



# INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en  
Mecánica Automotriz**

**Autores:** Xavier Rubén Solís Lopezdomínguez

Luis Enrique Baidal Andrade

**Tutor:** Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.

**Comprobación de un Sistema de Árbol Eléctrico mediante Paneles  
Solares Mono cristalinos para Recarga de Bicicletas Eléctricas**



### **Certificado de Autoría**

Nosotros, Luis Enrique Baidal Andrade y Xavier Rubén Solís Lopezdomínguez, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

Luis Enrique Baidal Andrade

C.I.: 0940349962

---

Xavier Rubén Solís Lopezdomínguez

C.I.: 0956317606

## **Aprobación del Tutor**

Yo, Fernando Gómez Berrezueta, certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

---

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC

Director de Proyecto

## **Dedicatoria**

Dedicamos este proyecto con profunda gratitud a Dios, quien nos ha bendecido con salud, vida y fortaleza.

Reconocemos que sin Su guía y protección, no habríamos llegado hasta aquí. A nuestros amados padres, les agradecemos de todo corazón por su inmenso amor, paciencia y esfuerzo.

*Luis Enrique Baidal Andrade*

*Xavier Rubén Solís Lopezdomínguez*

## **Agradecimiento**

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Dios por permitirnos alcanzar una de nuestras metas más importantes: culminar nuestra carrera universitaria en Ingeniería Automotriz.

A nuestros padres y docentes de la universidad que han inculcado grandes valores y principios en nosotros para sobrellevar todas las

Adversidades que se nos presentan en nuestra vida.

finalmente quiero expresar mi más grande gratitud al

Ing. Fernando Gómez, principal colaborador durante todo este proceso, con su dirección, discernimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este Proyecto.

*Luis Enrique Baidal Andrade*

*Xavier Rubén Solís Lopezdomínguez*

## Índice General

Certificado de Autoría.....	3
Aprobación del Tutor .....	4
Dedicatoria.....	5
Agradecimiento.....	6
Índice de Figuras.....	11
Tabla de Ecuaciones .....	13
Resumen.....	14
Abstract.....	15
Capítulo I .....	16
Antecedentes .....	16
1.1 Planteamiento del Problema .....	16
1.2 Formulación del Problema.....	17
1.3 Sistematización del Problema.....	18
1.4 Objetivos de la investigación.....	18
1.4.1 <i>Objetivo Principal</i> .....	18
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	18
1.5 Justificación y Delimitación de la Investigación .....	18
1.5.1 <i>Justificación Teórica</i> .....	19
1.5.2 <i>Delimitación Temporal</i> .....	19
1.5.3 <i>Delimitación Geográfica</i> .....	19
1.5.4 <i>Delimitación Geográfica</i> .....	19
1.6 Hipótesis .....	19
Capitulo II.....	20
2.1 Beneficios del Sistema.....	20

2.1.1	<i>Utiliza la Energía Solar</i> .....	20
2.2	Equipos de Comprobación.....	21
2.2.1	<i>Multímetro</i> .....	21
2.2.2	<i>Medidor de Energía Solar</i> .....	22
2.2.3	<i>Paneles Solares</i> .....	23
	23	
2.2.4	<i>Panel Solar Monocristalino 300W</i> .....	24
2.2.5	<i>Paneles Solares Policristalinos 150W</i> .....	25
2.3	Baterías Solares.....	26
2.3.1	<i>Batería de Gel 12v-100ah Ref. FLG 121000</i> .....	27
2.3	UPS Híbrida 1 - 3 Kva.....	27
2.3.1	<i>Ventajas de Instalar Paneles Solares Monocristalinos</i> .....	29
2.4	Paneles Solares Monocristalinos.....	29
2.4.1	<i>Sistemas Fotovoltaicos Monocristalinos</i> .....	30
2.5	Paneles Solares Monocristalinos.....	30
	Capítulo III.....	32
3.1	Componentes del Árbol Solar.....	32
3.1.1	<i>Instalación de las Bases</i> .....	32
3.1.2	<i>Instalación del Tronco</i> .....	33
3.1.3	Medir la Base .....	33
3.2	Procedimiento .....	34
3.2.1	<i>Armado del Árbol</i> .....	34
3.2.2	<i>Fijado del Árbol</i> .....	34
3.2.3	<i>Puesta de Paneles</i> .....	35
3.2.4	<i>Conectar los Equipos</i> .....	36
3.2.5	<i>Fabricación del Espacio de Almacenamiento de Equipos Eléctricos</i> .....	37

3.3	UPS Híbrida 1 - 3 Kva .....	38
3.4	Panel Solar Monocristalino 300W .....	39
3.5	Batería de Gel 12V-100AH REF. FLG 121000.....	40
3.6	Paneles Solares Policristalinos 150W .....	40
3.7	Pruebas del Multímetro.....	41
3.7.1	<i>Comprobación con el Móvil.....</i>	41
3.7.2	<i>Comprobación con Multímetro.....</i>	41
3.7.3	<i>Comprobación de los Parámetros Eléctricos del Inversor.....</i>	42
3.7.4	<i>Medir la Corriente de una Placa Solar .....</i>	45
3.8	Valores .....	46
3.9	Plan de mantenimiento.....	46
3.9.1	<i>Tipos de mantenimiento .....</i>	46
3.9.2	<i>Principales fallas .....</i>	46
3.9.3	<i>Mantenimiento a paneles solares.....</i>	47
3.9.4	<i>Mantenimiento a inversores.....</i>	48
3.9.5	<i>Mantenimiento a conexiones y protectores.....</i>	48
3.9.6	<i>Mantenimiento a estructura y montaje .....</i>	48
	Capítulo IV.....	50
4.1	Análisis de Datos .....	50
4.2	Datos .....	50
4.3	Especificaciones y Selección .....	51
4.4	Tipos de Pruebas de los Paneles Monocristalinos .....	51
4.4.1	<i>Inspección Visual .....</i>	51
4.4.2	<i>Termografía infrarroja .....</i>	51
4.4.3	<i>Electroluminiscencia.....</i>	52
4.4.4	<i>Fotoluminiscencia.....</i>	53

4.5	Procedimientos Técnicos de Comprobación para los Procesos de Carga y Descarga....	54
4.5.1	<i>Curvas IV</i> .....	54
4.5.1	<i>Traslación de la Curva I-V A Stc</i> .....	55
4.6	Comprobaciones del Sistema de Paneles Solares .....	56
4.6.1	<i>Medida de la Irradiancia</i> .....	56
4.6.2	<i>Medida de la Temperatura del Modulo</i> .....	57
4.6.3	<i>Influencia de la Temperatura y de la Irradiancia</i> .....	58
	Conclusiones .....	60
	Recomendaciones .....	61
	Bibliografía .....	62

## Índice de Figuras

Figura 1 Energía Solar .....	21
Figura 2 Multímetro Digital.....	21
Figura 3 Medidor de Energía Solar.....	22
Figura 4 Árbol Solar .....	23
Figura 5 Panel Solar Monocristalino 300W.....	24
Figura 6 Paneles Solares Policristalinos 150W .....	26
Figura 7 Baterías Powest de 12v.....	27
Figura 8 UPS Híbrida 1 - 3 Kva.....	28
Figura 9 Sistemas Fotovoltaicos Monocristalinos .....	30
Figura 10 Unión de la Base.....	32
Figura 11 Unión de las Bases.....	32
Figura 12 Unión del Tronco.....	33
Figura 13 Midiendo la Base para su Fabricación a Medida.....	33
Figura 14 Armado Completo del Árbol .....	34
Figura 15 Fijado de la Base .....	34
Figura 16 Puesta de Paneles Sobre el Tronco .....	35
Figura 17 Puesta de Todos los Paneles .....	35
Figura 18 Conectar Equipos Powest.....	36
Figura 19 Conectar Equipos a las Baterías .....	37
Figura 20 Cabina de Cemento para un Mejor Cuidado .....	37
Figura 21 UPS.....	38
Figura 22 Paneles en la Copa del Árbol.....	39
Figura 23 Especificaciones .....	40
Figura 24 Prueba Solar con el Equipo Prendido.....	40

Figura 25 Comprobación con el Teléfono celular .....	41
Figura 26 Comprobación con Multímetro .....	42
Figura 27 Comprobación Fórmulas .....	43
Figura 28 Medir la Corriente de una Placa Solar con una Pinza Amperimétrica .....	45

**Tabla de Ecuaciones**

Ecuación 1 Tensión Disminuye al Aumentar la Temperatura .....	43
Ecuación 2 Intensidad Aumenta Ligeramente al Aumentar la Temperatura .....	43
Ecuación 3 Potencia Disminuye al Aumentar la Temperatura .....	43

## Resumen

El título del estudio es "Validación del Sistema de Árbol Eléctrico Utilizando Paneles Solares Mono cristalinos para la Carga de Bicicletas Eléctricas". El problema es que, si bien existen paneles solares y sistemas fotovoltaicos, estos no han tenido un aporte significativo en los últimos años. El objetivo es investigar cómo utilizar los mejores métodos para gestionar de manera eficiente la energía de los paneles solares utilizando un laboratorio remoto. Menciona que en ocasiones es necesario verificar el correcto funcionamiento de los paneles solares, y describe el funcionamiento de una bicicleta eléctrica con batería para almacenamiento de energía y motor eléctrico para asistencia al pedaleo. Cabe señalar que la energía solar es una fuente de energía alternativa eficiente y económica en comparación con otras fuentes de energía renovable. Debido al agotamiento de los combustibles fósiles y su impacto en el medio ambiente, la importancia de las fuentes de energía renovables está aumentando. A pesar de los avances en la tecnología de paneles solares, se ha descubierto que pueden causar algunos problemas comunes. Además, se señaló que los combustibles fósiles siguen siendo la principal fuente de generación de electricidad en la mayor parte del mundo

**Palabras Clave:** Paneles, Paneles solares, Bicicletas Eléctricas, Árbol Eléctrico

## Abstract

The title of the study is "Validation of the Electric Tree System Using Monocrystalline Solar Panels for Charging Electric Bicycles". The problem is that, although there are solar panels and photovoltaic systems, they have not had a significant contribution in recent years. The objective is to investigate how to use the best methods to efficiently manage energy from solar panels using a remote laboratory. He mentions that sometimes it is necessary to verify the correct operation of the solar panels and describes the operation of an electric bicycle with a battery for energy storage and an electric motor for pedaling assistance. It should be noted that solar energy is an efficient and inexpensive alternative energy source compared to other renewable energy sources. Due to the depletion of fossil fuels and their impact on the environment, the importance of renewable energy sources is increasing. Despite advances in solar panel technology, it has been found that they can cause some common problems. In addition, it was noted that fossil fuels remain the main source of electricity generation in most of the world.

