



INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

Autores: Marcelo Alejandro Yugcha Roca

Diego Renán Peralta Rojas

Tutor: Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.

**Implementación de un Sistema de Árbol Eléctrico mediante
Paneles Solares Monocristalinos para Recarga de Bicicletas
Eléctricas**

Certificado de Autoría

Nosotros, Marcelo Alejandro Yugcha Roca y Diego Renán Peralta Rojas, 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.

Marcelo Alejandro Yugcha Roca

C.I.: 2450027095

Diego Renán Peralta Rojas

C.I.: 0951335488

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

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios innumerables. Gracias por ser mi fuente de inspiración y por creer en mí incluso cuando yo dudaba de mí mismo. A mi hermana, por su amistad, ánimo y comprensión durante todo este viaje académico. A mis amigos y seres queridos, por estar a mi lado en los momentos buenos y malos, y por ser mi roca en tiempos de dificultad. A mi profesor, por su orientación experta y paciencia infinita.

Este logro es también de ustedes, porque cada uno de ustedes ha dejado una marca imborrable en mi corazón y en este trabajo de tesis.

Diego Renán Peralta Rojas

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado a mis padres, quienes han sido mi mayor apoyo durante toda mi educación. Su amor incondicional, paciencia y aliento constante han sido la fuerza motriz detrás de mi éxito. También quiero dedicar este trabajo a mis amigos y seres queridos que siempre han estado ahí para mí, brindándome ánimo y comprensión en los momentos difíciles.

Agradezco profundamente a mis profesores y mentores, cuya orientación y sabiduría han sido invaluable para mí. Sus conocimientos y experiencia han enriquecido este proyecto y mi educación en general.

Además, quiero dedicar este trabajo a todas las personas que participaron en mi investigación, así como a los sujetos del estudio, cuya colaboración fue esencial para llevar a cabo este proyecto de manera exitosa.

Por último, dedico este proyecto a mí mismo, como un recordatorio de que, con determinación, esfuerzo y perseverancia, se pueden lograr grandes cosas. Este logro es el resultado de años de trabajo arduo y dedicación, y representa el inicio de un nuevo capítulo en mi vida profesional.

Marcelo Alejandro Yugcha Roca

Agradecimiento

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia por su apoyo incondicional durante este proceso. Agradezco a mis padres por su amor y sacrificio, y a mis hermanos por su constante ánimo.

También quiero agradecer a mis amigos y compañeros de clase por su estímulo y comprensión. Sus palabras de aliento fueron mi motor en los momentos difíciles.

Agradezco a mi orientador, Fernando Gómez Berrezueta, por su guía experta y paciencia. Sus consejos fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, mi gratitud a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a este proyecto.

Su colaboración ha sido invaluable.

Diego Renán Peralta Rojas

Agradecimiento

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de este proyecto de titulación. En primer lugar, agradezco a mi asesor, Fernando Gómez Berrezueta, por su orientación experta y apoyo constante a lo largo de este proceso. Su experiencia y sabiduría fueron invaluable para completar este trabajo de manera exitosa. También quiero agradecer a mi familia y amigos por su paciencia y ánimo durante las largas horas de trabajo y dedicación a este proyecto. Su apoyo incondicional fue fundamental para mantenerme enfocado y motivado.

Además, agradezco a mis compañeros de clase por sus ideas y sugerencias que enriquecieron este proyecto. Cada conversación y debate contribuyeron significativamente a la calidad del trabajo final.

Marcelo Alejandro Yugcha Roca

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor	iv
Dedicatoria.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Agradecimiento.....	viii
Índice General.....	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tablas	xv
Resumen	xvi
Abstract	xvii
Capítulo I.....	1
Antecedentes.....	1
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1 <i>Planteamiento del Problema</i>	1
1.2.2 <i>Formulación del Problema</i>	5
1.2.3 <i>Sistematización del Problema</i>	5
1.3 Objetivos de la Investigación	5
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	5
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	6
1.4.1 <i>Justificación Teórica</i>	6
1.4.2 <i>Justificación Metodológica</i>	6

