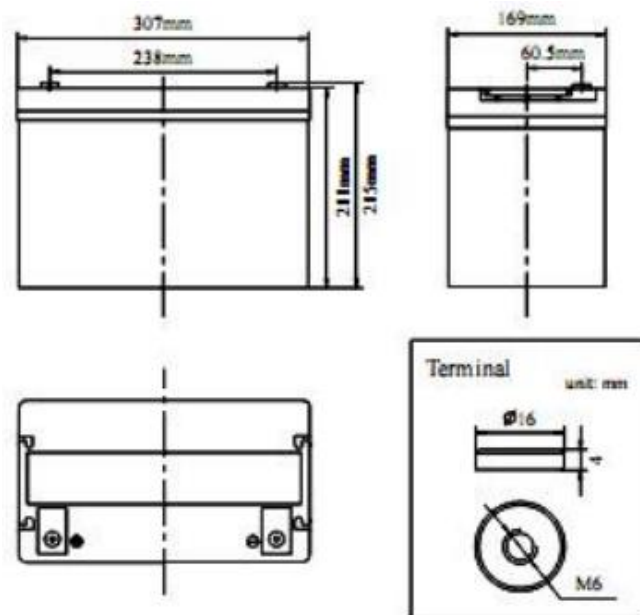
Características de rendimiento, carga y descarga.



Nota. Adaptado de: (Bateria Solar de GEL Vida Útil Prolongada 100Ah/12VDC, n.d.)

Figura 19.

Dimensiones de la batería.



Nota. Adaptado de: (Bateria Solar de GEL Vida Útil Prolongada 100Ah/12VDC, n.d.)

## 5.7 Materiales

### 5.7.1 Terminales MC4

Los terminales MC4 (Multi-Contact) (4, diámetro del pasador de clavija de contacto de 4 mm) se necesitan para la conexión de un sistema FV, se encuentran ubicados en los terminales de cada módulo FV; permite conectar los módulos entre si de tal manera que pueda construir paneles en cadena fácilmente. Al tener 2 paneles se utilizarán 4 de estos conectores.

Figura 20.

Terminales MC4.



Nota. Adaptado de: (Terminales MC4, n.d.)

### 5.7.2 Tomacorriente de 120 V/20A

Dispositivo usado para establecer una conexión eléctrica mediante la inserción de una clavija que permite el paso de corriente eléctrica; para conexiones eléctricas, extensiones, electrodomésticos, etc.

Tabla 11.

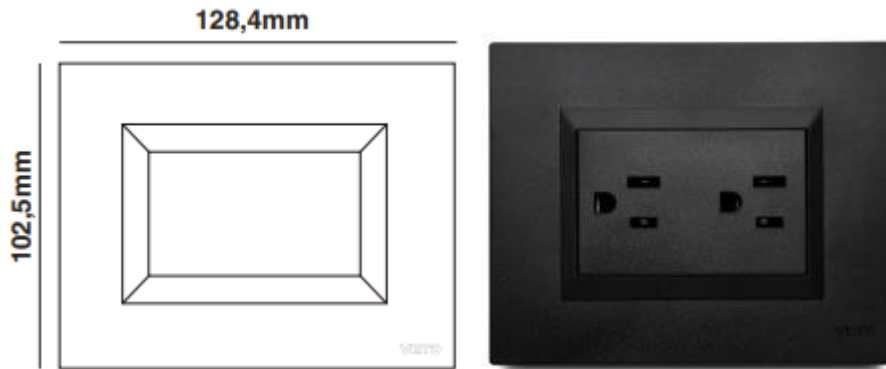
Especificaciones técnicas de un toma corriente.

<b>Eléctricas</b>	
Tensión nominal $V_n$	125/250V
Corriente nominal $I_n$	15A
Contacto de conexión a tierra	
<b>Mecánicas</b>	
Número de operaciones bajo norma IEC superior a 10000 operaciones, con la carga a corriente nominal $I_n$	
Retención de clavija: Prueba con peso patrón de 1,36 Kg conectada en vertical, sin desconexión.	

Nota. Adaptado de: (PLURA, n.d.)

Figura 21.

Dimensión del tomacorriente.



Nota. Adaptado de: (PLURA, n.d.)

### 5.8 Diseño de la infraestructura

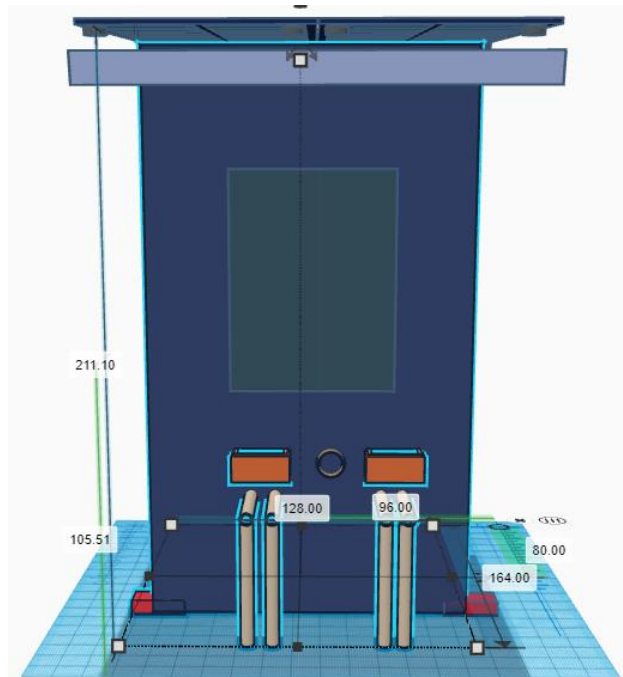
Al tener las especificaciones de la mayoría de los componentes, podemos realizar el diseño de la infraestructura metálica de la estación solar. Primeramente, se toma en cuenta las dimensiones de los equipos, como el panel solar y la cantidad de ellos, batería, inversor, y regulador de carga; este diseño ubica a los paneles solares en la parte superior de la estación para que nada interrumpa la radiación solar en todo el día, en la parte inferior se crea una caja en la que estará la batería, inversor y controlador de carga.

Las dimensiones de la estación solar comprenden en:

- Altura del mástil (210 cm)
- Porta panel solar (156\*140 cm) (ancho \* largo)
- Caja de revisión de equipos (50\*80\*45 cm) (ancho\*largo\*altura)
- Silla de descanso (120\*60\*5 cm) a una altura de 45cm
- Estacionamiento de bicicleta (75\*30\*8 cm) (alto\*largo\*separación)

Figura 22.

Diseño de la infraestructura de la estación solar.



Nota. Adaptado de: Autor. Programa: Tinkercad.

Se puede observar el perfil y las dimensiones de la estación solar en el anexo 2.

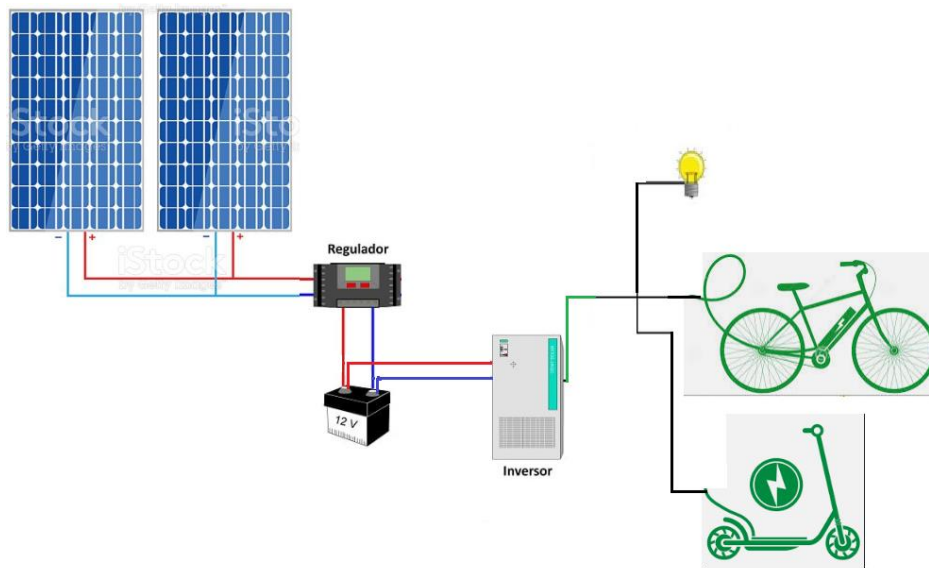
### 5.9 Diseño eléctrico de la Estación Solar Fotovoltaica

La construcción eléctrica del diseño contiene todos los equipos eléctricos mencionados anteriormente:

- 2 panel solar 230W/12V
- 1 batería 12v/100Ah
- 1 controlador 500 W
- 1 inversor 20A
- 2 tomacorriente único 110V
- 1 Luz led 110V
- 1 sensor de movimiento 110V

Figura 23.

Esquema de la estación eléctrica para recargar bicicletas y monopatín.



Nota. Adaptado de: Autor

### 5.10 Lugar designado para la Estación Solar Fotovoltaica

El lugar designado para la implementación de la estación solar está ubicado en la provincia de Loja en la facultad de Energía de la UNL, en los estacionamientos frente al bloque 8; también se encuentra alado de una estación solar para recargar celulares; sus coordenadas geográficas son: latitud: -4.03 y longitud: -79.20.

Figura 24.

Lugar en donde se ubica la estación solar.



Nota. Adaptado de: Autor.

## 6. Resultados

En este capítulo se pone a disposición del lector el proceso de construcción, ensamble y medición de la estación solar como su funcionamiento; a su vez, los resultados obtenidos en este proyecto, en base a los objetivos planteados.

### 6.1 Dimensionamiento del sistema

Analizando el primer objetivo específico menciona el dimensionamiento de equipos para un SFV que se ha mencionado en la metodología en los puntos 5.1 al 5.5, cumpliéndolo satisfactoriamente. Lo cual se resume en obtener los siguientes equipos:

Tabla 12.

Valores y equipos utilizados en el SFV.

Equipos de carga	Cantidad	Características	Total
Panel solar	2	230W /12VDC en paralelo	460W
Controlador de carga	1	20A	20A
Batería	1	12V/100Ah	12V
Inversor	1	500W 12V DC/120V AC	500W
<b>Energía generada Total</b>			<b>500 W</b>

- Los valores tomados de los equipos son mayores a los necesarios, siendo estos valores comerciales y eficaces para una carga rápida.

En la tabla 13 se observa los valores de consumo en la estación solar.

Tabla 13.

Resultados de dimensionamiento

Equipos de consumo	Cantidad	Características	Potencia Total
Toma corriente	2	120V AC	12W
Sensor	1	120V AC/ 0.1A	12W
Ojos de buey “lampara”	2	7W	14W
Cinta led	3m	3W	9W
Bicicleta UNL	1	200W	200W
Monopatín	1	200W	200W
<b>Consumo Total</b>			<b>447 W</b>

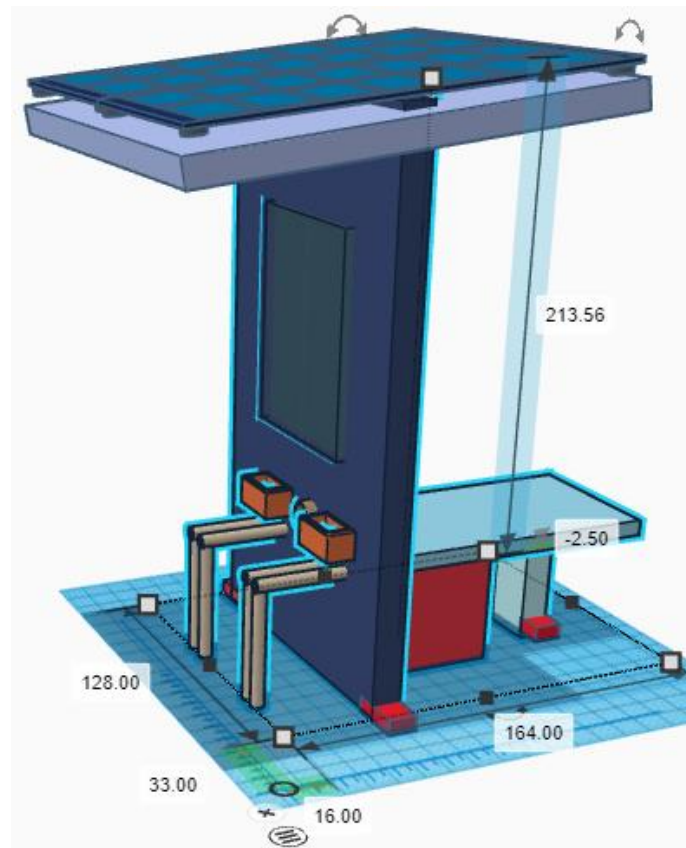
Nota. Adaptado de: Autor.