**Keywords:** Panels, Solar panels, Electric Bicycles, Electric Tree.

## Capítulo I

### Antecedentes

#### 1.1 Planteamiento del Problema

Los paneles solares han existido a lo largo de varios años, pero aún no hicieron una contribución importante en los últimos años, aunque las plantas de energía solares han surgido no desarrollan toda la capacidad, debemos estudiar cómo aplicar el mejor método para gestionar de manera centrada la eficiencia energética en los paneles solares por laboratorios remotos.

En algunas ocasiones es necesario comprobar el buen funcionamiento de un panel solar. Para poder realizarlo necesitamos: un polímetro o multímetro o bien una pinza amperimétrica y otros equipos adicionales. Una bicicleta eléctrica es similar a una bicicleta convencional “de las de siempre” pero que cuenta con una serie de añadidos para que pueda pedalear por nosotros. Las bicicletas eléctricas llevan una batería que es la encargada de almacenar la energía y suele ser de plomo o de litio. Normalmente, esta batería nos da una autonomía de unos 30 Km. El acumulador se suele ubicar en la parrilla trasera o en la zona media de la bicicleta, bajo el asiento. Como es lógico, nuestra bicicleta eléctrica también tendrá un motor eléctrico de tipo in-Wheel, es decir, integrado en la propia rueda.

La zona media del vehículo es el lugar más habitual en el que encontrar el acumulador, mientras que, en los pedales, se incluye un sensor que sirve para detectar si el conductor va o no pedaleando. Finalmente, en el manillar se inserta el controlador del sistema, que sirve para visualizar la carga de la batería y regular la intensidad de la asistencia eléctrica. El acelerador suele ser de giro (como el que disponen las motocicletas) o, simplemente, un botón.

Actualmente la energía solar se presenta como una de las alternativas más eficientes y de valor económico más accesible en comparación de otros tipos de energías renovables.; se define que un sistema de energía renovable sea eficiente, este debe de capturar la mayor

cantidad de energía recibida en un lugar determinado

La energía solar. Está formada por una serie de gases calientes y los más abundantes son: hidrógeno 71% y helio 21%. Estos gases son convertidos en energía en el núcleo del Sol y esta energía que se genera es liberada desde el interior del Sol hasta el Sistema Solar en forma de luz y calor. La luz y el calor que se liberan por el Sol, son la energía que nos llega a la Tierra y hace posible la vida en ella.

La tecnología de fabricación de paneles solares ha mejorado mucho en los últimos años. Hoy en día es posible encontrar placas solares a mejor precio y con una calidad superior a las que se fabricaban antaño, tanto es así que estas ofrecen una vida útil de hasta 25 años e incluso 30. Por supuesto, todo depende del uso que se le haga y del mantenimiento. Ahora bien, a pesar de que las placas solares han mejorado de manera considerable, es importante saber que estas también pueden presentar ciertos problemas de vez en cuando y que estos son bastante comunes, sobre todo cuando se apuesta por placas solares de calidad reducida y precios mucho más bajo

## **1.2 Formulación del Problema**

Sabiendo que en la actualidad el tema de energías renovables es un tema preocupante para los países debido a la sobreexplotación y el agotamiento de los combustibles fósiles, y el alto nivel de contaminación e impacto ambiental que producen, el hombre se ha visto en la necesidad de buscar fuentes energéticas renovables que permitan la manutención del equilibrio de los ecosistemas.

La obtención, transformación y aprovechamiento de la energía es un ámbito de primer orden para las sociedades modernas. Durante el siglo pasado, las principales fuentes de energías utilizadas para generar electricidad fueron los combustibles fósiles, la hidroelectricidad y, desde la década de 1950, la energía nuclear. A pesar del fuerte crecimiento de las energías renovables en los últimos años, los combustibles fósiles siguen dominando en la mayor parte

del mundo. Su uso para la generación de electricidad sigue aumentando tanto en términos absolutos como relativos: en 2017, los combustibles fósiles generaron el 64,5 % de la electricidad mundial, en comparación con el 61,9 % en 1990.

### **1.3 Sistematización del Problema**

- ¿Cuáles son los circuitos para comprobar en los sistemas fotovoltaicos?
- ¿Cuáles son los procesos de comprobación y equipos utilizados en el árbol eléctrico para los vehículos eléctricos para micro movilidad?
- ¿Qué normativa sobre paneles solares del árbol eléctrico se considera el momento de realizar las comprobaciones?

### **1.4 Objetivos de la investigación**

#### ***1.4.1 Objetivo Principal***

- Comprobar un sistema de árbol fotovoltaico mediante paneles mono cristalinos para recarga de bicicletas eléctricas considerando la norma NTE INEN-IEC 62253

#### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

- Determinar los tipos de pruebas de los paneles mono cristalinos para recarga de bicicletas eléctricas.
- Definir los procedimientos técnicos de comprobación para los procesos de carga y descarga de los elementos del árbol eléctrico.
- Realizar las comprobaciones del sistema de paneles solares del árbol eléctrico considerando los tipos de equipos recomendados.

### **1.5 Justificación y Delimitación de la Investigación**

La presente investigación se enfocará en comprobar los elementos de un sistema de árbol eléctrico que utilice paneles mono cristalinos utilizados en la recarga de bicicletas eléctricas.

### ***1.5.1 Justificación Teórica***

Para implementar el árbol de energía solar, se realizará la comprobación de un sistema fotovoltaico, uno de los elementos más importantes son los paneles solares que se utiliza, por ello se recomienda que elijas aquellos de mejor calidad y marca reconocida.

Esto con el fin de que brindes una mayor eficiencia al sistema voltaico, sin embargo, es necesario aclarar que, a pesar de que se utilice los mejores, en algún momento estos se irán desgastando, esto por el paso del tiempo, los cambios de clima, condiciones ambientales, etc.

### ***1.5.2 Delimitación Temporal***

El proyecto se lleva desarrolla desde el mes de enero de 2023 hasta julio de 2023, periodo de tiempo en el que se permite ejecutar la investigación y desarrollar el proyecto.

### ***1.5.3 Delimitación Geográfica***

El sistema de árbol eléctrico de paneles mono cristalinos se implementó y se comprueba en La Universidad Internacional del Ecuador, sede Guayaquil en la Escuela de Ingeniería Automotriz.

### ***1.5.4 Delimitación Geográfica***

Se determinó los tipos de equipos para estimar el potencial solar en la Universidad Internacional del Ecuador para un sistema de árbol solar con paneles mono cristalinos, Paneles Fotovoltaicos, Controladores de Carga, Inversores de Corriente y Baterías.

## **1.6 Hipótesis**

La Comprobación de un árbol solar en la Escuela de Ingeniería Automotriz permitirá mejorar la eficiencia de la energía solar, y servirá como fuente de energía renovable y amigable con el medioambiente.

## Capítulo II

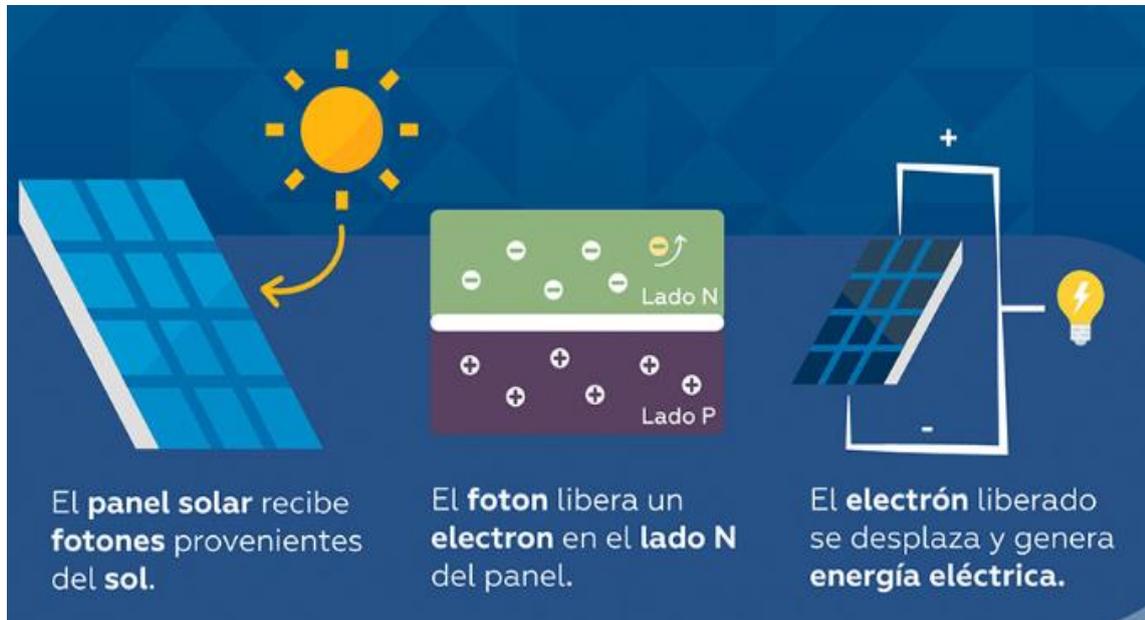
### 2.1 Beneficios del Sistema

La energía solar surge como una nueva alternativa de consumo de energía responsable con el medio ambiente, ante el impacto generado por la energía no renovable. Entre sus beneficios se destaca que es una fuente renovable e ilimitada de energía. Además, es considerada la fuente de energía más limpia, ya que no produce gases de efecto invernadero ni subproductos peligrosos para el medio ambiente, lo que ayuda a combatir el calentamiento global. A pesar de la inversión inicial en la fabricación de los componentes y la instalación, el costo de aprovechamiento de la energía solar es bajo, e incluso puede resultar más económico que adquirir energía de la red.