	x
1.4.3 Justificación Práctica.....	7
1.4.4 Delimitación Temporal	8
1.4.5 Delimitación Geográfica.....	8
1.4.6 Delimitación del Contenido.....	9
Capítulo II.....	11
Marco Referencial.....	11
2.1 Marco Teórico	11
2.1.1 Bicicletas Eléctricas.....	11
2.1.2 Cambio Climático y su Relación con Medios de Transporte Alternativos	11
2.1.3 Sistemas Solares Fotovoltaicos	13
2.1.4 Importancia de los Árboles Solares.....	13
2.1.5 Instalación y Mantenimiento de Solares Monocristalinos	14
2.1.6 Objetivos del Concepto de Árbol Solar.....	16
2.2 Marco Conceptual.....	16
2.2.2 Árbol Solar Curvo.....	17
2.2.3 Célula Solar	19
2.2.4 Panel Solar	19
2.2.5 Carga de Bicicleta Eléctrica	20
2.2.6 Partes del Árbol Solar.....	21
2.2.7 Baterías	22
2.2.8 Inversor	23
2.2.9 Cables y Conexiones	24
2.2.10 Estructura del Marco	24
2.2.11 Eficiencia del Árbol Solar	25
2.2.12 Mantenimiento de Paneles Fotovoltaicos	26

	xi
2.2.12 Norma NTE INEN-IEC 62253	27
Capítulo III	28
Circuitos y Conexiones de los Paneles Monocristalinos para Recarga de Bicicletas Eléctricas	28
3.1 Funcionamiento de Sistema	29
3.2 Características Generales de los Elementos.....	31
3.2.1 Paneles Monocristalinos	31
3.2.2 Inversor Híbrido Solar Powest 3KVA 24V en Red.....	32
3.2.3 Batería de Gel 12V-100AH REF. FLG 121000.....	34
3.3 Parámetros del Panel Solar.....	36
3.4 Conexión Paneles Solares en Serie y Paralelo	37
3.5 Conexión de Paneles Solares en Serie (Ejemplo Práctico)	38
3.6 Conexión de Paneles Solares en Paralelo (Ejemplo Práctico)	39
3.7 Conexión de Paneles Solares en Serie con Diferentes Especificaciones de Voltaje y Corriente	40
3.8 Conexión de Paneles Solares en Paralelo con Diferentes Especificaciones de Voltaje y Corriente	41
3.9 Mantenimientos en el Árbol Eléctrico.....	42
3.10 Procesos de Carga y Descarga de Equipos	43
3.10.1 Estado de Carga de la Batería (SoC)	43
3.10.1 Profundidad de Descarga (DoD).....	44
Capítulo IV	46
Comprobaciones del Árbol Solar Fotovoltaico	46
4.1 Comprobar el Rendimiento del Sistema de Árbol Solar.....	47
4.2 Instalación de un Sistema Fotovoltaico para Lograr el Máximo Rendimiento.....	48

4.2.1	<i>Descripción de los Parámetros de las Curvas IV</i>	49
4.2.2	<i>Mantenimiento del Sistema</i>	53
4.2.3	<i>Herramientas Necesarias para Inspeccionar el Sistema</i>	57
4.2.3	<i>Consumo de Energía de la Bicicleta Eléctrica</i>	59
4.2.4	<i>Consumo y Coste de Recarga de una Bicicleta Eléctrica</i>	61
	Conclusiones.....	67
	Recomendaciones	68
	Bibliografía.....	69

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Principal Fuente de Energía Eléctrica Mundial en 2050</i>	3
Figura 2 <i>Sistema de Generación Fotovoltaico Aislado para Carga del Vehículo Eléctrico</i>	4
Figura 3 <i>Disposición de Árbol Solar Híbrido</i>	14
Figura 4 <i>Paneles Solares Monocristalinos Versus Policristalinos</i>	15
Figura 5 <i>Diseño del Árbol Solar</i>	17
Figura 6 <i>Árbol Solar Curvo</i>	18
Figura 7 <i>Diferencia entre Células Solares y Paneles Solares</i>	19
Figura 8 <i>Carga de E-Bikes</i>	21
Figura 9 <i>Diagrama del Sistema Fotovoltaico del Árbol Solar</i>	22
Figura 10 <i>Batería</i>	23
Figura 11 <i>Convertidor</i>	24
Figura 12 <i>Diseño de los Árboles Solares</i>	25
Figura 13 <i>Sistema de Árbol Fotovoltaico con Paneles Monocristalinos para Recarga de Bicicletas</i>	29
Figura 14 <i>Paneles Monocristalinos</i>	31
Figura 15 <i>Inversor Híbrido Solar Powest</i>	33
Figura 16 <i>Batería de Gel 12V</i>	35
Figura 17 <i>Paneles Solares en Serie</i>	38
Figura 18 <i>Paneles Solares en Paralelo</i>	39
Figura 19 <i>Paneles Solares en Serie con Diferentes Especificaciones de Voltaje y Corriente</i>	40
Figura 20 <i>Paneles Solares en Paralelo con Diferentes Especificaciones de Voltaje y Corriente</i>	41
.....	
Figura 21 <i>Almacenamiento de Baterías</i>	45
Figura 22 <i>Horas Solar Pico en Guayaquil</i>	48