El segundo objetivo específico indica el diseño de la estructura de la estación solar, lo cual se menciona en los puntos 5.6 al 5.8, lo cual cumpliría con su cometido. La

estructura consta de una infraestructura metálica, con una abertura de 0.60x0.80m de material plástico “acrílico” en el soporte principal, para información; esto se puede observar en la figura 25 y anexo 5, las dimensiones como el diseño de la estructura.

Figura 25.

Diseño de la estructura con sus dimensiones.



Nota. Adaptado de: Autor

## 6.2 Ensamble y construcción

De acuerdo al tercer y último objetivo específico el cual especifica construir e implementar el sistema de carga solar lo cual se demuestra en los puntos 6.2 y 6.3; las evidencias se pueden observar en los anexos que se mencionan más adelante.

Como se han adquirido todos los equipos, además de todas las características técnicas, mecánicas y ambientales de los mismos, se procede a la construcción de la infraestructura utilizando medidas específicas; hay que tomar en cuenta varios factores que se detallan a continuación:

1. Para que la infraestructura no sea muy pesada al momento del traslado, se debe fabricarla en tres cuerpos separados para unirlos en el lugar destinado; cada cuerpo corresponde a un importante equipo:

El primer cuerpo contiene los paneles solares.

El segundo cuerpo contiene la parte de la silla y la caja que contiene la batería, el inversor y el controlador de carga.

El tercer cuerpo contiene la parte del mástil que soporta el cuerpo que contiene los paneles solares y los tubos por donde pasa el cableado tanto de iluminación, potencia de entrada y salida para carga, también el estacionamiento de la bicicleta y monopatín.

En el anexo 6 se puede apreciar el pintado, fondeo y construcción de la estructura metálica.

2. Se realiza el trabajo de obra civil: que corresponde en realizar las bases para la estructura en el sitio indicado, previamente pidiendo permiso al docente, director de la carrera y director del área de energía para su instalación.

Las bases se prepararon de arena, cemento, grava y agua con el índice de mezcla con las siguientes proporciones: 1:2:2 lo cual se indica en: (*Como Calcular Cantidades de Materiales Para Concreto (Cemento, Arena y Grava)*, n.d.), teniendo la dimensión de las bases:  $V=L*a*e$ .

- Base A: 25x25x20 cm,  $V= 0.0125$
- Base B: 25x25x20 cm,  $V= 0.0125$
- Base C: 20x50x20 cm,  $V= 0.02$
- Volumen Total =  $0.045 \text{ m}^3$  y una resistencia total de 3500 psi.

Por tanto, se utilizó  $0.022 \text{ m}^3$  de arena,  $0.022 \text{ m}^3$  de grava y  $0.01 \text{ m}^3$  de cemento igual a 10 Kg y 8 litros de agua.

En el anexo 7 se puede observar cómo se elaboración de la obra civil en todo su contexto.

3. Al realizar la infraestructura en cuerpos separados, se transporta y ensambla en el lugar indicado, sobre las bases de concreto previamente preparadas.
  - Se realiza la instalación de la caja de equipos con la base metálica que soporta los paneles solares, cajas de cargadores y en donde se colocara la salida de potencia, observe en el anexo 8 ensamble de la estación solar.
  - Instalación de equipos eléctricos, sensor, lámparas y empalme de cables. Lo cual se puede observar en el anexo 9.



Figura 26.

Estación de carga solar instalada y terminada.



### 6.3 Pruebas, medición y resultados del SFV

En este apartado se observa las medidas de voltaje en la salida de cada equipo eléctrico, y corriente con la carga de cada vehículo o ambos en la salida de potencia de la estación FV. Como resultado tenemos:

En la tabla 14 se muestra los valores medidos reales de los equipos que emiten y controlan la energía solar, en comparación con los valores eficaces necesarios.

Tabla 14.

Valores de dimensionamiento del SFV.

<b>Equipo</b>	<b>Valor medido</b>	<b>Valor eficaz</b>
Paneles solares	13V noche – 25V día	12V - 24V
Controlador de carga	12V noche – 13V día	12V
Batería	12V	12V
Inversor	110V-120V/3A cargando	120V / 0.2A

Nota: el valor de la corriente varía respecto a la carga de salida del sistema

La tabla 15 demuestra los valores que consumen energía, entre la iluminación y la potencia de salida necesaria medida en voltios.

Tabla 15.

Valor de la potencia de consumo en valores finales.

<b>Equipos de consumo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Características</b>	<b>Potencia Total</b>
Toma corriente	2	120V AC	12W
Sensor	1	120V AC/ 0.1A	12W
Ojos de buey “lampara”	2	7W	14W
Cinta led	3m	3W/m	9W
Bicicleta UNL	1	109,2W	110W
Monopatín	1	71,4W	72W
<b>Consumo Total</b>			<b>217</b>

**Nota.** Estos valores se los presenta en el anexo 10 como evidencia de la medición.

Al concluir con la medición en la salida de los dispositivos eléctricos los cuales funcionaron de manera correcta se procedió a conectar y cargar los vehículos eléctricos de baja potencia. La tabla 16 muestra la corriente consumida de los vehículos, medidos simultáneamente y separados.

Tabla 16.

Valor de corriente medición las cargas

<b>Equipo carga</b>	<b>Corriente</b>	<b>Potencia</b>
Bicicleta UNL	1.54A	180.2W
Monopatín pequeño	1.25A	145.25W
Los dos vehículos simultáneamente	2.73A	319.41W

- El voltaje medido en ese momento es de 117VAC
- Estos valores se pueden observar en el anexo 11

La tabla 15 y 16 con respecto a la tabla 12 se evidencia que existe un gran margen de consumo de equipos eléctricos, lo cual cubre el dimensionamiento y se acopla a vehículos de mayor capacidad de consumo; lo cual cumple con el tercer objetivo específico de esta tesis.

#### **6.4 Presupuesto**

A continuación, se presenta el presupuesto invertido en la estación de carga solar tanto en: el diseño, equipos, infraestructura e implementación del proyecto.

Primeramente, en la tabla 17 se describe los gastos de la obra civil, lo que representa renta de herramientas para realizar las bases para la estructura metálica, todo material necesario para las bases de hormigón.

Tabla 17.

*Obra civil*

<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
Arena 0.05m <sup>2</sup>	2.0	4.0
Grava 0.05m <sup>2</sup>	4.0	8.0
Cemento libras	0.20	4.0
Piola plástica	1.0	1.0
<b>Alquiler de equipos</b>		
Pala	2.5	2.5
Pico	2.5	2.5
Barreta	5.0	5.0
Plana	1.0	1.0
Nivel	2.0	2.0
Ponchadora de cables	2.0	2.0
Multímetro y Amperímetro	10.0	10.0
Maestro instalador	20.0	60.0
<b>Total</b>		<b>102.0</b>

La tabla 18 indica los gastos en transporte de equipos eléctricos desde la ciudad de Quito, obra civil para llevar materiales de construcción y la infraestructura del taller a la universidad.

Tabla 18.

*Transporte*

<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
Transporte de obra civil	10.0	20.0
Transporte de equipos eléctricos	35.0	35.0
Transporte de infraestructura	30.0	30.0
<b>Total</b>		<b>85.0</b>

La tabla 19 se menciona la lista de los materiales y equipos que se utilizaron en la instalación e implementación de la infraestructura.

Tabla 19.

*Equipos y materiales*

<b>Descripción</b>	<b>Precio U+IVA</b>	<b>Total</b>
Panel solar RS7E-230M x2	156.8	313.6
Batería solar de GEL HTB-12-100	291.2	291.2
Controlador PWM EC-20	112.0	112.0
Inversor TW500-12	112.0	112.0
Terminal MC4	8.96	35.84
Tomacorriente USB N/M/P Maviju	10.80	10.80
Tomacorriente doble marfil cooper 110V	0.70	0.70
Placa doble p/intemperie metal	3.05	3.05
Cajetín anti explosión ½ - 3/4	3.90	3.90
Break 6A riel din Schneider	7.53	7.53
Cable concéntrico 3x8 600W	5.32	26.6
Cable concéntrico 3x12 600W	1.91	9.52
Cable gemelo 2x14 200W	0.74	5.91
Terminal ojo 8 corto	0.45	1.80
Terminal punta 8	0.22	0.9
Terminal punta 16	0.12	0.72
Acrílico 2m <sup>2</sup>	25.0	50.0
Ojo de buey dirigible Silvania 7W	2.64	5.28
Enchufe 110V/15A cooper 3p	2.70	8.10
Sensor de movimiento ST05C SLIM Starlux	6.45	6.45
Cinta led azul	1.05	3.15
Cargador cinta led	2.58	2.58
Cinta aislante vinil 3m	0.80	0.80
Perno 2.1/2x1/2	0.5	3.0
Perno 3/8x2	0.28	1.12
Perno 1/2x3 expansivo	0.41	2.42
Perno 1/4x1	0.13	1.30
Tronillo perforador 1/8x1/2	0.03	3.0
Candado Viro	6.0	12.0
Toma doble polar	2.8	2.8

Amarras 15cm T6HD	2.01	20.1
Silicon 1200 trans ABRO	3.91	7.82
Arandela plana 3/8	0.06	0.24
Tornillo mili. C/T 5X20mm	0.06	0.24
Tornillo mili. C/T 4X20mm	0.05	0.20
Perno inox. 6x20mm	0.13	0.26
Tuerca inox. 6mm	0.06	0.12
Arandela galv. Plana 1/4	0.04	0.16
Arandela plana 5/32	0.04	0.16
Broca 5/32"	1.70	1.70
Broca 3/16"	2.20	2.20
Termo contraíble 8AWG	1.03	1.03
Termo contraíble 12AWG	0.74	0.74
<b>Total</b>		<b>1073.04</b>

Como se observó en las tablas 17, 18 y 19 los gastos de instalación, obra civil, transporte, equipos y materiales para obtener como resultado el presupuesto total de este proyecto instalado, lo cual podemos apreciar en la tabla 20.

*Tabla 20.*

*Presupuesto total del proyecto*

<b>Descripción</b>	<b>Estado</b>	<b>Total</b>
Obra civil	EJECUTADO	102.00
Transporte	EJECUTADO	85.00
Equipos y materiales	EJECUTADO	1073.04
Infraestructura metálica	EJECUTADO	750.00
Imprevistos	EJECUTADO	200.00
Implementos para el análisis, desarrollo y presentación del proyecto "Impresora"	EJECUTADO	400.00
<b>Total</b>		<b>2610.04</b>

El presupuesto de la implementación de este proyecto fue autofinanciado, los gastos fueron asumidos por el autor en su totalidad.

## 7. Discusión

Al recopilar la información bibliográfica acerca de un sistema solar fotovoltaico y sus componentes, se revisó conceptos básicos en cuanto a teoría y práctica de distintas fuentes de las cuales la información actualizada tiene mayor consistencia al tratar sobre este tema.

El dimensionamiento de un sistema fotovoltaico se realiza primeramente el cálculo teóricamente, indispensablemente teniendo en cuenta los valores de voltaje y corriente de estos equipos en el mercado y su modo de obtención.