Su disponibilidad en todo el planeta la convierte en la mejor opción para proveer electricidad a lugares aislados, donde el costo de instalar líneas de distribución sería excesivo. La tecnología fotovoltaica y solar térmica permite convertir la energía solar en electricidad de manera eficiente. Además, la energía solar contribuye al desarrollo sostenible, generando empleo en las áreas donde se instala y reduciendo el uso de combustibles fósiles, así como las importaciones energéticas.

#### 2.1.1 *Utiliza la Energía Solar*

Esta nueva alternativa se implementa en hogares ya que el sol es la fuente de energía más fuerte que tenemos al alcance y podemos aprovecharlo (ver figura 1), empresas y ciudades, que la pueden aprovechar para realizar sus actividades cotidianas, desarrollar proyectos sostenibles, reducir el consumo de energía eléctrica y estar a la vanguardia en proyectos de innovación tecnológica.

**Figura 1***Energía Solar*

Fuente: (Astrum, 2020)

## 2.2 Equipos de Comprobación

### 2.2.1 Multímetro

**Figura 2***Multímetro Digital*

## 2.2.2 Medidor de Energía Solar

**Figura 3**

*Medidor de Energía Solar*



Specification:  
 Model: SM206  
 Resolution: 0.1W/m<sup>2</sup>, 0.1Btu/(ft<sup>2</sup>-h)  
 Range Error: ±10W/m<sup>2</sup> (±3Btu/(ft<sup>2</sup>-h) or ±5% of measured value  
 Temperature Error: ±0.38W/m<sup>2</sup>/°C ±0.12Btu/(ft<sup>2</sup>-h)/°C deviation at 25°C  
 Display: 3-3/4 LCD display, maximum 3999  
 Overload Display: "OL"  
 Shifts: <±3% /year  
 Measurement Range: 0.1-399.9W/m<sup>2</sup>, 1-3999W/m<sup>2</sup>, 0.1-399.9Btu/(ft<sup>2</sup>-h), 1-3999Btu/(ft<sup>2</sup>-h)  
 Sampling Time: 2.5 seconds/time  
 Operating Temperature and Humidity: 0~40°C, <80%RH  
 Storage Temperature and Humidity: -10~50°C, <70%RH  
 Battery: 9V battery (NOT included)  
 Size: 132\*65\*38mm / 5.2\*2.6\*1.5in  
 Weight: 325g / 11.5oz (approx.)

Package list:  
 1 \* Solar Radiation Measuring Instrument (battery is NOT included)  
 1 \* User Manual  
 1 \* Packing Box

Fuente: (Made-in-china, 2023)

La iluminación solar a través de paneles solares para hogares y empresas se presenta como una opción que mejora la eficiencia en el consumo de energía y reduce los costos eléctricos, convirtiéndose en una alternativa energética. Para un uso correcto de los equipos se debe usar equipos como el multímetro (ver figura 2) para poder revisar lo básico del sistema junto con el medido de energía solar (ver figura 3) muy necesario ya que al trabajar con energía solar es indispensable.

### 2.2.3 Paneles Solares

En el campo de la tecnología, encontramos cargadores solares que permiten cargar dispositivos como teléfonos móviles, tabletas, computadoras, linternas y otros electrodomésticos que funcionan con energía solar y puede ser disfrazado como un árbol (ver figura 4). Además, la energía solar fotovoltaica puede ser utilizada por compañías suministradoras de electricidad para generar una gran cantidad de energía que luego venden. También es ideal para proporcionar energía a lugares remotos y de difícil acceso, donde la conexión a la red eléctrica es complicada. En el ámbito espacial, la energía solar es uno de los principales métodos de abastecimiento para los satélites en órbita. Además, la energía solar se utiliza como una alternativa para el bombeo de agua en el riego de plantaciones en lugares alejados sin acceso a la red eléctrica. También se han desarrollado postes de energía y señales de tráfico que funcionan con luz solar, así como sistemas de alumbrado público en las ciudades. Según informes de Greenpeace, la energía solar podría suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial para el año 2030.

#### Figura 4

*Árbol Solar*



Fuente: (Hisour, 2020)

#### **2.2.4 Panel Solar Monocristalino 300W**

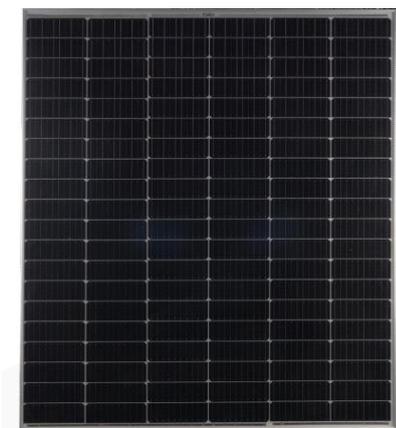
El Panel Solar Monocristalino de 300W ofrece una durabilidad excepcional en comparación con otros módulos fotovoltaicos disponibles en el mercado. Está diseñado específicamente para resistir y funcionar de manera óptima en condiciones adversas, lo que lo convierte en una opción ideal para proyectos que requieren una mayor resistencia y durabilidad a largo plazo.

Este panel solar también se destaca por su alto rendimiento energético. Su vidrio y cristal texturizado avanzado de alta transmisión permiten una mayor eficiencia y transmisión de energía solar, lo que se traduce en una mayor producción de electricidad. Además, su diseño innovador en las celdas solares contribuye a reducir los costos y los tiempos de instalación, lo que brinda una mayor eficiencia en todo el proceso.

Con el Panel Solar Monocristalino de 300W (ver figura 5), los usuarios pueden obtener un rendimiento excepcional y confiable, incluso en condiciones desafiantes. Ya sea para aplicaciones residenciales, comerciales o industriales, este panel solar ofrece una solución duradera y eficiente para aprovechar al máximo la energía solar y reducir los costos energéticos

#### **Figura 5**

*Panel Solar Monocristalino 300W*



Fuente: (Powsest, 2023)

### **2.2.5 Paneles Solares Policristalinos 150W**

Los paneles fotovoltaicos POWEST policristalinos el panel de policristalinos de 150 w (ver figura 6) son una opción ideal para una variedad de aplicaciones, desde plantas de energía a gran escala hasta instalaciones residenciales y comerciales. Estos paneles cumplen con las normas internacionales de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC 61215, IEC 61730), lo que garantiza su calidad y confiabilidad.

Para asegurar su rendimiento óptimo y durabilidad, nuestros paneles fotovoltaicos han sido sometidos a rigurosas pruebas. Estas pruebas incluyen exposición a exteriores, pruebas de aislamiento, resistencia a puntos calientes, acondicionamiento ultravioleta (UV), pruebas de clima (como humedad-calor, ciclo térmico y humedad-congelación), carga mecánica, fuga de corriente con humedad, empuje, impacto de granizo y continuidad de conexión a tierra.

Entre las principales características de nuestros paneles se encuentra un diodo de derivación que minimiza las pérdidas de potencia causadas por la sombra. Además, ofrecen una alta eficiencia de conversión del módulo, alcanzando hasta un 15,88%, gracias a nuestra innovadora tecnología de fabricación. Estos paneles también cuentan con células solares de alta eficiencia, vidrio templado con encapsulado EVA y película de protección contra el medio ambiente, y un marco de aluminio anodizado que proporciona una protección eficiente incluso en condiciones ambientales extremas. Además, son a prueba de agua según los estándares UL94 y VO.

Con estas características y pruebas exhaustivas, nuestros paneles fotovoltaicos POWEST policristalinos son una elección confiable y eficiente para cualquier proyecto que requiera energía solar.

**Figura 6***Paneles Solares Policristalinos 150W*

Fuente: (Powsest, 2023)

**2.3 Baterías Solares**

Batería Powest. (ver figura 7) Fácil y de uso múltiple es una Fuente de alimentación para Dispositivos de energía Ininterrumpida (UPS) o para sistema de potencia Eléctrica (EPS), Paneles Solares con una excelente Alimentación de reserva de energía ante cualquier emergencia.

La batería para paneles solares es el sistema que permite almacenar la energía excedentaria que producen los módulos fotovoltaicos. Esta energía almacenada podemos utilizarla posteriormente, durante las horas que no hay luz solar y nuestra instalación fotovoltaica no produce energía.

**Figura 7***Baterías Powest de 12v***2.3.1 Bateria de Gel 12v-100ah Ref. FLG 121000****2.3 UPS Híbrida 1 - 3 Kva**

La UPS (ver figura 8) híbrida POWEST, con capacidades de 1 a 3 Kva, es un sistema inteligente de gestión de energía diseñado para ofrecer un suministro ininterrumpido de energía. Equipada con un controlador MPTT, esta UPS es capaz de gestionar eficientemente la energía proveniente de sistemas de baterías, paneles solares, generadores eólicos y red eléctrica. Esto permite crear un sistema aislado sin cortes de luz, adaptándose a diferentes necesidades y prioridades a través de sus 19 modos de funcionamiento.