Figura 23	<i>Curva de Corriente-Tensión (I-V)</i>	50
Figura 24	<i>Punto Óptimo de la Curva de Corriente-Tensión (I-V)</i>	51
Figura 25	<i>Componentes de un Sistema Fotovoltaico</i>	54
Figura 26	<i>Procedimiento de Limpieza de los Paneles</i>	55
Figura 27	<i>Protección de la Unidad de Control</i>	56
Figura 28	<i>Diseño del Árbol Solar Fotovoltaico</i>	58
Figura 29	<i>Consumo de Energía de Bicicleta Eléctrica</i>	60
Figura 30	<i>Realización de Mantenimientos</i>	60
Figura 31	<i>Recarga de una Bicicleta Eléctrica</i>	62
Figura 32	<i>Datos Obtenidos del Atlas Solar</i>	63
Figura 33	<i>Conectores para Cargar las Bicicletas Eléctricas</i>	63
Figura 34	<i>Conexión para Cargar las Bicicletas Eléctricas</i>	64
Figura 35	<i>Inversor en el Proceso de Carga de las Bicicletas Eléctricas</i>	65
Figura 36	<i>Bicicletas Eléctrica Completamente Cargada</i>	66

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Producción de Energía Primaria Mundial de los Años 2008 y 2018</i>	4
Tabla 2 <i>Especificaciones de los Paneles Monocristalinos</i>	32
Tabla 3 <i>Especificación del Inversor Híbrido Solar Powest</i>	34
Tabla 4 <i>Especificaciones de la Batería</i>	35

Resumen

Este proyecto tiene como objetivo principal desarrollar e implementar un sistema innovador de energía renovable para la recarga de bicicletas eléctricas en espacios universitarios. El sistema propuesto consiste en un diseño de "árbol eléctrico", que utiliza paneles solares monocristalinos como fuente de energía para cargar las bicicletas eléctricas de manera sostenible y ecoamigable. Se instalan paneles solares de alta eficiencia en la parte superior del árbol eléctrico para capturar la energía solar y convertirla en electricidad y se incorporan estaciones de carga compatibles con bicicletas eléctricas, equipadas con enchufes estándar y sistemas de carga rápida para garantizar una experiencia conveniente para los usuarios. Además, se diseña una estructura resistente y estéticamente agradable que imite la forma de un árbol, proporcionando sombra a los usuarios y protegiendo los paneles solares de condiciones climáticas adversas, lo que permitirá un mantenimiento proactivo y eficiente del sistema. Al final se logra una reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero al fomentar el uso de energía renovable y transporte ecoamigable.

Palabras Clave: Paneles monocristalinos, árbol solar, bicicletas eléctricas, mantenimiento.

Abstract

The main objective of this project is to develop and implement an innovative renewable energy system for recharging electric bicycles in university spaces. The proposed system consists of an "electric tree" design, which uses monocrystalline solar panels as an energy source to charge the electric bicycles in a sustainable and eco-friendly manner. High-efficiency solar panels are installed on top of the electric tree to capture solar energy and convert it into electricity, and e-bike compatible charging stations equipped with standard plugs and fast charging systems are incorporated to ensure a convenient experience for riders. users. In addition, a resistant and aesthetically pleasing structure is designed that imitates the shape of a tree, providing shade to users and protecting the solar panels from adverse weather conditions, which will allow proactive and efficient maintenance of the system. In the end, a significant reduction in greenhouse gas emissions is achieved by promoting the use of renewable energy and eco-friendly transportation.