Existen diferentes métodos para calcular el dimensionamiento de un SFV, de los cuales uno de ellos se asemeja más a la realidad en cuanto al cálculo, secuencia y la necesidad de consumo de energía por día; los cálculos son semejantes a los valores reales de los equipos, se debe tener un margen de error en cuanto a los valores medidos debido a las condiciones climáticas, que eleva el consumo.

Existen diferentes marcas y modelos en cuanto a los equipos eléctricos, debido a esto se tomó en cuenta el tiempo de durabilidad, garantía y robustez de ellos, así como su precio al consumidor; teniendo las características de estos equipos se procedió a adquirirlos para su implementación.

Tomando en cuenta el diseño de varias estaciones solares, se realizó un diseño especial para vehículos eléctricos móviles de baja potencia, tomando en cuenta la seguridad, ubicación, inclinación de paneles solares, así como la altura necesaria.

Para la creación de la infraestructura se comparó diferentes materiales, así como su precio; se eligió hacerlo de una estructura metálica, ya que su base soporta fácilmente el peso de los paneles solares; este proyecto como se instaló en un lugar a la intemperie se pintó con un fondo de multifunción y dos capas de pintura exterior anti corrosible, así de esta manera tenga resista al sol, oxido, lluvia, etc.

La ubicación en la cual se dio permiso de implementar la estación solar, fue cuidadosamente seleccionada por el director de la carrera y el decano del área de energía; se evaluó el suelo en donde se instaló la estación, analizando detenidamente se determinó realizar bases de concreto, debido al desnivel y la degradación del suelo.

Al momento de implementar la estación solar, como se determinó primeramente se instalan los paneles solares y el cableado que conecta los demás equipos en la caja de seguridad, además de lo necesario para la iluminación y sensores, para luego instalar la estación solar en su totalidad.

Una vez implementado el sistema, para verificar el funcionamiento del mismo se tomaron medidas de voltaje en la salida de cada uno de los equipos y puntos de salida de potencia, verificando su funcionamiento y de todo el sistema en conjunto.

Como prueba de su funcionamiento se pidió prestada la bicicleta eléctrica de la UNL y un monopatín de baja potencia, se comprobó el consumo adecuado midiendo la corriente al conectar cada uno de los vehículos por separado y los dos simultáneamente, lo que indica que la estación solar está dentro del rango necesario de consumo.

Como prioridad se pidió a estudiantes de la facultad de energía que lleven sus vehículos eléctricos para recargar en la estación solar fotovoltaica, comprobando así su funcionamiento.

Se realizó un manual de mantenimiento tomando en cuenta los conceptos generales de un SFV y el uso para el cual se diseñó.

Los anexos 1 a 4 indican las especificaciones de los equipos eléctricos del sistema fotovoltaico.

## 8. Conclusiones

En este trabajo de titulación se diseñó e implementó un prototipo de estación solar de carga para vehículos eléctricos de baja potencia, implementado en la facultad de la Energía de la Universidad Nacional de Loja.

Se dimensionó los componentes fotovoltaicos, electrónicos y eléctricos según la potencia requerida para el sistema, luego de este procedimiento analítico se realizó la adquisición de todos estos equipos en los valores comerciales superiores a los cálculos realizados.

Se diseñó la estructura del equipo de manera que presente funcionalidad y comodidad para las prestaciones requeridas, su construcción está dada con materiales como acero y acrílico; al acero se le realizó un tratamiento con pinturas anti corrosible para que soporte las condiciones de intemperie al que se encuentra expuesto el sistema.

Finalmente se construyó el sistema de carga solar de baja potencia realizando las pruebas necesarias de potencia, voltaje y corriente utilizando como carga una bicicleta eléctrica y un monopatín

Los equipos eléctricos se encuentran en la parte inferior de la infraestructura logrando así una mejor estabilidad y facilitando el mantenimiento del prototipo.

Las mediciones de voltaje en los equipos eléctricos demuestran que el sistema funciona normalmente.

Se realizó un manual de mantenimiento de usuario que incluye aspectos fundamentales para el uso y mantenimiento de la estación de carga de vehículos eléctricos de baja potencia, este manual se lo puede revisar en el anexo 13.



## **9. Recomendaciones**

Tomar en cuenta toda la bibliografía revisada, ya que se tienen diferentes puntos de vista, lo cual ayuda con nuevas ideas en futuros proyectos de sistemas fotovoltaicos.

Tomar en cuenta el lugar en donde se ubicará el sistema para diseñar la infraestructura y realizar lo necesario para que este se mantenga fijo al suelo.

Este tipo de instalaciones requieren un mantenimiento periódico, lo cual se recomienda revisar el manual de mantenimiento de usuario.

Durante la implementación del sistema varios estudiantes como docentes tuvieron interés en el prototipo, lo que indica que a futuro se podría realizar proyectos de laboratorio de SFV.

## 10. Bibliografía

- Alonso, M. (2011). Master en Energías Renovables y Mercado Energetico. *Ciemat, 1*(1), 59. [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45340/componente45338.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45340/componente45338.pdf)
- Ángel, M., & Carrera, L. (2015). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE PURIFICACIÓN DE AGUA POR MEDIO DE ENERGÍA, REFLEXIÓN SOLAR, Y LUZ ULTRAVIOLETA*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10492/1/CD-6212.pdf>
- Autor, M., Martínez, J., & Director, B. (2017). Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. *Etseib*. [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/104855/TFG\\_Jaume\\_Martinez\\_Metodos\\_de\\_estimacion\\_del\\_estado\\_de\\_carga\\_de\\_baterias\\_electroquimicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/104855/TFG_Jaume_Martinez_Metodos_de_estimacion_del_estado_de_carga_de_baterias_electroquimicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bateria Solar de GEL vida útil prolongada 100Ah/12VDC*. (n.d.). Retrieved July 6, 2022, from <https://proviento.com.ec/baterias-solares/199-bateria-solar-de-gel-vida-util-prolongada-100ah12vdc.html>
- Bertran, J. M. (n.d.). *Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas MEMORIA Autor: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona*.
- Buele, C., & Chazi, A. (2019). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18210/1/UPS-CT008653.pdf>
- Camacho, D. J. (2012). *IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO MÓVIL de 1000W*. <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0063150.pdf>
- Como calcular cantidades de materiales para concreto (cemento, arena y grava)*. (n.d.). Retrieved August 24, 2022, from <https://www.construereyesingenieria.com/2017/06/como-calcular-cantidades-de-materiales.html>
- Componentes instalacion solar FV | Leonardo Ramirez - Academia.edu*. (n.d.). Retrieved June 14, 2022, from [https://www.academia.edu/8568755/Componentes\\_instalacion\\_solar\\_FV](https://www.academia.edu/8568755/Componentes_instalacion_solar_FV)
- CONELEC. (2008). Atlas solar del ecuador. *Conelec*, 1–51.

- [http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf)
- CONTROLADOR DE CARGA* » *Qué es, Tipos, Parámetros - Cumbre Pueblos*. (n.d.). Retrieved June 20, 2022, from <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/controlador-carga/>
- Controlador PWM 20A/12-24VDC sin Pantalla MORNINGSTAR*. (n.d.). Retrieved July 19, 2022, from <https://proviento.com.ec/controladores/210-controlador-pwm-20a12-24vdc-sin-pantalla-morningstar.html>
- Energías Renovables. Conocer las distintas formas de generar energía eléctrica a partir de fuentes renovables*. (n.d.). Retrieved June 8, 2022, from <https://unlp.edu.ar/frontend/media/35/33735/c3c6a5ce190ed7343b4550e5ab582412.pdf>
- Font, E. V. (2020). *Energías renovables y no renovables Ventajas y desventajas de ambos tipos de energía Autor*. <http://bcn.cl/29cx7>
- Generatuluz. (2022). *? Tipos de Baterías, cómo se clasifican y propiedades [2022]*. Tipos de Baterías y Sus Características. <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/tipos-de-baterias-y-sus-caracteristicas/>
- Hidalgo, W., Vaquez, P., Garrillo, G., & Vasquez, F. (n.d.). *Libro PDF visualización del fichero pkdsfzom, Energias Renovables\_2021 VER3\_FINAL.pdf*. Energias Renovables. Retrieved June 23, 2022, from <http://libros.cienciadigital.org/index.php/CienciaDigitalEditorial/catalog/view/7/24/84-3>
- ICCA. (2015). Energías renovables Energías renovables. In *Knowledge Creation Diffusion Utilization*. <http://repiica.iica.int/B3661e/B3661e.pdf>
- Inverter de Onda Sinoidal Pura - PROVIENTO*. (n.d.). Retrieved July 19, 2022, from [https://proviento.com.ec/inversores/242-169-inverter-de-onda-sinoidal-pura-proviento.html#/28-voltaje-12\\_vdc/72-potencia-500](https://proviento.com.ec/inversores/242-169-inverter-de-onda-sinoidal-pura-proviento.html#/28-voltaje-12_vdc/72-potencia-500)
- Lamigueiro, O. P. (2020). *ENERGÍA SOLAR Fotovoltaica*. <https://github.com/oscarperpinan/esf>
- Las energías renovables Contenidos*. (2004). 12. <https://web.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/renovables.pdf>
- Macancela, L., & Luis, M. Z. (n.d.). *UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CORRESPONDIENTES A LA PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO YANTSA ii*

*ETSARI TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO.*

- Macancela Zhumi, L. G. (2012). *DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CORRESPONDIENTES A LA PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO YANTSA* ii ETSARI. 232.  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/689>
- Manuel, A., & López, R. (n.d.). *TÍTULO DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ALIMENTAR UNA POTABILIZADORA DESALINIZADORA AUTÓNOMA AUTOR.*
- Panel Solar 230Wp /12VDC Monocristalino RESUN.* (n.d.). Retrieved July 19, 2022, from <https://proviento.com.ec/paneles-solares/3-panel-solar-230wp-12vdc-monocristalino-resun-.html>
- Pilas y acumuladores.* (n.d.). Retrieved June 15, 2022, from <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/pilas-y-acumuladores/>
- PLURA.* (n.d.). Retrieved July 20, 2022, from [www.vetoelectric.com](http://www.vetoelectric.com)
- Seyboth, K., Eickemeier, P., Matschoss, P., Hansen, G., Kadner, S., Scholomer, S., Timm, Z., & von Stechow, C. (2011). Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. In *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren\\_report\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf)
- “Sistema Fotovoltaico Autónomo para Casa Rural.”* (n.d.-a). Retrieved June 10, 2022, from <https://core.ac.uk/download/pdf/288497631.pdf>
- “Sistema Fotovoltaico Autónomo para Casa Rural.”* (n.d.-b).
- Terminales MC4.* (n.d.). Retrieved July 19, 2022, from <https://proviento.com.ec/accesorios-y-material-menor/174-terminales-mc4.html>

# 11. Anexos

## Anexo 1. Datasheet Panel Solar

**36 Cells**  
Mono-crystalline 9BB

**210-230W**  
Power output

**21.06%**  
The Highest Efficiency

**0~ +5W**  
Tolerance

**0.5% Annual Degradation over 30 years**

**LINEAR PERFORMANCE WARRANTY**  
12 year Product Warranty / 30 year Linear Power Warranty



### RS7E-M

RS7E-M series is produced with high efficiency multi-busbar cells, which can reduce the module internal power loss to improve its conversion efficiency, as well as lower the failure risk caused by cracks and broken busbar to enhance the module reliability.

- High Reliability**  
 Multi-busbar technology can effectively reduce the reliability risk caused by cells cracks and broken busbar.
- Anti-PID Resistance**  
 Prominent anti-PID performance reduces the power degradation, leading to higher energy yield and lower LCOE.
- Durability Against Extreme Conditions**  
 Certified to resist high salt mist and ammonia conditions.
- High Efficiency**  
 Multi-busbar technology can reduce the module internal power loss to improve the module conversion efficiency significantly.
- Low-Light Performance**  
 With high transmittance and anti-reflective 3.2mm tempered glass, the module has stronger performance under low light circumstances.
- High Mechanical Strength**  
 Certified to withstand: high wind load(2400Pa) and snow load(5400Pa).