Entre las características destacadas de la UPS POWEST se encuentra su señal de salida de onda senoidal pura, que garantiza la calidad de la energía suministrada. Además, cuenta con un controlador de carga solar MPPT que optimiza la captación de energía solar. El rango de tensión de entrada es seleccionable, lo que permite adaptar el sistema a diferentes electrodomésticos y ordenadores personales. También se puede ajustar la corriente de carga según las necesidades de la aplicación.

La UPS POWEST es compatible tanto con la red eléctrica como con generadores, ofreciendo flexibilidad en su uso. Cuenta con funciones de protección contra sobrecarga y cortocircuito, así como un diseño de cargador de batería inteligente para un rendimiento optimizado de la batería. Otras características incluyen la función de arranque en frío, que permite su funcionamiento en condiciones de baja temperatura, y la posibilidad de operar en paralelo con hasta 6 unidades, lo que proporciona una mayor capacidad de potencia y redundancia.

Además de sus características de gestión de energía, la UPS POWEST puede integrarse de manera eficiente con sistemas de energía solar y generación eólica, lo que la convierte en una solución ideal para aplicaciones de energía renovable. Su capacidad de carga solar y su enfoque en la eficiencia energética hacen de esta UPS una opción confiable y sostenible para respaldar sistemas de energía críticos, como bicicletas eléctricas y otros dispositivos.

### **Figura 8**

*UPS Híbrida 1 - 3 Kva*



Fuente: (Powest UPS, 2023)

### ***2.3.1 Ventajas de Instalar Paneles Solares Monocristalinos***

Los paneles solares monocristalinos se han vuelto extremadamente populares debido a sus destacadas características técnicas y su atractivo precio. Estos paneles permiten cubrir las necesidades eléctricas de hogares y oficinas al trabajar con energía solar, lo que resulta en un ahorro significativo en los costos de electricidad. Si estás interesado en aprovechar la energía renovable, es importante que conozcas las ventajas de instalar paneles solares monocristalinos.

La instalación de paneles solares monocristalinos presenta una serie de beneficios. En primer lugar, su eficiencia energética es notable, lo que significa que son capaces de generar más electricidad por metro cuadrado en comparación con otros tipos de paneles solares. Esto se traduce en una mayor producción de energía y, a su vez, en un mayor ahorro en los costos de electricidad a lo largo del tiempo. Además, los paneles solares monocristalinos tienen una larga vida útil, lo que garantiza un rendimiento sostenido a lo largo de los años. También son altamente resistentes a condiciones climáticas adversas, lo que los convierte en una opción confiable y duradera. Por último, su diseño estético y elegante se adapta fácilmente a diferentes estructuras, lo que agrega valor estético a tu hogar u oficina.

### **2.4 Paneles Solares Monocristalinos**

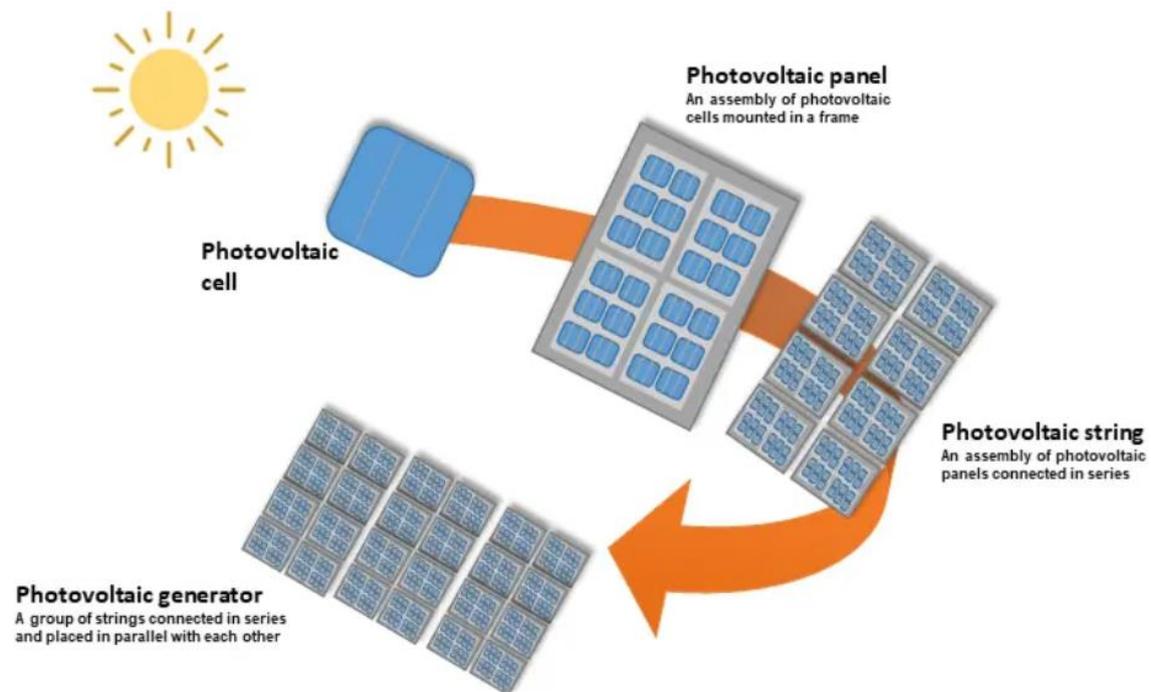
Los paneles solares mono cristalinos (ver figura 9) se caracterizan por tener una estructura compuesta por un único cristal continuo de color plano. Estos paneles están disponibles en tonalidades como el gris oscuro, azul oscuro y negro.

Con el fin de mejorar el rendimiento y reducir los costos de venta de los paneles solares mono cristalinos, durante su proceso de fabricación se realiza un corte cilíndrico en los cuatro lados. Esto permite obtener obleas de silicio de alta pureza, lo cual contribuye a la eficiencia y calidad del panel solar.

### 2.4.1 Sistemas Fotovoltaicos Monocristalinos

**Figura 9**

*Sistemas Fotovoltaicos Monocristalinos*



Fuente: (Hisour, 2020)

## 2.5 Paneles Solares Monocristalinos

Los paneles solares mono cristalinos presentan varias ventajas destacadas. En primer lugar, tienen un alto nivel de eficiencia en comparación con otros sistemas fotovoltaicos, ya que pueden absorber hasta el 20% de la energía solar disponible y transmitirla al lugar deseado. Además, ofrecen una larga vida útil, con garantías que pueden llegar hasta los 25 años, e incluso pueden funcionar de manera óptima durante 50 años. Esta durabilidad es un elemento muy atractivo de los paneles mono cristalinos.

Otra ventaja significativa es su capacidad de producción de electricidad. Estos paneles pueden generar hasta cuatro veces más electricidad en comparación con otras placas solares, lo que significa que pueden satisfacer las necesidades energéticas de manera más eficiente,

permitiendo mantener los equipos conectados sin problemas. Además, su potencia es destacable, ya que pueden ofrecer una alta potencia en un tiempo reducido.

La fabricación de los paneles solares mono cristalinos es más elaborada debido a su uso de silicio 100% puro y de alta calidad. Esto hace que el proceso de fabricación sea más exigente, pero también contribuye a su eficiencia y rendimiento en la conversión de energía renovable a electricidad. Asimismo, su funcionamiento es excepcional, incluso en condiciones de baja luminosidad, lo que demuestra su capacidad de adaptación a diferentes entornos.

Si bien es cierto que los paneles solares mono cristalinos tienen un precio más elevado en comparación con los policristalinos, su alta eficiencia y capacidad de absorción de energía solar para convertirla en electricidad hacen que su calidad-precio sea muy favorable. Esta inversión no solo reduce los costos de electricidad a largo plazo, sino que también ofrece una rentabilidad sostenida durante aproximadamente 50 años, lo cual es muy beneficioso a futuro.

## Capítulo III

### 3.1 Componentes del Árbol Solar

**Figura 10**

*Unión de la Base*



#### 3.1.1 Instalación de las Bases

**Figura 11**

*Unión de las Bases*



Una vez que los equipos se encargaron adelantamos con la instalación del árbol para así tener más tiempo con la instalación de los equipos en el cual se necesitó ayuda (ver figura 11) ya que por su peso y estatura era necesario, el uso de herramientas básica como martillos, llaves de ajuste, etc. Fueron usadas hasta tener unida la estructura completa del tronco del árbol

(ver figura 10).

### 3.1.2 Instalación del Tronco

#### Figura 12

*Unión del Tronco*



### 3.1.3 Medir la Base

#### Figura 13

*Midiendo la Base para su Fabricación a Medida*



Fue necesario unir el tronco en dos partes (ver figura 12) para mayor seguridad luego de medir la base (ver figura 13) para su posterior fabricación en cemento para una mejor estética del proyecto.

## 3.2 Procedimiento

### 3.2.1 Armado del Árbol

**Figura 14**

*Armado Completo del Árbol*



### 3.2.2 Fijado del Árbol

**Figura 15**

*Fijado de la Base*



Unir la estructura de la copa del árbol (ver figura 14) que soportara los paneles solares para una mejor acogida del sol así mismo una vez seca la base de cemento se atornilla (ver figura 15) para asegurar mejor la estructura que perdurara mucho tiempo brindando energía.

### 3.2.3 Puesta de Paneles

**Figura 16**

*Puesta de Paneles Sobre el Tronco*



**Figura 17**

*Puesta de Todos los Paneles*



### 3.2.4 Conectar los Equipos

**Figura 18**

*Conectar Equipos Powest*



Si te encuentras en una zona donde prevalecen condiciones climáticas desfavorables, como niebla, lluvia o tormentas, los paneles solares mono cristalinos son la mejor opción. Esto se debe a que tienen una alta capacidad de absorción de energía renovable, lo que les permite seguir generando electricidad incluso en condiciones climáticas difíciles.