Keywords: Monocrystalline panels, solar tree, electric bicycles, maintenance.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Implementación de un sistema de árbol eléctrico mediante paneles solares monocristalinos para recarga de bicicletas eléctricas.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

El presente trabajo de investigación se basa en la Implementación de un sistema de árbol eléctrico mediante paneles solares monocristalinos para recarga de bicicletas eléctricas, con la finalidad de detectar las fallas relacionadas con el sistema del modelo de vehículo propuesto.

En la actualidad, la movilidad sostenible se ha convertido en un tema de gran relevancia debido a los crecientes problemas ambientales y energéticos que enfrenta nuestro planeta. Las bicicletas eléctricas han surgido como una alternativa ecológica y eficiente para el transporte personal, contribuyendo significativamente a la reducción de emisiones de gases contaminantes y a la descongestión del tráfico en áreas urbanas.

Sin embargo, uno de los principales desafíos que enfrentan los usuarios de bicicletas eléctricas es la necesidad de contar con puntos de recarga accesibles y eficientes. Los sistemas de recarga convencionales están limitados por la infraestructura eléctrica existente y su dependencia de fuentes de energía no renovable. Esto plantea un problema significativo para la expansión y adopción masiva de las bicicletas eléctricas como medio de transporte sostenible.

1.2.1 Planteamiento del Problema

La alta demanda del uso de combustibles de origen fósil a nivel mundial cada día crece sobremanera lo que origina que se plantee el uso de nuevas fuentes de energías como las fuentes renovables como la energía hidráulica, solar, eólica, entre otras (Ajayan, 2020).

Desde el año de 1970 se tenía planteado el tema de la energía renovables como una de las alternativas a las energías tradicionales, ya sea por la disponibilidad de estas y la garantía de su uso en el futuro, como por su bajo impacto en el medio ambiente, y con el aumento de la facilidad de la tecnología, con el paso de los años el término de energía alternativa se ha cambiado por las energías renovables.

La ‘bici’ eléctrica es un vehículo que lleva incorporado una batería que es capaz de almacenar la energía, y que suele estar hecha de plomo, de níquel e hidruro metálico, o de litio. En promedio, permite una autonomía de alrededor de 30 kilómetros hasta tener que volver a recargarse de nuevo. Además de este elemento, incluyen otros que las diferencian de sus hermanas convencionales, como, por ejemplo, el motor eléctrico, que suele estar integrado en una de las ruedas, normalmente, en la trasera.

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 (Toranzo, 2015).

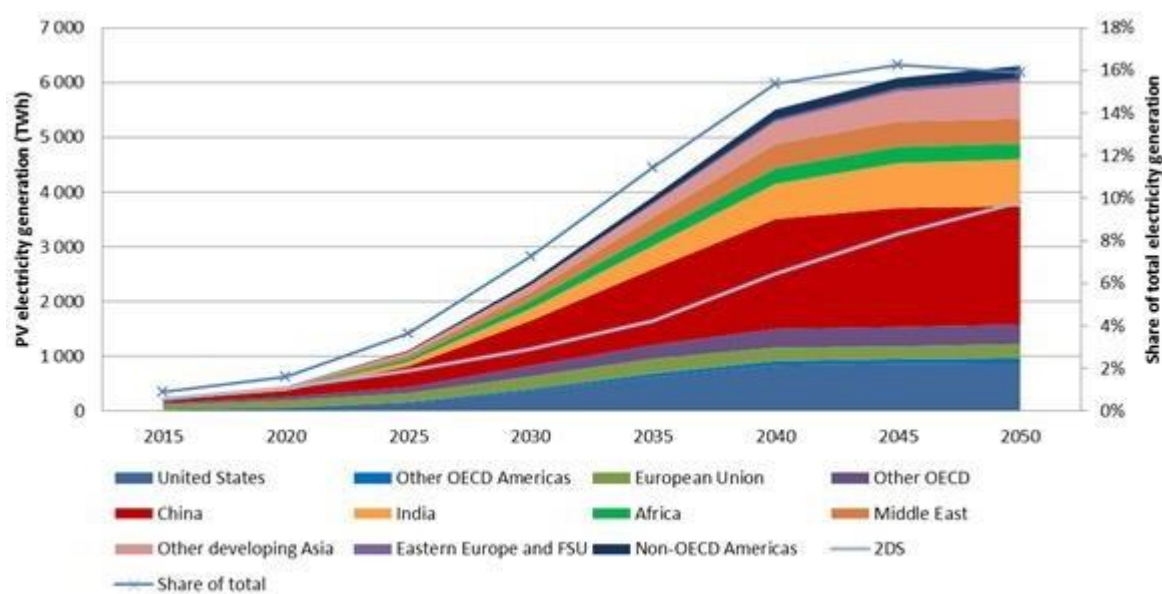
Dentro del territorio ecuatoriano la mayor cantidad de energía eléctrica es obtenida por grandes instalaciones hidroeléctricas, que llegan a tener un impacto negativo en el medio ambiente. Actualmente los equipos electrónicos tales como los teléfonos inteligentes, laptops y demás equipos se presentan como herramientas pedagógicas; siendo estos uno de los puntos claves de la enseñanza (Machado, 2015).