### Full range of products and certification systems

ISO 9001 TUV PID-FREE CE IEC61215/61730/61701/62716

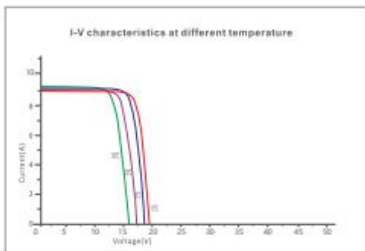
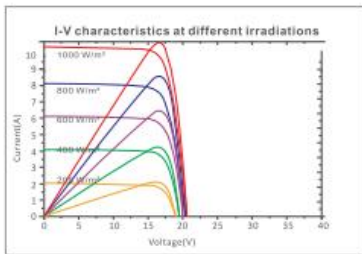
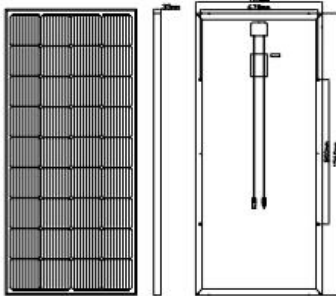


# RS7E-M

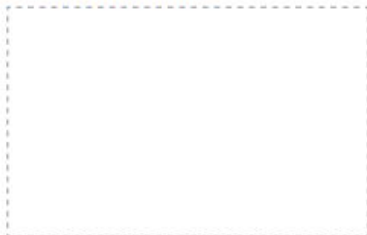


GLOBAL PROFESSIONAL PV PRODUCTS INTEGRATED SOLUTIONS SUPPLIER

Dimension of PV Modules Unit: mm



## Partner information



A: Room 606, No.13, Yongshang Garden, Jingfeng Road,  
Mudu Town, Wuzhong District, Suzhou, Jiangsu Province, China  
F: +86 512-66292101 T: +86 512-66293858  
W: www.resunsolar.com E: info@resunsolar.com

## ELECTRICAL DATA(STC)

Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	210W	215W	220W	225W	230W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	23.95V	23.99V	24.03V	24.08V	24.10V
Short Circuit Current-Isc(A)	11.07A	11.30A	11.53A	11.76A	11.99A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	20.05V	20.09V	20.12V	20.15V	20.19V
Maximum Power Current-Imp(A)	10.47A	10.73A	10.93A	11.16A	11.39A
Module Efficiency (%)	19.23%	19.89%	20.15%	20.60%	21.06%

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

## ELECTRICAL DATA(NOCT)

Maximum Power-Pmax (Wp)	156.8W	160.4W	164.1W	167.9W	171.6W
Open Circuit Voltage-Voc (V)	22.46V	22.50V	22.54V	22.57V	22.61V
Short Circuit Current-Isc (A)	8.95A	9.13A	9.32A	9.50A	9.68A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	18.86V	18.88V	18.71V	18.75V	18.78V
Maximum Power Current-Imp(A)	8.4A	8.58A	8.77A	8.95A	9.14A

NOCT: Irradiance at 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

## MECHANICAL DATA

Solar cells	Mono-crystalline 166X166mm, 9 Bus bars
Cell configuration	36cells(4x9)
Module dimensions	1560x700x35mm
Weight	12KGS
Front Cover	3.2mm Tempered Glass
Frame Material	Anodized Aluminum Alloy
J-BOX	IP67 or IP68, 2 or 3 diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> (IEC)/12AWG(UL),900mm
Connectors	MC4 or MC4 Comparable
Standard Packaging	2pcs/carton

## TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C
Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000V(IEC)/1000V(UL)
Max Series Fuse Rating	15A
Limiting Reverse Current	15A

## PACKAGING CONFIGURATION

	40HQ	20GP
Number of modules per container	1452pcs	610pcs
Package	2pcs/carton	2pcs/carton
Package Number	726cartons	305cartons

## Anexo 2. Datasheet del Controlador de Carga



### Controlador de carga solar EcoPulse™

El EcoPulse es un regulador de carga solar con modulación de la magnitud del impulso (PWM) perteneciente a la gama de productos Morningstar Essentials™, que ofrece funciones esenciales de regulación autónoma de la batería. Este controlador es fácil de usar y se ha diseñado para aplicaciones de consumo domésticas y recreativas.\* Las versiones con y sin medidor de este producto se venden con corrientes máximas de carga de 10, 20 o 30 amperios para sistemas de batería de 12 o 24 voltios.



versión con medidor



versión sin medidor



Uso residencial



Electrificación rural



Embarcaciones



Autocaravanas

### CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS PRINCIPALES

- **Total confianza:** placa de circuito con revestimiento conformado y terminales resistentes a la corrosión.
- **Diseño térmico robusto:** el disipador de calor de aluminio extruido reduce rápidamente la temperatura sin utilizar ventiladores de refrigeración.
- **Carcasa duradera:** fabricada con policarbonato de alta resistencia.
- **Indicadores de errores LED:** avisan cuando se produce un cortocircuito, una sobrecorriente, un sobrevoltaje u otra condición de error.
- **Control de iluminación solar automático:** ajuste de anochecer hasta amanecer ajustable en terreno.
- **Ajustes de carga personalizables:** es posible elegir entre siete configuraciones predeterminadas y una personalizable a través de los interruptores DIP o los botones de la pantalla del medidor.
- **Control de carga personalizable:** es posible ajustar el control de carga en la pantalla del medidor.
- **Medidor opcional:** interfaz multilingüe con botones de deslizamiento para el ajuste de la configuración y la muestra de mediciones.



\*El EcoPulse no se ha certificado según los códigos eléctricos de EE. UU. y Canadá.

**Seis versiones:** **EC-10:** 10 A sin medidor  
**EC-10M:** 10 A con medidor

**EC-20:** 20 A sin medidor  
**EC-20M:** 20 A con medidor

**EC-30:** 30 A sin medidor  
**EC-30M:** 30 A con medidor

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### Eléctricas

- Voltaje de la batería nominal: detección automática de 12 V o 24 V.
- Rango del voltaje de la batería: 10 V-35 V.
- Precisión del voltaje:  $\leq 0,1\%$  +/- 50 mV.
- Corriente máxima de la batería: 10 A, 20 A o 30 A.
- Voltaje máximo del circuito abierto solar FV: 60V.
- Corriente de carga nominal: 10 A o 30 A.
- Autoconsumo: < 15 mA; < 20mA (medidor).
- Indicadores LED: (1) estado, (3) nivel de carga de la batería.
- Protector de sobretensión transitoria: 1500 W (solar, batería, carga).

#### Ambientales

- Temperatura de funcionamiento: -40 °C a +45 °C.
- Temperatura de almacenaje: -40 °C a +80 °C.
- Humedad: 100% sin condensación.
- Tropicalización: revestimiento de conformación, terminales con clasificación marina.

#### Mecánicas

- Dimensiones (anch. x alt. x prof.):  
15,3 x 10,5 x 5,5 cm; 6,0 x 4,1 x 2,2 pulgadas.
- Peso: 0,4 kg/1 lb.
- Rango de tamaño de cable:  
Terminales de potencia: 2,5 mm<sup>2</sup>-16 mm<sup>2</sup>/14-6 AWG.  
Detección de batería/temp.: 0,25 mm<sup>2</sup>-1,0 mm<sup>2</sup>/24-16 AWG.
- Carcasa: IP20, tipo 1.

#### Protecciones electrónicas

- Entrada solar: sobrecarga, cortocircuito, sobrevoltaje, polaridad inversa, sobretemperatura, corriente inversa por la noche.
- Gasto de carga: sobrecarga, cortocircuito, sobretemperatura, polaridad inversa.
- Batería: polaridad inversa (sin extraer la batería).

#### Carga de batería

- Carga en 4 etapas: en masa, absorción, flotación, equalización.
- Coeficiente de compensación de temperatura: -30mV/°C/12 voltios.
- Puntos de ajuste: absorción, flotación, equalización, HVD.

#### Control de carga e iluminación

- Ajustes de desconexión y reconexión a bajo voltaje: 11,4 V/12,6 V o personalizado (x2 para sistemas de 24 V).
- Ajustes de iluminación: anochecer hasta amanecer.

#### Accesorios

- Sensor de temperatura remoto (STR).

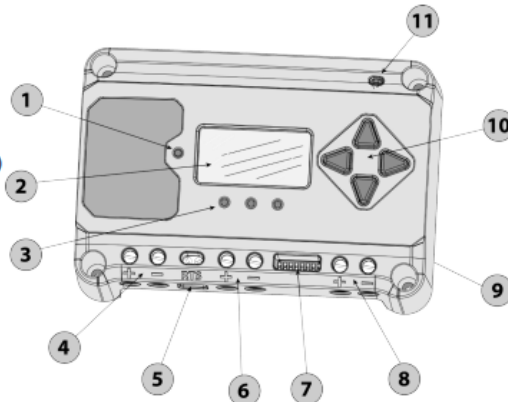
#### Medidor

- Resolución: 128 x 64 píxeles.
- Área de visualización: 5,0 cm x 2,5 cm.
- Interactivo: sí.

#### Certificaciones

- Certificaciones CE y TÜV: IEC 62109.

- 1 - LED de estado de carga/error
- 2 - Pantalla del medidor (opcional)
- 3 - Indicadores LED de nivel de la batería/error
- 4 - Terminales positivo y negativo solares
- 5 - Terminales del sensor de temperatura remoto (STR)
- 6 - Terminales positivo y negativo de la batería
- 7 - Interruptores DIP
- 8 - Terminales positivo y negativo de carga
- 9 - Disipador de calor
- 10 - Botones direccionales del medidor
- 11 - Sensor de temperatura local



GARANTÍA: período de dos años de garantía. Póngase en contacto con Morningstar o su distribuidor autorizado para conocer las condiciones completas.

Revisión: 04/2017.ES  
 N.º de control MS-002068  
 Copyright 2017  
 www.morningstarcorp.com



### Anexo 3. Datasheet de la Batería



## High-Temp Long Life GEL Deep Cycle Battery **HTB12-100**

HTB series uses the newly developed nano gel electrolyte with super-C additive plus heavy duty plates design inside. The HTB series has a long service life and can provide optimum and reliable service under extreme condition such as high temperature and frequent power failure, This series is highly suited for tropical area in outdoor applications such as Telecom BTS stations and Off-grid PV system.