Como sabemos la estructura queda a la intemperie y el uso de estos paneles es la mejor opción y su puesta (ver figura 16) es muy fácil y rápida el desarme de la misma forma viene bien protegido (ver figura 17) esto nos asegura su durabilidad del panel una vez que la estructura ya está puesta podemos ir desempacando la unidad powest (ver figura 18) ya que el armar el árbol no toma mucho tiempo, pero otras cosas si entonces la unidad podemos ir la configurando.

**Figura 19**

*Conectar Equipos a las Baterías*



### 3.2.5 *Fabricación del Espacio de Almacenamiento de Equipos Eléctricos*

**Figura 20**

*Cabina de Cemento para un Mejor Cuidado*



### 3.3 UPS Híbrida 1 - 3 Kva

**Figura 21**

*UPS*



Un espacio para almacenar el equipo (ver figura 10) es necesario ya que por el medio ambiente y las adversidades que se puedan presentar este espacio ayudara a su conservación una vez que encontramos el lugar correcto se atornilla el equipo a la pared para poder trabajar mejor hacemos las conexiones (ver figura 19) esto para que junto con las baterías almacene la energía recolectada una vez que verificamos que todo está bien procedemos a realizar una revisión con el multímetro (ver figura 21).

La energía recolectada en las baterías es una gran ayuda ya que en día nublosos estas baterías ayudaran a que todo continúe igual y las personas puedan usar los servicios del árbol esto es una ayuda muy beneficiosa para el medio ambiente y para la universidad la ubica en un mejor estándar con el ambiente que rodea, ya que el sol es la fuente de energía más grande que tenemos a nuestro alcance.

### 3.4 Panel Solar Monocristalino 300W

**Figura 22**

*Paneles en la Copa del Árbol*



En un futuro sostenible y fascinante, un árbol singular se alza (ver figura 22) en medio de un paisaje eco amigable. Sus hojas, en lugar de ser verdes, están cubiertas de pequeñas células solares que capturan la energía del sol durante el día. A medida que los rayos del sol acarician sus hojas, estas células trabajan incansablemente, transformando la luz solar en energía eléctrica. La savia fluye a través de sus ramas convertidas en cables conductores, llevando la energía hacia las raíces, donde se almacena en baterías naturales. Cuando cae la noche, el árbol ilumina su entorno con una suave luz, proporcionando electricidad renovable y simbolizando un futuro en armonía con la naturaleza.

Luego las especificaciones de las baterías esta aun lado (ver figura 23) y comprobamos que todo está bien una vez que revisamos que el dispositivo enciende sin problemas (ver figura 24).

### 3.5 Batería de Gel 12V-100AH REF. FLG 121000

**Figura 23**

*Especificaciones*

POWEST®	
96112206100296	
Código: NUHIB-7504	
Referencia: POWEST 3KVA	
TIPO: HIBRIDA	
PV ENTRADA	Tensión nominal de operación 80Vdc
	Vmax PV 145Vdc
	PV Rango tensión de entrada 30 -145Vdc
	Isc PV 80A
GRID/AC SALIDA	MPPT rango de tensión 30 ~ 115Vdc
	Tensión nominal de operación 120 VAC
	Corriente nominal de Salida 20A
	Frecuencia nominal 50/60Hz
AC ENTRADA	Potencia 3000VA/2400W
	Factor de potencia=0.8
	Tensión nominal de operación 120VAC
BATERIA CARGADOR	Corriente máxima 25A
	Frecuencia nominal de operación 50/60Hz
Tensión nominal de operación 24VDC	
máxima Corriente de carga en PV 80A/AC 60A	
Temperatura ambiente: -10 ~ + 55 ° C	
Grado de Protección: IP 21	
Clase de Protección I	

### 3.6 Paneles Solares Policristalinos 150W

**Figura 24**

*Prueba Solar con el Equipo Prendido*



### 3.7 Pruebas del Multímetro

#### 3.7.1 Comprobación con el Móvil

**Figura 25**

*Comprobación con el Teléfono celular*



Tener una fuente de energía renovable en el campus será beneficioso ya que dejamos de depender de energías primarias o comunes, es un gran paso y la conservación del mismo debe ser preservada para que las generaciones por venir puedan usar la el enchufe (ver figura 25), luego podemos verificar con cualquier tipo de dispositivo en este caso se utiliza un teléfono junto con su cargado que está conectado al enchufe que está siendo alimentado por el árbol solar dan la energía suficiente para que tenga carga el móvil.

#### 3.7.2 Comprobación con Multímetro

**Figura 26***Comprobación con Multímetro*

Para una mejor certeza de los datos podemos verificar junto con un multímetro (ver figura 26) que nos da el voltaje necesario para una carga optima del dispositivo, la energía solar es sin lugar a duda lo mejor que se puede hacer en energía renovables ayudamos a disminuir la huella de carbono y a la utilización de bicicletas eléctricas ya que contamos con un árbol solar que podría verse como una electrolinera

Como se dispone de poco espacio para la instalación de paneles solares, es preferible optar por los paneles mono cristalinos que están en la copa del árbol. De esta manera, podrás instalar únicamente la cantidad necesaria de paneles para obtener la energía solar requerida y cumplir con tus necesidades energéticas

### **3.7.3 *Comprobación de los Parámetros Eléctricos del Inversor***

**Figura 27***Comprobación Fórmulas*

CRITERIOS DE COMPROBACIÓN DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL INVERSOR		
1.- Potencia máxima	P(max)	Nº max paneles
	376.2	11.96
2.- Intensidad de entrada	I (max)	Nº max series en paralelo
	9.01	1.22
3.- Intensidad de cortocircuito	Isc (max)	Nº max series en paralelo
	9.51	1.58
4.- Tensión mínima de funcionamiento	Vmp (min)	Nº min paneles serie
	34.22	2.63
5.- Tensión máxima de funcionamiento	Vmp (max)	Nº max paneles serie
	41.13	14.59
6.- Tensión máxima soportada	Voc (max)	Nº max paneles serie
	50.66	11.84

Fuente: (Helioesfera, 2023)

**Ecuación 1:** Tensión Disminuye al Aumentar la Temperatura

$$v_{oc(T_m)} = v_{oc} \cdot (1 + \beta \cdot (T_m - T_{stc}))$$

**Ecuación 2:** Intensidad Aumenta Ligeramente al Aumentar la Temperatura

$$I_{SC(T_m)} = I_{SC} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_m - T_{stc}))$$

**Ecuación 3:** Potencia Disminuye al Aumentar la Temperatura

$$P_{PMP(T_m)} = P_{PMP} \cdot (1 + \gamma \cdot (T_m - T_{stc}))$$

( $\beta$  es negativo) La tensión disminuye al aumentar la temperatura.

( $\alpha$  es positivo): La intensidad aumenta ligeramente al aumentar la temperatura.

( $\gamma$  es negativo): La potencia disminuye al aumentar la temperatura.

Potencia máxima se refiere a la capacidad máxima de potencia que el inversor de los paneles solares puede manejar. Normalmente, este valor oscila entre el 15% y el 50% de la potencia nominal de los paneles solares. Esta característica limitará la cantidad máxima de paneles que se pueden conectar en conjunto.

Intensidad de entrada hace referencia a la máxima corriente que cada entrada del inversor puede aceptar para un funcionamiento adecuado. Esta especificación determinará el número máximo de conjuntos de paneles solares que se pueden conectar a cada entrada.

Intensidad de cortocircuito: representa la máxima corriente que el inversor puede tolerar en el lado de corriente continua (c.c.) sin experimentar un fallo. Al igual que la intensidad de entrada, esta característica influirá en la cantidad máxima de conjuntos de paneles que se pueden conectar a cada entrada.

Tensión mínima de funcionamiento también conocida como tensión mínima del Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT), es la tensión mínima que los paneles solares deben proporcionar para que el inversor pueda operar en el modo de seguimiento del punto de máxima potencia. Esta especificación determinará el número mínimo de módulos que se pueden conectar en serie en cada entrada.

Tensión máxima de funcionamiento también conocida como tensión máxima del Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT), es la tensión máxima que los paneles solares pueden proporcionar para que el inversor pueda operar en el modo de seguimiento del punto de máxima potencia. Esta característica influirá en la cantidad máxima de paneles que se pueden conectar en serie en cada entrada.

Tensión máxima soportada se refiere a la tensión máxima que el inversor puede tolerar en el lado de corriente continua (c.c.) sin experimentar un fallo. Al igual que la tensión máxima de funcionamiento, esta característica influirá en la cantidad máxima de paneles que se pueden conectar en serie en cada entrada.

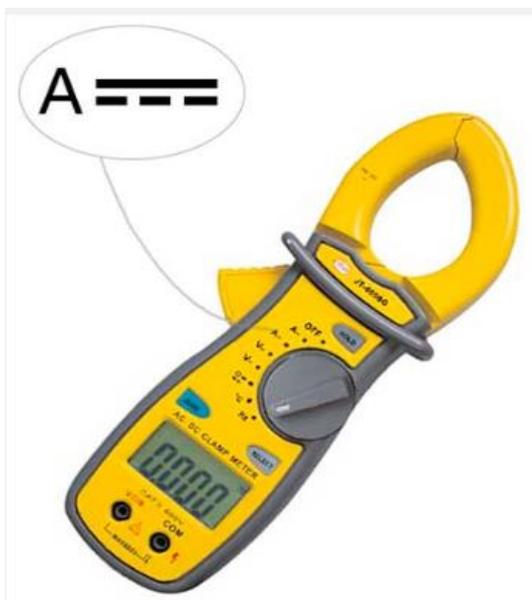
La potencia máxima de un inversor se refiere a la capacidad máxima que puede manejar y suele ser un porcentaje entre el 15% y el 50% de la potencia nominal, lo que limita el número de paneles conectados. La intensidad (ver figura 27) de entrada es la máxima permitida por cada entrada del inversor, determinando el número de strings por entrada. La intensidad de

cortocircuito en el lado de c.c. evita fallos y también influye en el número de strings por entrada. La tensión mínima de funcionamiento (o tensión mínima del MPPT) es crucial para el seguimiento del punto de máxima potencia, limitando los módulos conectados en serie. La tensión máxima de funcionamiento (o tensión máxima del MPPT) afecta al número máximo de paneles en serie. La tensión máxima soportada en el lado de c.c. evita fallos y también determina el número de paneles en serie (Helioesfera, 2023).