Desarrollar fuentes de energías renovables y amigables con el medio ambiente que permitan recargar equipos electrónicos es dar un paso hacia el desarrollo energético sustentable en el país).

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) anunció en el acto de clausura de la Conferencia Europea de Energía Solar Fotovoltaica celebrada en Amsterdam en octubre de 2023, que la energía solar será la principal fuente de energía eléctrica mundial en 2050. Según los datos de su más reciente informe de perspectivas de las tecnologías energéticas la capacidad fotovoltaica acumulada para esa fecha será de 4.600 GW y una producción anual de 6.500 Twh, que supondrán sólo en esta tecnología el 16% de la producción mundial de energía eléctrica. Si a ello se suma la producción de energía termosolar, la energía solar representaría el 27% y sería la principal fuente de electricidad en 2050 (Figura 1).

Figura 1

Principal Fuente de Energía Eléctrica Mundial en 2050



Tomado de: <https://www.monsolar.com/blog/la-energia-solar-sera-la-principal-fuente-de-energia-electrica-mundial-en-2050/>

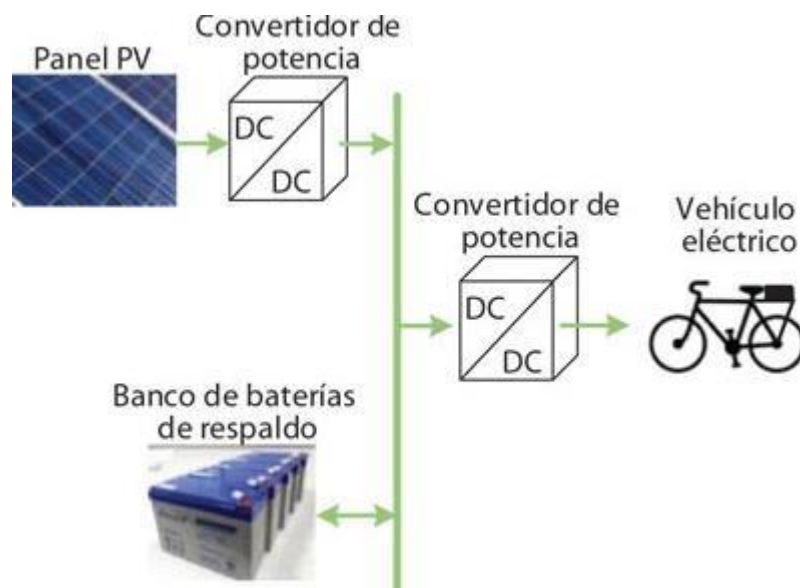
En la Tabla 1 se puede apreciar producción de energía primaria mundial durante el período 2008-2018.

Tabla 1*Producción de Energía Primaria Mundial de los Años 2008 y 2018*

Fuente	2008	2018
Petróleo	4085	4496
Gas	2589	3265
Carbón	3383	3838
Biocombustible	1154	1327
Eólica-Solar	89	286
Hidráulica	275	362
Nuclear	712	706
Total, Mtoe	12287	14276

Tomado de: <https://www.revistabionatura.com/2021.06.03.29.html>

La movilidad eléctrica es un área de interés actual tanto a nivel local como internacional, ya que grandes ciudades están presentando indicios de transición hacia la utilidad de vehículos eléctricos (Figura 2).