**12V 100Ah**      **GEL Technology**      **Deep Cycle**



#### Applications

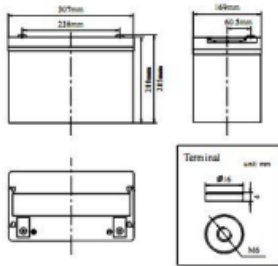
- BTS Stations
- Solar & Wind energy system
- UPS system
- Telecom systems
- Wheel chair, Golf Car

#### General Features

- ✓ Able to operate at 40-60°C
- ✓ DOD 50% 1500 times Cycles
- ✓ Complied Standards IEC60896-21/22, IEC61427, BS6290 part 4, GB/T 19638
- ✓ Long life and high stability under high temp. environment (no air-con needed)
- ✓ Use super-C additives: Deep discharge recovery capability

#### Dimensions & Weight

Length(mm)	307±1
Width(mm)	169±1
Height(mm)	211±1
Total Height(mm)	216±1
Weight(kg)	30.5±3%



#### Technical Specifications

Nominal Voltage		12V (6 cells per unit)
Design Floating Life @25°C		20 Years
Nominal Capacity @25°C (20 hour rate@5.0A,10.8V)		100Ah
Capacity @25°C	10hour rate (9.0A,10.8V)	90Ah
	5 hour rate (15.9A,10.5V)	79.5Ah
	1 hour rate (55.6A,9.6V)	55.6Ah
Internal Resistance	Full Charged Battery@25°C	≤5.3mΩ
Ambient Temperature	Discharge	-25°C~60°C
	Charge	-25°C~60°C
	Storage	-25°C~60°C
Max.Discharge Current@25°C		540A(5s)
Capacity affected by Temperature (10 hour)	40°C	108%
	25°C	100%
	0°C	90%
	-15°C	70%
Self-Discharge@25°C per Month		3%
Charge (Constant Voltage) @25°C	Standby Use	Initial Charging Current Less than 22.5A Voltage 13.6-13.8V
	Cycle Use	Initial Charging Current Less than 22.5A Voltage 14.4-14.9V



#### Battery Discharge Table

Discharge Constant Current per Cell (Amperes at 25°C)

F.V/Time	15min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h	100h
1.60V	128.7	82.0	60.5	55.6	35.3	24.8	16.8	11.1	9.9	5.4	1.20
1.65V	126.4	80.5	59.4	54.5	34.6	24.3	16.5	10.9	9.7	5.3	1.18
1.70V	124.0	79.0	58.3	53.5	34.0	23.9	16.2	10.7	9.5	5.2	1.15
1.75V	121.7	77.5	57.2	52.5	33.3	23.4	15.9	10.5	9.4	5.1	1.13
1.80V	117.0	74.5	55.0	50.5	32.1	22.5	15.3	10.1	9.0	5.0	1.11

Discharge Constant Power per Cell (Watts at 25°C)

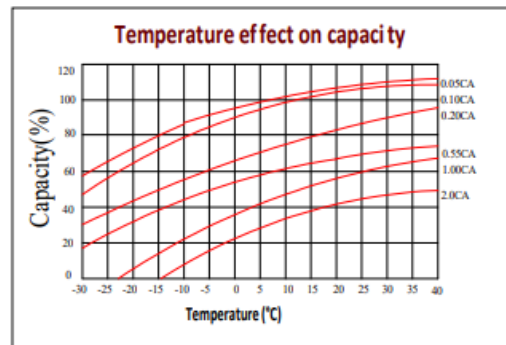
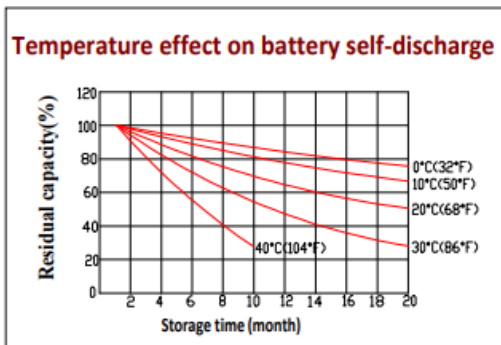
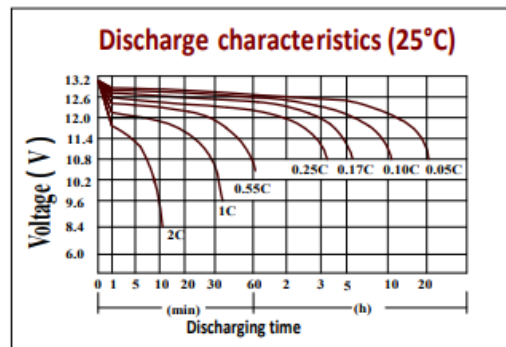
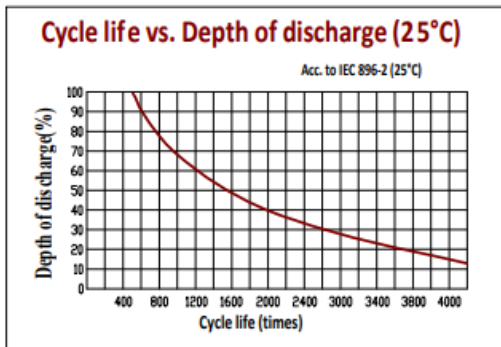
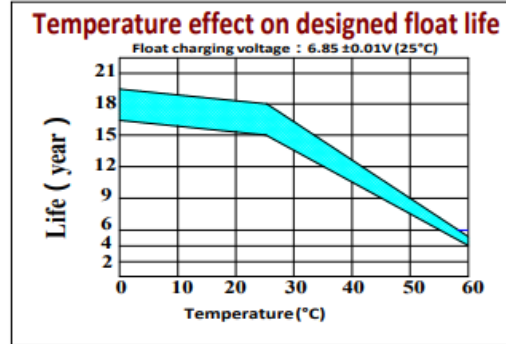
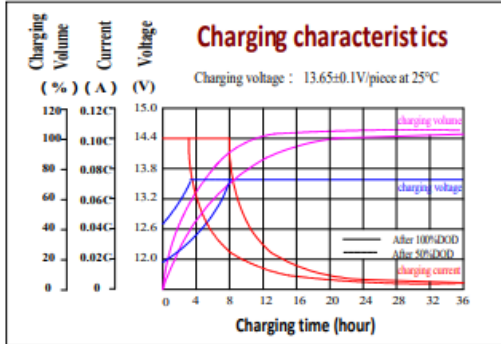
F.V/Time	15min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h	100h
1.60V	247.7	157.8	116.5	106.9	67.9	47.6	32.4	21.4	19.1	10.4	2.31
1.65V	243.2	154.9	114.3	105.0	66.6	46.8	31.8	21.0	18.7	10.2	2.26
1.70V	238.7	152.0	112.2	103.0	65.4	45.9	31.2	20.6	18.4	10.0	2.22
1.75V	234.2	149.1	110.1	101.1	64.2	45.0	30.6	20.2	18.0	9.8	2.18
1.80V	225.2	143.4	105.9	97.2	61.7	43.3	29.5	19.4	17.3	9.6	2.14

Note: The above data are average values, and can be obtained within 3 charge/discharge cycles. These are not minimum values. Cell and battery designs/specifications are subject to modification without notice. Contact **CSBattery** for the latest information.

# High-Temp Long Life GEL Deep Cycle Battery

# HTB12-100

## Performance Characteristics



## Battery Construction

Component	Positive plate	Negative plate	Container & Cover	Safety valve	Terminal	Separator	Electrolyte	Pillar seal
Features	Thick high Sn low Ca grid with special paste	Balanced Pb-Ca grid for improved recombination efficiency	Fire resistant ABS (UL94-V0 optional)	Flame Si-Rubber and aging resistance	Female Copper Insert M8	Advanced PVC /AGM separator for high pressure cell design	Silicon Gel	Two layers epoxy resin seal

ProViento SA Energias Renovables Ecuador, Barcelona E14-136 y Mallorca, 170525 Quito, Ecuador, Tel: +593-2-2231844, ecuador@proviento.com, www.proviento.com.ec  
CS Battery, Building Evolution, Xingdong industry Park, NO.61, Liuxian 2nd Road, Baoan, Shenzhen, China. Tel: +86-755-29123661, Sales@CSBattery.cn, www.CSBattery.cn

Anexo 4. Datasheet del Inversor de Corriente

## ZONHAN TW500 PURE SINEWAVE INVERTER




### INPUT/OUTPUT INTRODUCTION

**Signal indicator**  
Green light: normal operation  
Red light: failure indication

**USB output**  
Direct current output mode 1A/5V



**Power switch**  
I: ON turn on (start working)  
O: OFF turn off (stop working)

**Alternating current output**  
The socket model is chose by users: 12V/24V/48V switch into 110V/220V ( $\pm 10\%$ )

---

#### SIX PROTECTION FUNCTIONS



#### OLD AND NEW PERFORMANCE CONTRAST



## INTERNAL DISPLAY AND THE CORE TECHNOLOGY

Quality depends on the details  
Professional research and development over 31 years



**With pure copper and the high density of the copper strip voltage transformer**

100% pure copper full power high frequency density coil transformer, output more stability, more safety



**insurance with chip inserted**

Load large current, loading safety



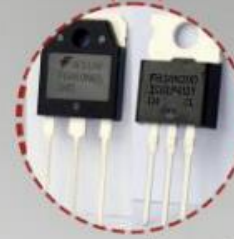
**cooling fin**

Larger full aluminium material cooling fin  
Heat faster and more efficient



**All copper ring**

Used to suppress common mode noise, prevent interference signals generated by inverter affects the use of electrical appliances.



**Power tube**

Import FAIRCHILD IGBT+IR CPU;  
Performance is more stable, more efficient, Built in cooling silicone, high temperature is not a problem



**Circuit board**

Use jiantao plate with the SMT patch technology Combined with industrial production conditions, to ensure that the finished product zero error With multiple shockproof function and anti-throw protection function.

**INTERNAL DISPLAY AND COMPARISON**



Details highlight quality

Professional research and development over 31 years



**THE SAFEST DESIGN—THE BUILT-IN FINE COPPER TRANSFORMER**



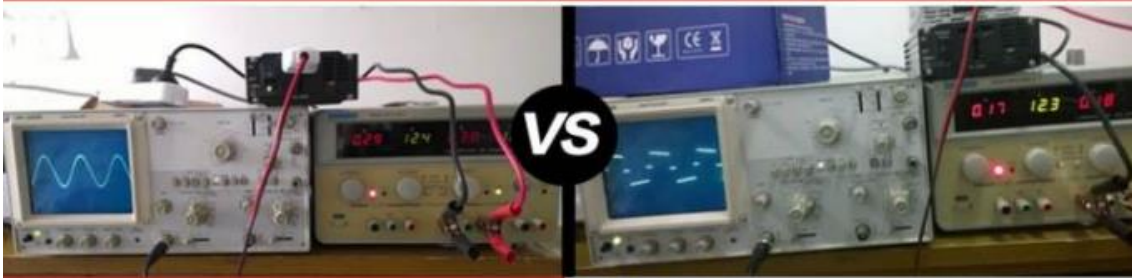
**WIN!**  
built-in two fine copper isolation transformers  
To protect the safety of power source is to protect the safety of life.

**VS**



**FAIL!**  
Other inverters only with simple relay  
The transformer with any fine copper can't avoid breakdown—electrical appliances burning.

## IF YOU COMPARE OUR PRODUCTS' FUNCTION WITH OTHERS, YOU WILL KNOW WHO ARE BETTER



Pure sine wave inverter can run any common devices which are connected to city power, with stable output voltage and frequency conversion startup function.

**Other inverters**  
Capacitive loads (such as LED flashlight with charging) have impact current at edge of a pulse, causing that it will be damaged by modified/pure sine wave providing power and inductive loads work abnormally.

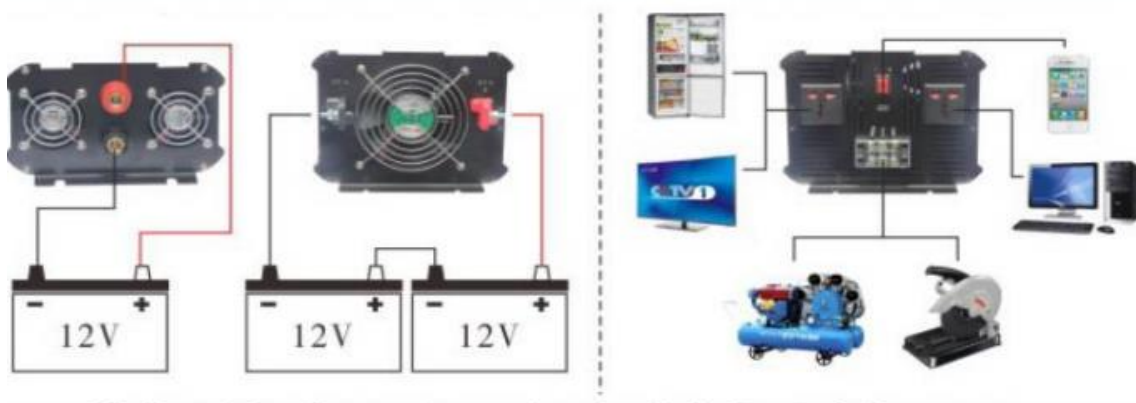
### SOCKET AND PLUGS TYPE

 Australian	 Brazil	 South Africa	 German+European
 French	 Spiral American-French	 American-French SS-6E	 American-French SS-6F
 American SS-6B	 American XD-106-C	 American-French WD-601	 Universal
 Universal RQB	 Italian	 British	 Round Australian