#### 3.7.4 Medir la Corriente de una Placa Solar

##### Figura 28

*Medir la Corriente de una Placa Solar con una Pinza Amperimétrica*



Fuente: (Monsolar, 2021)

Para medir la corriente  $I_{sc}$ . Debemos Conectar el cable + con el cable – de la placa solar. De esta forma hacemos pasar el máximo de corriente que puede circular por la placa solar. No hay ningún peligro ya que las limitaciones físicas de la placa solar impiden que se supere el valor  $I_{sc}$ .

Luengo Rodear el cable con la pinza amperimétrica. Si la lectura es negativa significa que el paso de corriente es en el sentido opuesto, pero lo que nos interesa no es la dirección de

la corriente, no su valor. Si giras la pinza obtendrás la lectura positiva (Monsolar, 2021).

Para medir la corriente Imp., debemos conectar la placa solar al regulador como en el funcionamiento normal. Luego Rodear la pinza amperimétrica a cualquiera de los cables que vienen de la placa solar, bien sea el cable+ o el cable-. Si la lectura es negativa significa que el paso de corriente es en el sentido opuesto, pero lo que nos interesa no es la dirección de la corriente, si no su valor. Si giras la pinza o la cambias de cable obtendrás la lectura positiva (Monsolar, 2021).

### **3.8 Valores**

Los valores que obtuvimos gracias a la ayuda de los implementos de medición como el multímetro y el solar, fueron de ayuda en este proceso para conocer los valores de cada uno de los equipos y su correcto funcionamiento.

### **3.9 Plan de mantenimiento**

Para un correcto y óptimo funcionamiento del árbol fotovoltaico, debemos conocer y entender los tres tipos de mantenimiento que este sistema tiene.

#### ***3.9.1 Tipos de mantenimiento***

- Mantenimiento preventivo: busca evitar fallas en el sistema y de sus componentes, para así lograr un óptimo trabajo y extender el tiempo de vida útil del sistema.
- Mantenimiento correctivo: consiste en dar reparación a partes o componentes que sean necesarios para el adecuado funcionamiento.
- Mantenimiento predictivo: consiste en la práctica de utilizar información en tiempo real para realizar medidas preventivas de limpieza o mantenimientos correctivos para evitar futuras fallas. Se busca reducir el impacto en el costo de mantenimientos correctivos y brindar una mayor vida útil a los paneles solares.

#### ***3.9.2 Principales fallas***

Entre las principales fallas en los módulos que se pueden prevenir son:

- **Laminado en degradación:** humedad que puede afectar la estructura y aislante eléctrico entre las celdas y contactos.
- **Delaminación:** signo de las celdas solares por vida útil afectada, se reconoce por laminado viejo o impureza del vidrio.
- **Interconexión afectuosa:** si las soldaduras no cuentan con un buen contacto, se puede generar un estrés mecánico y térmico.
- **Puntos y celdas calientes:** si las celdas solares son obstruidas por sombras, pueden ocasionar que en ciertas zonas del módulo exista una falla de diodo bypass, lo que significa un sobrecalentamiento y disipa calor alcanzando altas temperaturas.

### 3.9.3 *Mantenimiento a paneles solares*

Se recomienda evitar estas acciones, con el fin de no causar daños en los módulos solares:

- **No utilizar esponjas o paños abrasivos:** pueden rayar o dañar el vidrio
- **Evitar utilizar detergentes químicos abrasivos:** estos no son adecuados para superficies delicadas e incluso pueden oxidar el marco de aluminio del panel.
- **No ejercer demasiada presión:** esto podría modificar el ángulo de inclinación de los paneles.
- **Evitar los lavados a presión:** ya que la misma presión del agua podría dañar los marcos.
- **No utilizar agua muy fría:** aunque estos sistemas están diseñados para soportar cambios térmicos, el utilizar agua muy fría en un panel muy caliente podría hacer explotar el cristal.
- **No pisar los paneles solares:** se pueden generar micro fracturas y eso bajaría el rendimiento operativo.

Por el entorno en el que los paneles solares están ubicados, se recomienda hacer la

limpieza cada tres meses. Para la correcta limpieza de los paneles solares, se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Utiliza un paño suave o un cepillo suave en caso de no tener un paño suave a la mano, con un poco de agua desmineralizada.
2. Limpia la superficie de manera suave, sin ejercer una presión riesgosa para el cristal. En caso que el entorno genere una suciedad difícil de remover, repetir el movimiento en círculos cuantas veces sea necesario.
3. Retirar el exceso de agua en la superficie.
4. Pasar un paño para secar.

#### **3.9.4 *Mantenimiento a inversores***

En los inversores tenemos un mantenimiento mayormente visual. Se recomienda una vez al año:

- Comprobar el sellado de la carcasa.
- Inspeccionar de polvo, suciedad o humedad en el interior del inversor.
- Revisar la firmeza de las conexiones de cableados eléctricos.
- Reponer etiquetas de indicaciones.

#### **3.9.5 *Mantenimiento a conexiones y protectores***

Hacer un chequeo visual cada 6 meses y de ser necesario reemplazar lo siguiente:

- Cableado de los paneles solares.
- Protecciones.
- Tuberías.
- Centros de carga.

#### **3.9.6 *Mantenimiento a estructura y montaje***

Al igual que el chequeo visual de las conexiones, se recomienda hacer este mantenimiento cada 6 meses:

- comprobar posibles degradaciones, como son deformaciones, grietas, formación de óxido, etc.
- Comprobar la fijación de los paneles solares a la estructura y en caso de ser necesario reajustar la tornillera.
- Verificar que las perforaciones estén correctamente selladas.
- Comprobar la tierra física.

## Capítulo IV

### 4.1 Análisis de Datos

Los datos obtenidos fueron el resultado de las pruebas en donde pudimos determinar que si era viable el árbol solar por su uso y beneficios que traerá al campus de la universidad.

### 4.2 Datos

En un principio se empezará con la recopilación y análisis del estado del arte del proceso de la Comprobación de paneles solares, una vez que vimos los mejores paneles que se adecuaban a nosotros fue más fácil su instalación y posterior uso para que sirva como electrolinera de bicicletas eléctricas. Los datos obtenidos son:

- Digital Display: 3 ¾, 4000
- Sampling Speed: 3 times per second
- LCD Size: 35 x 25mm
- Range Selection: Auto or Manual
- Polarity Indication: “-” Automatically displayed
- Overload Indication: “OL” Displayed
- Low Battery Indication
- Working Environment: 32°F~104°F (0°C~40°C); <80% RH
- Storage Temperature: 14°F~122°F (-10°C~6°C); <70% RH
- Power: 1.5V AAA Batteries x 2 Included
- Dimensions: 195x68x29mm
- Weight: Approx. 205g
- Safety/Compliances: CAT.III 600V; Pollution Level: 2; Altitude <2000m
- DC Voltage: 400mV/4V/40V/400V/600V ± (0.5%+5)
- AC Voltage: 4V/40V/400V/600V ± (1.0%+5)
- DC Current: 40A/400A ± (2.5%+5)

- AC Current: 40A/400A 50~60Hz:  $\pm (2.5 +5)$ , Other:  $\pm (3.0\% +10)$
- Resistance: 400 $\Omega$ /4K $\Omega$ /40K $\Omega$ /400K $\Omega$ /4M $\Omega$ /40M $\Omega$   $\pm (1.0\%+5)$
- Capacitance: 4nF/40nF/400nF/4 $\mu$ F/40 $\mu$ F/400 $\mu$ F/4mF  $\pm (4.0\%+5)$
- Frequency: 40Hz/400Hz/4kHz/40kHz/400kHz/4MHz  $\pm (1.0\%+3)$
- Duty Cycle: 1~99%  $\pm (3.0\%+3)$
- Package Includes
- 1 x AstroAI 4000 Counts True RMS Digital Clamp Meter
- 1 x Test Leads (Pair)
- x 1.5 V AAA batteries
- 1 x User Manual

### 4.3 Especificaciones y Selección

Las especificaciones de los paneles fueron puestas en el capítulo III en donde detalla cada uno de los paneles y su función.

### 4.4 Tipos de Pruebas de los Paneles Monocristalinos

#### 4.4.1 Inspección Visual

La inspección visual es un método rápido y efectivo para detectar fallos y defectos en módulos fotovoltaicos. Se realiza antes y después de que el módulo haya sido sometido a daños ambientales o a pruebas de esfuerzo eléctricas o mecánicas en el laboratorio. Las pruebas de esfuerzos se utilizan generalmente para evaluar diseños de módulos en la fase previa a la producción y para evaluar la calidad de producción y la vida útil. Este ensayo se debe realizar con unas condiciones de iluminación de al menos 1000 lux tal y como rigen los estándares internacionales

#### 4.4.2 Termografía infrarroja

La termografía infrarroja es la metodología más extendida en la evaluación de plantas

fotovoltaicas ya que es la técnica más rápida y económica. Permite una inspección en tiempo real y sin necesidad de parar la producción y se puede aplicar tanto en condiciones de iluminación como de oscuridad. Su función principal consiste en detectar la distribución de temperatura en el área evaluada estableciendo puntos con mayor o menor emisividad, lo que podría sugerir la presencia de un fallo. La mínima necesidad de instrumentación junto con la capacidad de emplearla sin contacto con el módulo hace que esta técnica sea muy atractiva, pudiéndose realizar con drones aumentando aún más la eficiencia en relación con el coste y tiempo empleado.