Figura 2*Sistema de Generación Fotovoltaico Aislado para Carga del Vehículo Eléctrico*Tomado de: https://www.editores.com.ar/revistas/ie/342/unsl_serra_estacion_de_carga_solar

1.2.2 Formulación del Problema

Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la del sol, son buenos ejemplos de ello. Energía solar es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La energía solar se ha convertido en una de las alternativas más eficientes para solucionar problemáticas energéticas, siendo una herramienta sumamente importante para el desarrollo sostenible y un avance a las generaciones futuras.

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cuáles son los circuitos y conexiones relacionadas al principio de funcionamiento y características de cada elemento de los sistemas fotovoltaicos?
- ¿Cuáles son los procesos de carga y recarga de los equipos utilizados en el árbol eléctrico para los vehículos eléctricos para micromovilidad?
- ¿Qué comprobaciones y puesta a punto del sistema de paneles solares del árbol eléctrico considerando la normativa actual?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Implementar un sistema de árbol fotovoltaico mediante paneles monocristalinos siguiendo especificaciones técnicas para el proceso de recarga de bicicletas eléctricas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar los circuitos y conexiones de los paneles monocristalinos para recarga de bicicletas eléctricas.

- Definir los mantenimientos, los procesos de carga y descarga de los equipos utilizados en el árbol eléctrico.
- Realizar las comprobaciones y puesta a punto del sistema de paneles solares del árbol eléctrico considerando la norma NTE INEN-IEC 62253.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

La presente investigación se enfoca en implementar un sistema de árbol eléctrico que utilice paneles monocristalinos utilizados en la recarga de bicicletas eléctricas.

1.4.1 Justificación Teórica

Para implementar el árbol de energía solar, se realiza una estimación del potencial solar en la ciudad de Guayaquil, se obtendrán datos para evaluar el recurso energético que puede proveer la zona a estudiar y así aprovechar de la forma más eficiente un recurso natural, como indica González Peña, D. (2014) la energía solar alcanza el mayor rendimiento energético por superficie de tierra utilizada, por esto se aprovecha su energía, también se estima el ángulo óptimo de inclinación del módulo solar, y así proveer energía renovable y brindar un desarrollo sostenible. El agotamiento de fuentes de combustibles fósiles, el cambio climático, y el incremento de la demanda energética vuelven indispensables fuentes de energía renovables, en Ecuador y el mundo.

1.4.2 Justificación Metodológica

La justificación metodológica del proyecto "Implementación de un sistema de árbol eléctrico mediante paneles solares monocristalinos para recarga de bicicletas eléctricas" se basa en la necesidad de encontrar soluciones sostenibles y ecológicas para la movilidad urbana. La creciente preocupación por el cambio climático y la contaminación del aire ha llevado a una mayor demanda de vehículos eléctricos, incluyendo bicicletas eléctricas, como una alternativa más limpia y eficiente a los vehículos tradicionales que funcionan con combustibles fósiles.

La implementación de un sistema de árbol eléctrico con paneles solares monocristalinos ofrece una solución innovadora y sostenible para la recarga de bicicletas eléctricas. Este enfoque aprovecha la energía solar, una fuente de energía renovable y abundante, para generar electricidad de manera limpia y eficiente.

1.4.3 Justificación Práctica

La justificación práctica del proyecto "Implementación de un sistema de árbol eléctrico mediante paneles solares monocristalinos para recarga de bicicletas eléctricas" se fundamenta en varios puntos clave:

- **Sostenibilidad Ambiental:** En un contexto donde el cambio climático es una preocupación global, la implementación de energía solar para alimentar bicicletas eléctricas representa una solución sostenible. Reducir la dependencia de combustibles fósiles disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que contribuye directamente a la mitigación del cambio climático y a la preservación del medio ambiente.
- **Promoción del Transporte Ecológico:** Las bicicletas eléctricas son una alternativa de transporte limpio y eficiente en áreas urbanas. Al proporcionar estaciones de recarga alimentadas por energía solar, se facilita el uso de bicicletas eléctricas, lo que reduce la congestión del tráfico, disminuye la contaminación del aire y mejora la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.
- **Ahorro Económico:** Al utilizar energía solar en lugar de electricidad proveniente de la red, se reducen los costos operativos a largo plazo. Además, las bicicletas eléctricas son económicamente más accesibles y eficientes en comparación con los vehículos motorizados tradicionales, lo que puede fomentar su adopción en la comunidad.