*You can choose all kinds of sockets and plugs with no worry.*



### WIRING DIAGRAM.



Model : TW-500		TW-500-12V	TW-500-24V	TW-500-48V
AC Output	Continuous power:	500W		
	Surge power:	<b>1000W</b>		
		120%<load<load</load		
		150%<load<load</load		
	Output Waveform	Pure Sine Wave (THD < 3%)		
	Output Frequency	50Hz±0.1% or 60Hz±0.1% (Optional)		
	AC Output Voltage	100~120VAC / 200~240VAC (Optional)		
DC Input	DC Input Voltage	12V DC	24V DC	48V DC
	Voltage Range	10.8V-15.5V	21.6V-31V	43.2V-62V
	Low Voltage Alarm	10.8V±0.2V	21.6V±0.4V	43.2V±0.8V
	Low Voltage Shut down	10.2V±0.2V	20.4V±0.4V	40.8V±0.8V
	Over Voltage Shut down	15.5V±0.2V	31V±0.4V	62V±0.8V
Converting Max. Efficiency		90% (Full Loading) / 95% (1/3 Loading)		
No Load Consumption		<0.4A	<0.2A	<0.1A
Protection	Over Thermal:	Shut Off Output Automatically, Temperature >75°C		
	Short circuit protection:	Reverse Polarity (External Fuse)		
	Cooling Fan automatically run	Temperature ≥45°C		
Environment	Working temperature	-10°C~+50°C		
	Working humidity	20%~90% RH Non-Condensing		
	Storage Temperature Range	-30°C~+70°C		
LED Indicator Light		Inverter, Fault		
Packing	Inner Box Dimensions (mm)	315*195*135mm		6 pcs /Carton
	Inner Box Weight (kg)	2.5kg		
	Carton Dimensions (mm)	420*340*460 mm		
	Carton Weight (kg)	15 kg		

---

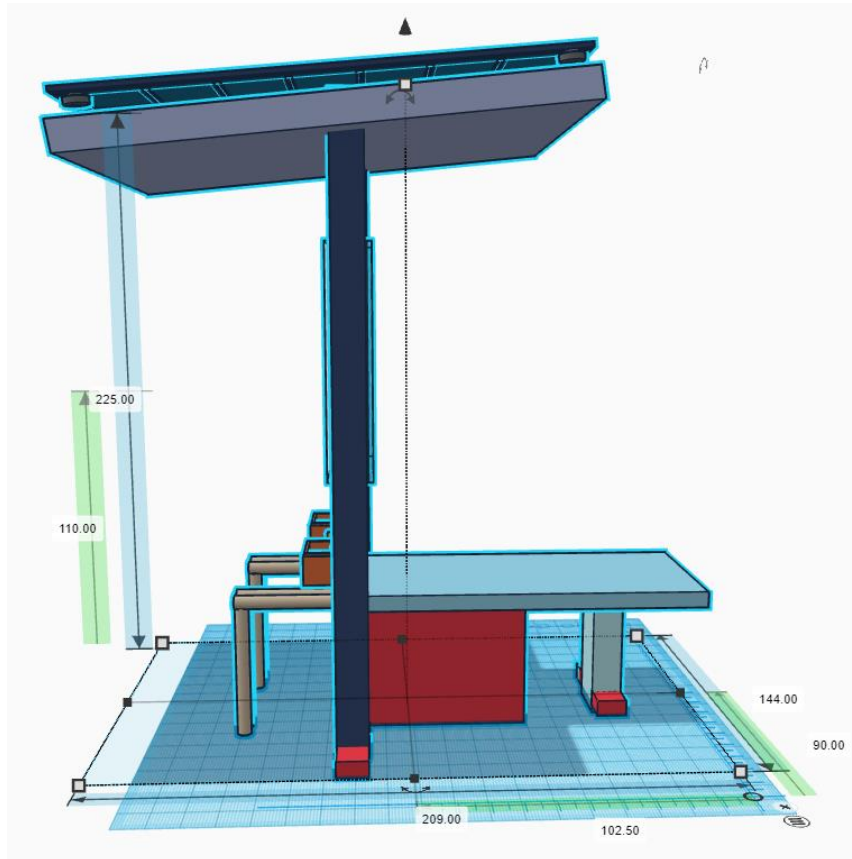
## Anexo 5. Diseño de Infraestructura

---

Figura 27.

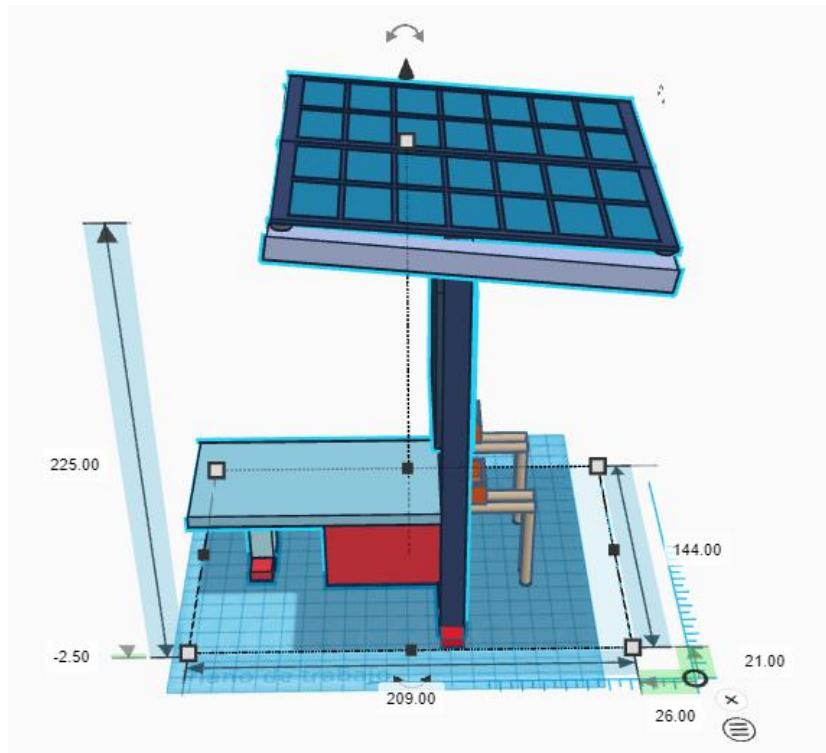
Dimensiones de la infraestructura en perfil: derecho, izquierdo, frente, trasera, superior. Fuente: Autor

a) Perfil derecho de la estación solar.

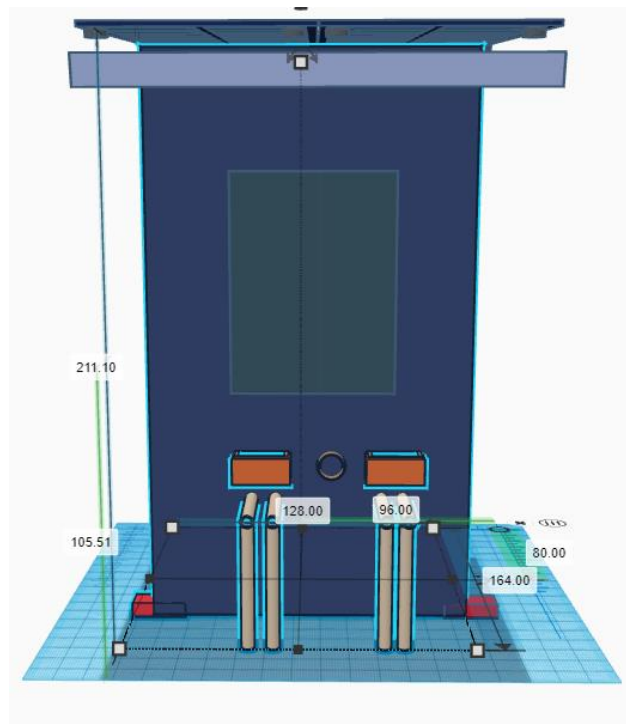




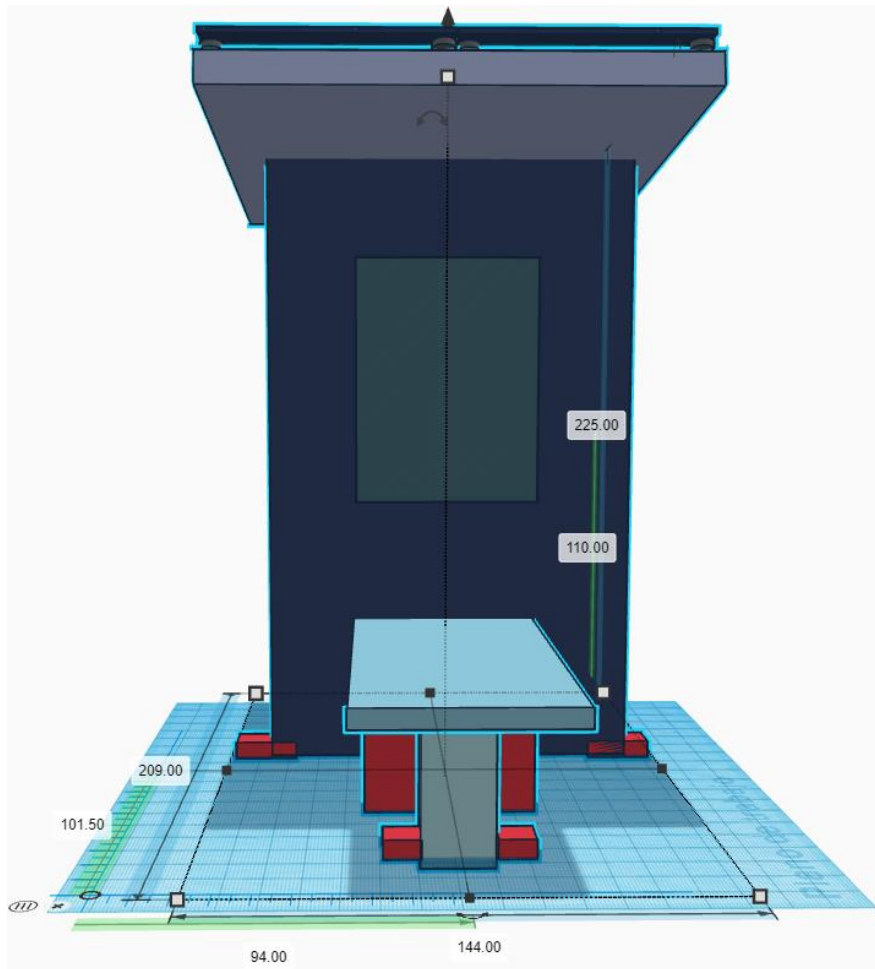
b) Perfil izquierdo de la estación solar.



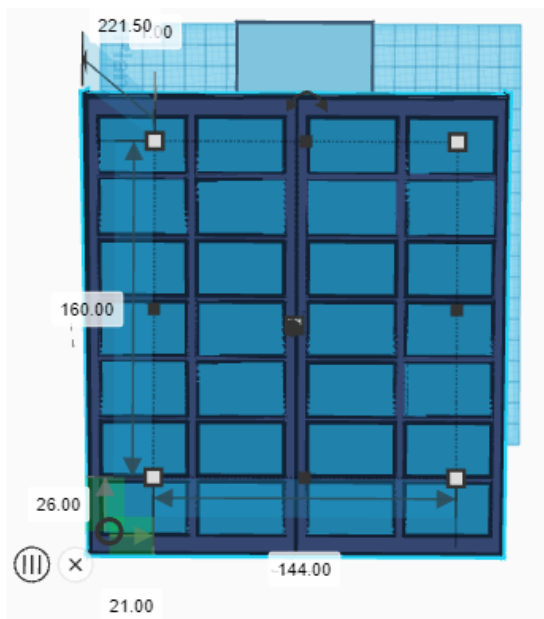
c) Perfil frontal de la estación solar.



d) Perfil trasero de la estación solar.



e) Perfil superior de la estación solar.



---

**Anexo 6.** Construcción de la base metálica de la estación solar.

---

*Figura 28.*

*Estructura metálica en cuerpos diferentes. Fuente: Autor*



a) Soporte principal de la estación solar en construcción.



b) Base de los paneles solares en construcción



c) Soporte y caja de equipos de la estación solar en construcción.