Las anomalías típicas detectadas mediante esta técnica son la presencia de un módulo en circuito abierto o no conectado al sistema, cortocircuito provocado por el diodo bypass, conexión incorrecta, PID (Degradación Potencial Inducida), células rotas o defectuosas y sombreados. Para una correcta toma de medidas, es necesario conocer la temperatura atmosférica del aire, la humedad relativa y la distancia al panel, con el propósito de realizar las correcciones necesarias para compensar el efecto del aire que separa los módulos fotovoltaicos de la cámara. Además, se requieren unas condiciones de irradiancia mínima de 600 W/m<sup>2</sup>, velocidad máxima del viento de 4 Bft y cobertura de nubes máxima de 2 okta. El ángulo de visión respecto del módulo de estudio debe ser lo más cercano posible 90° y no menos de 60°. El operador debe evitar las reflexiones tanto de los edificios cercanos, nubes o el propio autorreflexión del operador o cámara. Las mediciones desde la parte posterior de los módulos, siempre y cuando sea posible, son más exactas evitando este tipo de problemas.

#### ***4.4.3 Electroluminiscencia***

La electroluminiscencia (EL) es una de las técnicas empleadas en la inspección de módulos fotovoltaicos más prometedora. Es una tecnología que permite detectar mediante una cámara, la emisión de luz de la célula fotovoltaica sometida a una alimentación de tensión en sus terminales, contrariamente a su comportamiento habitual como generador eléctrico. Las

variaciones de luminiscencia en la superficie son los indicadores de un posible defecto. Debido a que la luz incidente no es necesaria en el proceso de medición, esta técnica se realiza con frecuencia en condiciones de oscuridad, evitando así los procesos de filtrado de la luz solar en la imagen, propios de su realización de forma diurna. Además, la realización de la medida nocturna aporta la ventaja de evitar la parada de la producción.

Sin embargo, esta técnica presenta algunos problemas como el gasto de energía derivado de la inyección de corriente en los módulos, los tiempos de manipulación de los módulos que exceden con creces el tiempo de adquisición de imágenes y los riesgos asociados a la manipulación de paneles. Además, es una técnica costosa que emplea cámaras especializadas con sensores de Si o InGaAs que permiten detectar los fotones a la longitud de onda a la cual son emitidos. Una de las principales ventajas que tiene frente a sus competidoras es la facilidad de detectar de forma precisa la localización de cualquier tipo de defecto, sin necesidad de que estos provoquen un aumento de la temperatura como en el caso de la detección mediante termografía infrarroja.

#### **4.4.4 Fotoluminiscencia**

Las células y a la realización de pruebas en el laboratorio, siendo su aplicación industrial casi marginal. En estos casos la excitación se consigue con una fuente luminosa artificial. No obstante, también se puede emplear para la evaluación de módulos fotovoltaicos. La fotoluminiscencia (PL) es una técnica en la que se excita un módulo con luz, emitiendo este una distribución de intensidad de luminiscencia relacionada con la presencia de defectos. A diferencia de la electroluminiscencia, que se aplica principalmente en paneles fotovoltaicos ya en etapa de funcionamiento, la fotoluminiscencia está más enfocada a la monitorización de los diferentes procesos de fabricación de utilizando en este caso como fuente de excitación la luz solar. Para la obtención de una imagen adecuada, esta se debe tomar con niveles de irradiancia lo suficientemente elevados. Pese a las similitudes entre EL y PL, estas técnicas no aportan

exactamente la misma información. La EL representa la presencia de células rotas con más contraste, observando más claramente los cambios de intensidad que indican una reducción de la conductividad a través de la grieta o rotura. Esta imagen más contrastada ayuda a visualizar otros defectos como el PID. Sin embargo, la PL permite que zonas eléctricamente aisladas sí que emitan luminiscencia, pudiendo así identificar las zonas verdaderamente inactivas.

## **4.5 Procedimientos Técnicos de Comprobación para los Procesos de Carga y**

### **Descarga**

#### **4.5.1 Curvas IV**

La medición de curvas I-V es la técnica más interesante a la hora de evaluar el rendimiento de una planta fotovoltaica ya que aportan información precisa sin necesidad de emplear estimaciones a partir de imágenes. Las medidas se pueden realizar a todos los módulos de forma individual, siendo esta la manera más precisa de detectar los posibles fallos y defectos, pero también la que más tiempo emplea. Para evitar la demora de tiempo y utilizar una menor mano de obra, es habitual tomar la medida de un porcentaje de strings (varios módulos en serie) o arrays (varios string en paralelo) representativo de la planta fotovoltaica obteniendo curvas. Esta característica I-V, estaría formada por la suma de todas las curvas I-V de los módulos que componen la instalación. El número de módulos conectados en serie en un string determina el voltaje de la planta y el número de string conectados en paralelo, su corriente. Cualquier variación en curva I-V del array, string o módulo, afectará al rendimiento total de la planta fotovoltaica por lo que esta técnica nos permite la verificación de dicho rendimiento. La medición de las curvas se puede realizar en diferentes condiciones, siendo la toma de medidas in situ la más ventajosa puesto que no es necesario desmontar los módulos, evitando los tiempos de inactividad, además de los riesgos y costes asociados al desmantelamiento, evitando su transporte al laboratorio de pruebas. Por otro lado, las curvas I-V in situ se ven afectadas por una mayor incertidumbre de medición, que resulta de la dependencia a las condiciones

climáticas y de instalación, y a la imposibilidad de realizarlas en condiciones estándar (STC), lo que dificulta su comparación con los valores nominales facilitados por el fabricante

#### ***4.5.1 Traslación de la Curva I-V A Stc***

Los analizadores o trazadores de curvas I-V, son dispositivos con un diseño compacto y un tiempo de adquisición de datos rápido (en el rango de milisegundos), que utilizan diferentes técnicas para obtener la curva I-V de un string fotovoltaico. El rango de voltaje y corriente del trazador soporta los valores de funcionamiento de la planta, que pueden alcanzar hasta 1500 V de corriente continua y hasta los 15 A de corriente de cortocircuito, en los casos de módulos con células bifaciales y un albedo del 80 %. Los trazadores de curvas I-V más comunes disponibles en el mercado La característica I-V no se puede comparar directamente con la curva nominal, porque tanto la temperatura como la irradiancia del módulo fotovoltaico habitualmente difieren de 25°C y 1000W/m<sup>2</sup>, por lo que la curva debe trasladarse a estas condiciones estándar. Este proceso lo realiza el software del trazador de curvas siguiendo los principios definidos en la norma IEC 60891. La conversión se basa en dos ecuaciones que requieren la entrada de parámetros específicos del módulo fotovoltaico. Los más conocidos son los coeficientes de temperatura de la corriente de cortocircuito y la tensión de circuito abierto, que se especifican en la hoja de características del módulo. Además, el valor de la resistencia en serie interna ( $R_s$ ) es importante para la traslación de la curva, ya que está asociada con pérdidas de energía debido al cableado del módulo fotovoltaico. Por lo general, se deben hacer suposiciones para este valor. Cuanto mayor sea la desviación de la irradiancia medida del valor nominal (1000 W/m<sup>2</sup>), mayor será el impacto de la incertidumbre de  $R_s$ . Para lograr una alta precisión de traslación, se recomienda determinar el valor  $R_s$  “real” con dos mediciones de curva I-V a diferentes irradiancias, que difieran en más de 300 W/m<sup>2</sup>. La revisión de los manuales de operación de los trazadores de curvas I-V ha demostrado que el procedimiento de traslación en la mayoría de los casos no sigue la norma IEC 60891 y el algoritmo de cálculo en

muchos casos no se divulga. Esta falta de transparencia es una deficiencia importante ya que la precisión de los datos no queda clara. Sería útil si al menos fuera posible la exportación de datos de la curva I-V no corregida, ya que esto permitiría al usuario realizar los cálculos manualmente, pero solo algunos proveedores proporcionan esta funcionalidad.

## **4.6 Comprobaciones del Sistema de Paneles Solares**

### ***4.6.1 Medida de la Irradiancia***

Los sensores de irradiancia utilizan habitualmente células de silicio cristalino o un fotodiodo como detector. No se recomienda utilizar un piranómetro como sensor ya que, para estos instrumentos, el largo tiempo de respuesta a la fluctuación de la irradiancia y la capacidad de respuesta espectral de banda ancha hasta 4000 nm puede repercutir en errores de medida. Además, la utilización de sensores de irradiancia c-Si debe considerarse con cuidado, pues su respuesta espectral puede no coincidir al 100% con los módulos fotovoltaicos. En particular, para la inspección de centrales fotovoltaicas con módulos de película fina, se debe considerar el uso de un sensor de irradiancia c-Si filtrado espectralmente para reducir el error de desajuste espectral. La mayoría de los proveedores de trazadores de curvas I-V proporcionan un sensor de irradiancia o un sensor de temperatura específico. Esto puede ser una desventaja si se quiere utilizar dispositivos de mayor precisión, debido a su incompatibilidad. En cualquier caso, el proveedor aclarará los requisitos necesarios para su utilización. Generalmente, las células de referencia deben cumplir con los requisitos reflejados en la norma IEC 60904-2. La calibración de los sensores de irradiancia se realiza mediante laboratorios de calibración que pueden ser independientes o de la propia fábrica. Dependiendo de la metodología de calibración se alcanzan diferentes niveles de incertidumbre (desde  $\pm 0.5\%$  hasta  $\pm 4\%$ ). La incertidumbre más baja se logra si se utiliza como referencia una célula calibrada primaria y si la respuesta espectral del sensor está disponible. Para la calibración en fábrica la incertidumbre es de  $\pm 2.5\%$  o superior. Se debe prestar atención a la emisión de un certificado de calibración que

debe informar sobre la incertidumbre y la validez de la calibración. Un error común a la hora de realizar la inspección del rendimiento de las plantas fotovoltaicas es la incorrecta alineación del sensor de irradiancia y los módulos. Según los requisitos de la norma IEC 60904-1 el sensor de irradiancia debe colocarse coplanarmente con el módulo con una precisión de  $\pm 2^\circ$  en una ubicación representativa cercana del módulo a medir.