- **Innovación Tecnológica:** La implementación de un sistema de árbol eléctrico con paneles solares monocristalinos implica la aplicación de tecnologías innovadoras y sostenibles. Este proyecto servirá como un ejemplo tangible de cómo la energía solar puede ser aprovechada de manera creativa para abordar las necesidades de movilidad urbana, mostrando el potencial de la tecnología solar en contextos urbanos.
- **Educación y Concienciación:** La presencia de estos árboles eléctricos en áreas públicas también puede servir como una herramienta educativa y de concienciación sobre la energía solar y la movilidad sostenible. Las personas que interactúan con este sistema podrían aprender sobre el poder de la energía solar y ser inspiradas a adoptar prácticas más sostenibles en sus vidas diarias.

En resumen, la implementación de este proyecto no solo tiene ventajas prácticas y económicas, sino que también contribuye significativamente a la sostenibilidad ambiental, promueve un estilo de vida más saludable y consciente del medio ambiente, y fomenta la innovación tecnológica en la comunidad. Estos beneficios hacen que este proyecto sea relevante y necesario en el contexto actual.

1.4.4 Delimitación Temporal

La realización del proyecto se efectúa en el lapso de seis meses (30 semanas) lo que permite realizar la instalación completa.

1.4.5 Delimitación Geográfica

El sistema de árbol eléctrico de paneles monocristalinos se implementa en la Universidad Internacional del Ecuador, sede Guayaquil en la Escuela de Ingeniería Automotriz, el proyecto se utiliza como fuente de energía en los patios de la institución.

1.4.6 Delimitación del Contenido

La delimitación de contenidos es crucial para establecer los límites y el alcance de la investigación. En el caso del proyecto sobre la implementación de un sistema de árbol eléctrico mediante paneles solares monocristalinos para recarga de bicicletas eléctricas, se puede establecer la delimitación de contenidos de la siguiente manera:

- Tipo de Energía Renovable: El proyecto se enfoca exclusivamente en la energía solar como fuente de energía renovable para la recarga de bicicletas eléctricas, utilizando paneles solares monocristalinos como tecnología específica.
- Ámbito Geográfico: La implementación del sistema se lleva a cabo en un área urbana específica o en un espacio limitado, como un parque, plaza pública o campus universitario, y no se extiende a nivel de una ciudad completa.
- Bicicletas Eléctricas: El proyecto se centra en la recarga de bicicletas eléctricas estándar y no incluirá otros tipos de vehículos eléctricos, como scooters o automóviles eléctricos.
- Tecnología de Paneles Solares: Se enfocan exclusivamente paneles solares monocristalinos en el diseño del sistema. Otras tecnologías de paneles solares, como los paneles policristalinos o de película delgada, no serán consideradas en la parte de este estudio.
- Capacidad del Sistema: Se determina la capacidad específica del sistema de árbol eléctrico, incluyendo el número de paneles solares, la capacidad de almacenamiento de energía y la cantidad de bicicletas eléctricas que puede recargar simultáneamente. La optimización de esta capacidad será parte integral del proyecto.
- Aspectos Técnicos y de Ingeniería: El proyecto se enfoca en los aspectos técnicos y de ingeniería relacionados con la instalación, operación y mantenimiento del

sistema de árbol eléctrico, excluyendo aspectos económicos y sociales que no estén directamente vinculados con la implementación técnica.

Estos puntos establecen las limitaciones y el alcance específico de la investigación sobre la implementación del sistema de árbol eléctrico para recarga de bicicletas eléctricas utilizando paneles solares monocristalinos. Es importante ser claro y específico en la delimitación de contenidos para evitar confusiones y mantener el enfoque del proyecto.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

En esta sección, se resume los puntos clave del marco teórico, destacando la relevancia y la necesidad del proyecto en el contexto actual. Se subraya la importancia de la investigación y cómo se inserta en el panorama global de la energía renovable y la movilidad sostenible.