---

## Anexo 7. Obra Civil.

---

Figura 29.

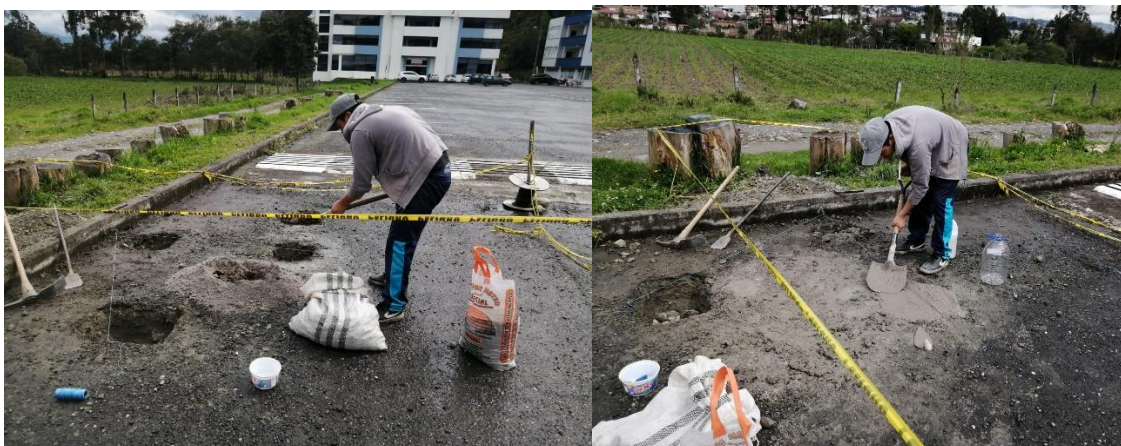
Obra civil de las bases en la ubicación indicada por el director de tesis



a) Nivelación del suelo



b) Cavado del suelo para realizar las bases de la infraestructura



c) Elaboración de la mezcla y fundición de las bases.

---

## Anexo 8. Ensamble de la Estación Solar

---

Figura 30.

Instalación de los cuerpos de la estación solar en las bases antes dictadas de obra civil.



a) Instalación de paneles solares en el soporte



b) Instalación eléctrica de paneles solares



c) Instalación de soporte y caja de equipos en la base principal



d) Instalación de cuerpo de panel solar y caja de equipos en la base



e) Instalación de cajas para cargadores de vehículos eléctricos de baja potencia

*Figura 31.*

*Funcionamiento de la estación solar en: a) día, b) noche*



a) Instalación total de la infraestructura en el día.





b) Instalación total de la infraestructura en la noche

---

## Anexo 9. Instalación de equipos electrónicos de carga y consumo.

---

Figura 32.

Instalación de luminarias y sensor de movimiento.



a) Instalación de lámparas eléctricas



b) Verificación de instalación de luminarias y sensor de movimiento

Figura 33.

Instalaciones finales eléctricas de equipos y conexiones eléctricas.



a) Medición y perforación para pernos de los equipos eléctricos



b) Instalación de equipos electrónicos



c) Empalme de cables para conexiones eléctricas

---

## Anexo 10. Medición de voltaje

---

Figura 34.

Medida en la salida de voltaje en paneles solares



Figura 35.

Voltaje medido en la salida del controlador de carga

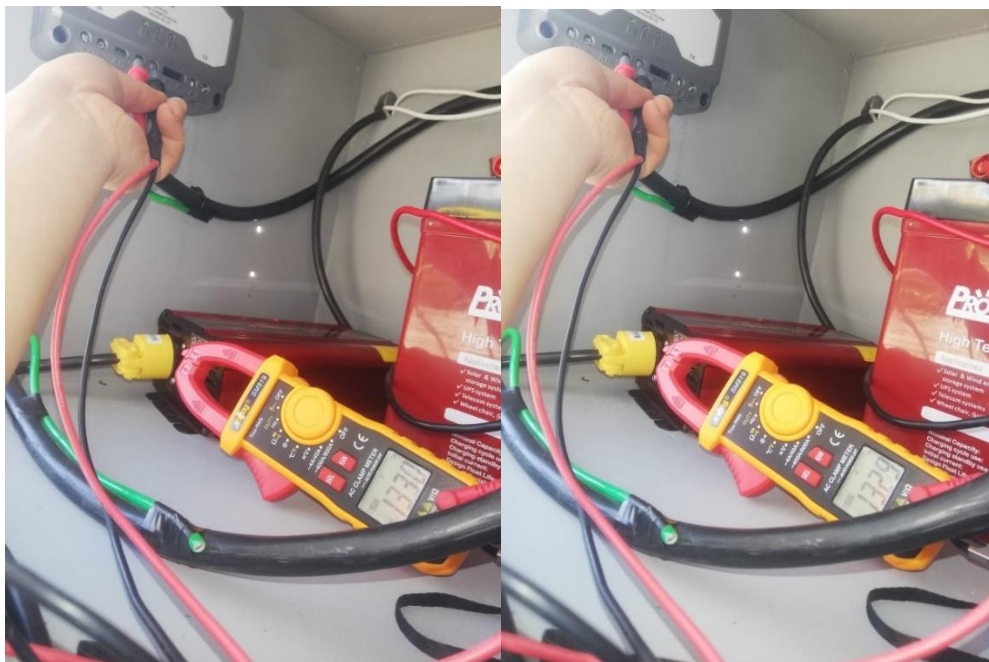


Figura 36.

Voltaje medido en la batería, conectado al controlador de carga y al inversor



Figura 37.

Medida de voltaje a la Salida del inversor de corriente



Figura 38.

Medida de voltaje en la salida de potencia para bicicletas y scooter



Figura 39.

Medida de voltaje en la salida de potencia en la carga de celulares



---

## Anexo 11. Medición de corriente

---

Figura 40.

Medida de corriente al cargar el monopatín eléctrico



Figura 41.

Medida de corriente al cargar la bicicleta eléctrica



Figura 42.

Medida de la corriente al cargar los dos vehículos juntos





---

## Anexo 12. Estación solar terminada

---

Figura 43.

*Bicicleta eléctrica de la universidad cargando en la estación solar en la noche.*



Figura 44.

*Estación solar en funcionamiento, entregada al Ingeniero Pabel Merino, director de proyecto de Titulación.*



a) Estación solar terminada en funcionamiento en el día.



b) Estación solar en funcionamiento en la noche.

*Anexo 13. Certificado de Traducción*

Nancy Correa Martínez.

Lic. En CC.EE, especialidad Idioma Inglés, Traductora profesional, CI. 1101706602.

CERTIFICA:

Haber traducido del Idioma Español al Idioma Inglés, el párrafo que antecede.

Lo certifico.

Atentamente



**WISDOM**  
English Center

Lic. Nancy Correa Martínez

---

*Anexo 14. Manual de mantenimiento de usuario*

---



1859

**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja



## **MANUAL DE MANTENIMIENTO DE USUARIO**

# **ESTACIÓN DE CARGA SOLAR PARA BICICLETAS Y MONOPATÍN ELÉCTRICOS DE BAJA POTENCIA PARA EL I2TEC DE LA UNL.**

*AUTOR:*

*Ing. EDWIN SEGUNDO CABRERA ORDOÑEZ*

## **Manual de mantenimiento del usuario**

### *1. INTRODUCCIÓN*

Propuesta de un programa de mantenimiento para una estación de carga solar para vehículos de consumo de baja potencia ubicado en el Área de Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Este documento se describen los requisitos para un mantenimiento exitoso, utilizando los recursos disponibles en el área.

#### **Definición**

El mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio de calidad.

#### **Estación solar**

Una estación solar para carga eléctrica de equipos electrónicos móviles, este en específico está diseñada para cubrir las necesidades de dispositivos móviles como vehículos eléctricos de baja potencia no existentes en el cantón y la provincia; con la incursión de la estación se está promoviendo al desarrollo de más estaciones solares fotovoltaicas para evitar el consumo de combustibles fósiles en el país en general.

### *2. Uso previsto*

La Estación Solar Fotovoltaica está destinada a carga de vehículos eléctricos de baja potencia e incluso unos celulares.

La estación cuenta con 3 tomacorrientes de carga con salida a 110VAC y 2 de corriente directa tipo USB-B pensado para dispositivos móviles; 2 de ellos están destinados exclusivamente para vehículos eléctricos de baja potencia separados de los demás, los 3 sobrantes están destinados exclusivamente para cargar dispositivos móviles.



Figura 1. Tomacorriente de carga para vehículos eléctricos de baja potencia.

Debido a que la estación cuenta con un amplio margen de carga, se puede conectar varios equipos con una carga no mayor a 250W de consumo cada uno, los cuales pueden estar conectados por el tiempo necesario hasta que se cargue el vehículo.

### 3. Diagrama de conexiones

El diagrama de conexiones del sistema fotovoltaico se puede apreciar en la figura

2.

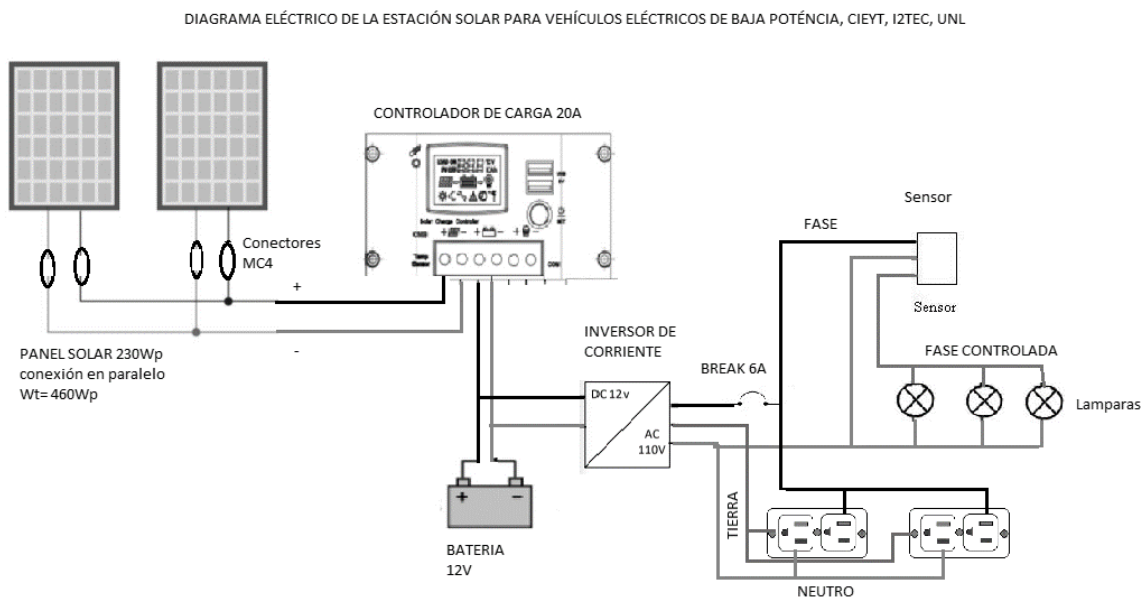


Figura 2. diagrama de conexión del sistema FV. Fuente: Autor

#### 4. Elementos de la estación solar

##### 4.1 Panel solar

La estación solar consta de dos paneles solares conectados en paralelo, cada panel solar pertenece a la marca RESUN, modelo RS7E-230M, de tipo monocristalino, compuesto por 36 células FV de 166mm y cumple con las certificaciones ISO 9001, TUV, PID-FREE CE, IEC61215/61730/617030/61701/62716.



Figura 3. Panel solar RS7E-230M. Fuente: Autor

A continuación, se detallan las características principales de este panel solar

Tabla 1. Características técnicas del panel solar RS7E-230M.