#### ***4.6.2 Medida de la Temperatura del Módulo***

La temperatura del módulo fotovoltaico se mide habitualmente con sensores de temperatura que se colocan en la superficie trasera del panel. Se utilizan los siguientes tipos de sensores:

- Sensor de temperatura Pt 100 que requiere una conexión de 4 cables para una medición de temperatura precisa y tiene una incertidumbre inferior a  $0.5^\circ\text{C}$  para el tipo de clase A.
- Sensor de temperatura Pt 1000 que requiere una conexión de 2 hilos y la incertidumbre es superior a  $1^\circ\text{C}$
- Sensor termopar con área del sensor pequeña e incertidumbre superior a  $1^\circ\text{C}$ . Otra opción adecuada para no utilizar sensores en la parte posterior del módulo sería un termómetro de mano de infrarrojos (IR), pero se debe ingresar de forma manual la lectura de temperatura en el trazador de curvas. Un método eficaz para detectar diferentes distribuciones de temperatura en paneles fotovoltaicos es el uso de una cámara de infrarrojos. Estas cámaras se utilizan principalmente para la detección de fallos en los paneles (puntos calientes, diodos bypass defectuosos, fallos de conexión) pero se debe tener en cuenta que la cámara no es el dispositivo más adecuado para medir la temperatura absoluta. Cuando se utilizan sensores de temperatura para determinar la temperatura de la célula bajo la luz solar natural, surgen tres problemas principales: - Se puede observar una considerable dispersión de la temperatura en el área del panel.

Por otro lado, los trazadores de curvas I-V solo tienen un canal de entrada de temperatura. Por lo tanto, la selección de la ubicación del sensor es de particular importancia para evitar errores de medida. Se recomienda utilizar una cámara o termómetro de infrarrojos para escanear el rango de temperaturas del módulo y así encontrar la posición adecuada para su colocación. -Como habitualmente las células solares no son accesibles, la medición se realiza en la parte posterior del módulo. Por lo tanto, la temperatura se ve afectada por la conductividad térmica del encapsulante y demás materiales que forman el módulo. Otros errores de medición pueden surgir de un mal contacto térmico del sensor si no se utiliza pegamento conductor. -En el caso de los módulos fotovoltaicos bifaciales, la parte trasera no debe estar sombreada en un área grande por el sensor de temperatura o cables de conexión. Todos estos problemas se evitan empleando la temperatura de célula equivalente (ECT). El procedimiento se define en la norma IEC 60904-5[14]. La fórmula dada para el cálculo de ECT está basada en la dependencia de la temperatura y la irradiancia del voltaje de circuito abierto de los dispositivos fotovoltaicos. El modelo requiere la entrada de varios parámetros del módulo fotovoltaico y los valores medidos de irradiancia solar y voltaje de circuito abierto. Cabe señalar que este método solo puede ser aplicado si los módulos fotovoltaicos no tienen un nivel de degradación o daños que puedan afectar al voltaje de circuito abierto

#### ***4.6.3 Influencia de la Temperatura y de la Irradiancia***

La temperatura de las células influye mayoritariamente en el valor de tensión de circuito abierto  $V_{oc}$  mientras que el valor de  $I_{sc}$  se mantiene prácticamente constante. La variación de los parámetros eléctricos con la temperatura viene indicada por los coeficientes de temperatura  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  proporcionados por el fabricante en la ficha técnica. Mientras que  $\beta$  y  $\gamma$  son negativos,  $\alpha$  es positivo, lo que significa que, al aumentar la temperatura, la

tensión y la potencia disminuyen, mientras que la intensidad aumenta. Sin embargo, el incremento de intensidad es prácticamente despreciable.

La irradiancia tiene una mayor influencia en la corriente de cortocircuito  $I_{sc}$  disminuyendo de manera proporcional a la misma. La tensión de circuito abierto varía levemente decreciendo con la disminución de irradiancia, pero a efectos prácticos esta variación se puede considerar despreciable. En la Figura 18 se representan varias curvas I-V medidas a diferentes valores de irradiancia para visualizar su influencia.

## Conclusiones

Se puede concluir en primer lugar que, a pesar de los avances tecnológicos en el campo de la energía solar, aún existen desafíos significativos en la implementación efectiva de esta fuente de energía renovable. A pesar de su potencial como alternativa eficiente y económica a los combustibles fósiles, los paneles solares no han logrado un aporte significativo en los últimos años, lo que destaca la necesidad de investigar y mejorar su eficiencia.

En segundo lugar, se evidencia la relevancia creciente de las fuentes de energía renovable en un mundo que busca reducir su dependencia de los combustibles fósiles y mitigar el impacto ambiental. La energía solar se presenta como una opción prometedora en este contexto. Sin embargo, se debe abordar el problema comúnmente asociado con los paneles solares, lo que sugiere que aún hay margen para la innovación y la resolución de problemas técnicos en esta área.

Por último, la persistencia de los combustibles fósiles como la principal fuente de generación de electricidad en muchas partes del mundo subraya la importancia de investigar y promover activamente las fuentes de energía renovable. La transición hacia sistemas más sostenibles y eficientes es esencial para abordar los desafíos actuales relacionados con la disponibilidad de recursos y el cambio climático. En conjunto, estos hallazgos destacan la necesidad de continuar investigando y mejorando la tecnología de paneles solares para aprovechar al máximo su potencial en la carga de bicicletas eléctricas y otros usos.

## Recomendaciones

Asegurarse de analizar minuciosamente los resultados de las pruebas esto para tener una mejor comprensión en el rendimiento de los paneles mono cristalinos en la recarga de bicicletas eléctricas. Comparar los tipos de pruebas que se efectuaron con las mejores prácticas y estándares existentes en la industria para así poder evaluar la eficacia de las pruebas mantener un seguimiento de cualquier evolución en la tecnología de paneles mono cristalinos y asegurarse de seguir a la vanguardia en este campo de la energía eléctrica.

Una vez realizado todas las pruebas con las comprobaciones técnicas de los procesos el árbol eléctrico brindara energía a los estudiantes de la facultad para sus bicicletas u artefactos eléctricos que deseen cargar debemos asegurar que los procedimientos definidos se implementen con una capacitación al personal más relevante y garantizar que sigan de manera precisa para su conservación.

Los equipos recomendados siempre tienen que estar calibrados para una medición más exacta del tema para esto se puede establecer un plan de comprobaciones periódicas para el sistema de paneles solares en el árbol eléctrico la frecuencia de las comprobaciones dependerá del tiempo, ubicación y las condiciones climáticas pero generalmente se efectúan trimestral o anualmente, el equipo adecuado de seguridad también es indispensable en este tipo de proyectos una inspección visual de los paneles solares para detectar signos de daños físicos o de suciedad pueden dañar la carga por eso es importante su verificación constante.

## Bibliografía

- Astrum. (15 de enero de 2020). ¿CÓMO FUNCIONAN LOS PANELES SOLARES?  
<https://astrummx.com/como-funcionan-paneles-solares/>
- Biblus. (14 de febrero de 2020). Tipos de paneles fotovoltaicos: ¿cuáles son las diferencias?  
<https://biblus.accasoftware.com/es/tipos-de-paneles-fotovoltaicos-cuales-son-las-diferencias/>
- Helioesfera. (2 de febrero de 2023). COMPROBACIÓN DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL INVERSOR: <https://www.helioesfera.com/comprobacion-de-los-parametros-electricos-del-inversor/>
- Hisour. (26 de octubre de 2020). Árbol solar: <https://www.hisour.com/es/solar-tree-39778/>
- Made-in-china. (16 de julio de 2023). Medidor de energía solar Medidor de luz para el medidor de radiación solar vidrio Intensidad de la luz: [https://es.made-in-china.com/co\\_dgmengtai/product\\_Solar-Power-Meter-Light-Meter-for-Solar-Radiation-Tester-Glass-Light-Intensity\\_uosonrhney.html](https://es.made-in-china.com/co_dgmengtai/product_Solar-Power-Meter-Light-Meter-for-Solar-Radiation-Tester-Glass-Light-Intensity_uosonrhney.html)
- Monsolar. (22 de Septiembre de 2021). Como medir la corriente de una placa solar: <https://www.monsolar.com/blog/como-medir-la-corriente-de-una-placa-solar/>
- Dey, S., & Pesala, B. (2020). Solar tree design framework for maximized power generation with minimized structural cost. *Renewable Energy*, 162, 1747-1762.
- Lindao Suárez, W. E. (2020). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaico. Caso de aplicación en casa comunal de Cooperativa Los Paracaidistas en la ciudad de Guayaquil.
- Rústico-Ramírez, E., Mendoza-Jiménez, I., Torres-Suárez, E., Flórez-Serrano, E., & Serrano-Rico, J. (2021). Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos. *Revista UIS ingenierías*, 20(2), 1-10.
- Triana Andrés. (2020) Propuesta de árbol solar como fuente de energía renovable para la carga de equipos móviles en la sede Bosa Porvenir de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas [Tesis de Pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24772/TrianaS%c3%a1nchezAndresFelipe2020.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Solarama. (2022). Guía completa para dar mantenimiento a los paneles solares (2022). Solarama.

<http://solarama.mx/blog/mantenimiento-a-paneles-solares/>