Modulo solar	RS7E-230M
Tipo	Monocristalino
Modificación	36 células de 166 mm
Voltaje Circuito abierto Voc	24.1V
Voltaje Potencia Máximo Vmpp	20.19V
Corriente Circuito Cerrado Isc	1199A
Corriente Potencia Máxima Impp	11.39A
Eficiencia de panel	21.06%
Dimensiones	1560*700*35mm
Peso	12Kg



Voltaje	12V
Potencia	230Wp

## 4.2 Controlador de carga

Se utiliza el controlador de carga MORNINGSTAR modelo JN-H500-12 sin pantalla, con modulación de magnitud de pulso PWM,



Figura 4. Controlador Solar. Fuente: Autor

En la tabla 2, se muestra las características técnicas del controlador de carga solar.

Tabla 2. Características técnicas esenciales del regulador de carga JN-H500-12.

Características Eléctricas	Descripción	
Voltaje	12V	24V
Rango del voltaje de batería	10 a 35V	
Precisión del voltaje	$\leq 0.1\%$	$\pm 50\text{mV}$
Voltaje máximo en circuito abierto	60V	
Corriente máxima de la batería	10A, 20A	30A
Corriente de carga nominal	10 <sup>a</sup>	30A
Indicadores led	1 estado	3 nivel de carga de batería
Características mecánicas		
Dimensiones	15.3*10.5*5.5 cm	
Peso	0.4 Kg	
Carcasa	IP20, tipo 1	
Rango de tamaño de cable	Terminal de potencia	2.5 mm <sup>2</sup> , - 16mm <sup>2</sup> /16-4 AWG
	Detección de batería/temp	0.25mm <sup>2</sup> -1mm <sup>2</sup> /24-16 AWG

### 4.3 Batería

Se utilizó una batería, de 12V/10Ah de la marca PROVIENTO, modelo HTB ya que el sistema y los paneles solares funcionan a este voltaje.



Figura 5. Batería solar de gel, ciclo profundo 100Ah/12VDC. Fuente: Autor.

En la tabla 3 se muestran las especificaciones técnicas de la batería.

Tabla 3. Características técnicas de la batería.

Características	Valor
Dimensiones	30 x 21 x 17 cm
Peso	30 kg
Tecnología	GEL
Voltaje	12V
Capacidad	100Ah C20
Ciclos De Vida Útil A 30% DOD	2600
Ciclos De Vida Útil A 50% DOD	1600
Ciclos De Vida Útil A 100% DOD	500
Origen	China
Corriente de carga inicial	22.5A/13.6-13.8V

### 4.4 Inversor de corriente

Se utilizó el inversor de corriente marca ZONHAN, modelo TW-500-12v, de onda senoidal de 500W de potencia.



Figura 6. inversor de corriente DC/AC. Fuente: Autor

En la tabla 4 se puede apreciar las características importantes del inversor de corriente TW-500.

Tabla 4. Especificaciones técnicas del inversor TW-500-12V.

<b>Eficiencia</b>	<b>90% full carga</b>	<b>95% a (1/3 de carga)</b>
<b>SALIDA AC</b>	Energía continua	500 W
	Sobrecarga	120% carga
	Onda de salida	Onda senoidal pura
	Frecuencia de salida	50Hz+- 0.1%
	Voltaje de salida AC	100-120VAC/200-240VAC
<b>ENTRADA DC</b>	Voltaje de entrada DC	12 VDC
	Rango de voltaje	10.8V-15.5V
	Alarma de baja tensión	10.8V+-0.2V
	Desconexión por baja tensión	10.2V+-0.2V
	Apagado por sobre tensión	15.5V+-0.2V
<b>Protección</b>	Sobretensión térmica	Apagado automático de salida a 75°
<b>Entorno</b>	Temperatura de trabajo	-10°C a 50°C
	Humedad de trabajo	20% a 90% HR sin condensación
	Rango de temperatura de almacenamiento	-10°C a 50°C

Embalaje	Dimensión caja interior	315*195*135 mm
	Peso caja interior	2.5 Kg
	Dimensión exterior	420*340*460 mm
	Peso caja	15Kg

#### 4.5 Conectores MC4

Se utilizan 4 terminales MC4 para dos paneles solares los cuales están conectados en paralelo; vienen en par uno positivo y uno negativo para una fácil conexión.



Figura 7. Terminales MC4. Fuente: (Terminales MC4, n.d.)

#### 4.6 Sensor de movimiento

Utiliza el sensor de movimiento de la marca Starlux, modelo ST05C-SLIM 110VAC.



Figura 8. Sensor de movimiento ST05C-SLIM.

Tabla 5. Características Sensor de movimiento Infrarrojo SC05C

Características	Valor
Distancia de alcance	6m
Angulo de detección	360°
Altura de instalación	2.2-4m
Grado de Protección	IP20
Tiempo de retardo	10S - 15 min
Tamaño	Ø115x24.3mm
Iluminación ambiental	Si
SKU	ILAR-00259

#### 4.7 Cinta led

Se utilizo 3m de cinta led azul, para su funcionamiento utiliza un cargador de 110VAC/12VDC, consume 3W por metro.



Figura 9. Cinta led azul.

#### 4.8 Lámpara

En la iluminación tiene 2 lámparas ojos de buey dirigible, marca Sylvania, empotrable.



Figura 10. lampara empotrable 7W.

Tabla 5. Características lampara empotrable.

<b>Características generales</b>	<b>Valor</b>
Material	1 policarbonato
Color	Blanco
Peso Kg	0.072
Medidas	6x12.5 cm
Potencia	7W
Tipo de luz	3000K

#### 4.9 Tomacorriente

Se utiliza dos tipos de tomacorriente, uno en específico para cargar los vehículos eléctricos de baja potencia y el segundo para carga de dispositivos móviles.

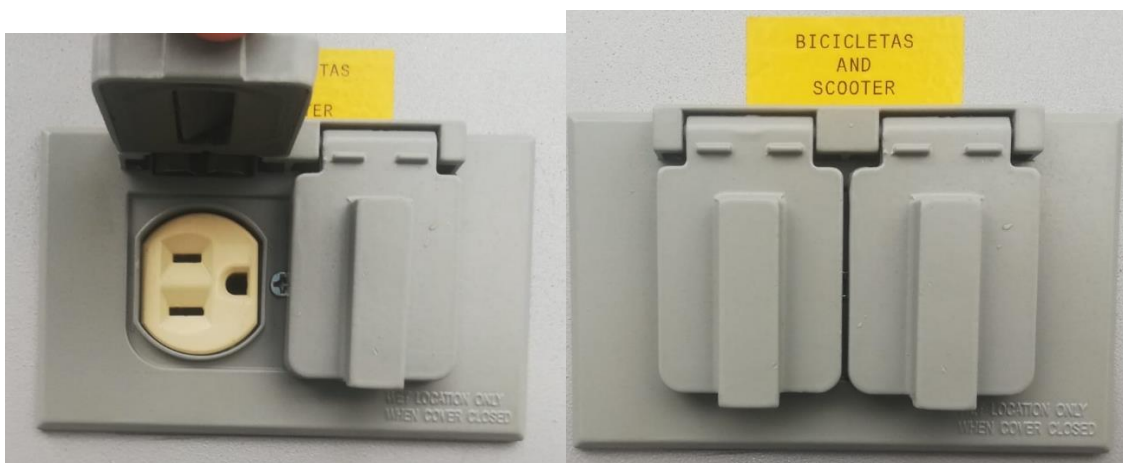


Figura 11. Tomacorriente con protección para intemperie, 125V/15A.



Figura 12. Tomacorriente + USB doble, 125-250V/15A, USB (2.1A – 1A).

## 5. Problemas comunes

Pueden existir diferentes situaciones por la cual no puede funcionar el sistema fotovoltaico.

### 5.1 El sistema deja de funcionar después del mantenimiento

Se debe verificar que todas las conexiones eléctricas estén de manera correcta y verificar su voltaje, como se puede observar en la figura 1; la conexión de la batería que es la única en la que está conectado con lagartos hacia el inversor de corriente, posiblemente sea la única que se desconecte.

### 5.2 El sistema no funciona después de conectar un dispositivo de alto consumo.

El SFV cuenta con un mecanismo de protección compuesto por un break de 6 amperios y 110 voltios, que lo protege contra sobrecargas. Se debe verificar si el break está en estado “Encendido”, en caso contrario se debe desconectar todos los dispositivos móviles y verificar la salida de potencia.

### 5.3 El sistema deja de cargar los dispositivos móviles en la noche, pero funciona la iluminación.

La iluminación y la salida de potencia se encuentran conectados a una pequeña extensión a la salida del inversor. Primeramente, se debe verificar la salida de la extensión

y luego las conexiones eléctricas del tomacorriente, finalmente verificar el voltaje. Tomar las medidas necesarias.

#### **5.4 No existe voltaje a la salida de los paneles solares.**

Este problema significa que exista un cortocircuito o este desconectado a la salida de los paneles en los MC4 en su conexión en paralelo. Para verificarlo hay que medir el voltaje la salida de los cables en el controlador de carga; quitar en la parte superior la tapa en donde existe una lampara y revisar las conexiones eléctricas.

#### **5.5 La iluminación se enciende en el día.**

La iluminación cuenta con un sensor crepuscular sensible a la luz, se puede regular según la cantidad de lúmenes que percibe. Se puede regular la sensibilidad y tiempo de iluminación, retirando la tapa roscable del sensor y ajustando al resultado deseado.

### *6. Mantenimiento*

#### **6.1 Mantenimiento preventivo**

Todo tipo de sistema fotovoltaico necesita un mantenimiento periódico, principalmente: limpieza de paneles solares, revisión de operación de equipos y componentes a fin de garantizar un buen funcionamiento del sistema.

Antes de realizar el mantenimiento se necesita desconectar la salida de los paneles en el controlador de carga

En todas las salidas del sistema se debe verificar que el voltaje se encuentre dentro de los límites que especifica cada equipo.

Evitar desconectar los conectores MC4 mientras estén conectados al controlador de carga, esto disminuye la vida útil del controlador.



## **6.2 Mantenimiento regular.**

### **Inspección visual**

Observar el estado de los paneles solares; determinar si el vidrio tiene rayones o defectos de cada panel. En caso de existir algún desperfecto verificar el voltaje de salida en el panel.

Al observar la estructura, verificar si se encuentra sucia o roto el acrílico, lo cual se debe tomar medidas de limpieza o cambio del acrílico.

### **Limpieza**

Se debe limpiar la superficie de los paneles solares de forma regular; utilice un paño o trapo con abundante agua, evitar usar líquidos de limpieza que contienen ácidos químicos fuertes, esto dañaría la superficie de las células solares.

Al limpiar la estructura metálica se puede utilizar un trapo húmedo con detergente regular y abundante agua; tener el debido cuidado en la caja de equipos eléctricos y salidas de potencia para evitar un cortocircuito.

Los equipos eléctricos y mecánicos se deben limpiar con un trapo seco para evitar cortocircuitos o daños permanentes en los equipos.

### **Control de equipos, conexiones y cableado.**

Verificar que las conexiones estén conectadas en su lugar; observe que no haya cables sueltos, cortados o con señales de destrucción por roedores o situaciones atenuantes.

Inspeccionar que los equipos eléctricos y mecánicos del sistema, observar si tienen algún deterioro, golpe o fractura que pueda inutilizar los equipos o afecte su funcionamiento.

Mantener limpios los equipos eléctricos en el interior de caja de seguridad, sacudir y limpiar constantemente con las precauciones necesarias.

Verificar que el sistema funcione correctamente luego de cada limpieza.

### 7. Verificación de voltajes

Para que el sistema mantenga un funcionamiento correcto se debe tener en cuenta que cada equipo del sistema tiene un voltaje dentro de cierto rango considerado normal.

En la siguiente tabla se detalla los componentes y los valores de voltaje en los cuales deben mantenerse.

*Tabla 7. Valores de voltaje en la salida de los equipos eléctricos.*

<b>Equipos</b>	<b>Rango de voltaje (V)</b>
Paneles solares	(12-25.9) VDC
Controlador de carga	(12-13) VDC
Batería	(12-13) VDC
Inversor	(110-117) VAC
Tomacorriente	(110-117) VAC
Tomacorriente USB	(5.17) VDC