2.1.1 *Bicicletas Eléctricas*

En los últimos años ha aumentado constantemente el número de bicicletas con motor eléctrico de apoyo. Esto se puede reconocer en la vida diaria y también se refleja en los números. Un comunicado de prensa da las cifras de ventas de bicicletas eléctricas en Europa: 900.000 en 2011 y 1.100.000 en 2012 (Zweirad Industrie Verband E. V, 2013). Además, afirma que el 95% de todas las bicicletas eléctricas son pedelec, el resto son ciclomotores o motocicletas eléctricas. Pedelec significa bicicleta eléctrica con pedales y cuyo nombre proviene de «PEDal ELEctric Cycle» y que también se conoce como bicicleta EPAC (Electronically Power Assisted Cycles). Eso significa que el motor eléctrico sólo apoya el pedaleo y no debe funcionar sin el pedaleo del usuario. Otras regulaciones como la potencia máxima del motor o la velocidad máxima permitida que admite el motor eléctrico se definen en la Directiva Europea 2002/24/EG (Eurlex, 2002).

Hoy en día, el enfoque general cuando se trata del uso de energía solar para recargar baterías de bicicletas eléctricas es transformar el voltaje CC de un sistema fotovoltaico a 230 V o 110 V CA y utilizar un cargador de batería externo. Para esas aplicaciones hay disponibles sistemas estacionarios.

2.1.2 *Cambio Climático y su Relación con Medios de Transporte Alternativos*

El cambio climático debido al aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera fue reconocido ya en el año 1896 (Arrhenius, 1896). Sin embargo, no es hasta

hace pocas décadas que han surgido debates y se han desarrollado planes sobre cómo nuestras emisiones se deben reducir los gases de efecto invernadero (GEI). El sector del transporte representó el 13% de las emisiones globales de GEI en 2004 (IPCC, 2007, p. 29). Además del desafío global de emisiones de GEI, muchas ciudades alrededor del mundo enfrentan problemas con la contaminación del aire local y congestión. Es posible reducir la contaminación del aire a nivel local y mundial cambiando a vehículos con combustibles que tengan un impacto ambiental menor que los combustibles fósiles; como los vehículos eléctricos o los biocombustibles. Sin embargo, esto no afecta directamente a la congestión.

Alrededor de un tercio de los viajes realizados en coche en Europa son de menos de 3 km y la mitad de los viajes menos de 5 km (IPCC, 2007, p. 51). Esto significa que existe un potencial de eficiencia y mejora de la calidad del aire mediante el cambio a modos de vida más eficientes energéticamente y menos contaminantes, transporte que pueda sustituir estos viajes de corta distancia. Una alternativa es aumentar el uso de la bicicleta, lo que podría reducir la necesidad de utilizar el coche o el transporte público en distancias cortas, así como reducir la congestión. Uno de los métodos para incrementar el uso de la bicicleta en las ciudades es crear Bike Sharing Sistemas (BSS) a los que pueden acceder locales o turistas pagando una tarifa. Actualmente hay más de 600 ciudades con BSS a nivel mundial (ITDP, 2013, p. 10). El número de bicicletas en esos sistemas supera los 700 000 (ITDP, 2013, p. 13). Al proporcionar una gran red de estaciones con acceso compartido bicicletas, es posible ofrecer un medio de transporte eficiente, cómodo y barato. Estos tipos de sistemas han demostrado ser exitosos. En Barcelona, un número máximo de inscritos se han fijado usuarios por bicicleta y se han incrementado los precios para garantizar un sistema eficiente (OBIS, 2011, pág. 59). Un inconveniente de los BSS actuales es que se utilizan para recorridos cortos y se ha observado que los usuarios evitan los centros de las ciudades y los paseos cuesta arriba, lo que aumenta la necesidad para su redistribución por camión (ITDP, 2013, p. 116).

2.1.3 *Sistemas Solares Fotovoltaicos*

Las células solares están dispuestas en grandes grupos, que se denominan paneles solares. Estos conjuntos, compuestos por miles de células solares, pueden considerarse centrales eléctricas que convierten la luz solar en energía eléctrica para distribuirla al consumo industrial, comercial y residencial. Por otro lado, en una escala más pequeña, la configuración se conoce comúnmente como módulos solares, que en su mayoría son instalados por los propietarios en sus tejados para reemplazar su suministro eléctrico convencional. Los módulos solares también se utilizan para proporcionar energía eléctrica en muchas áreas remotas donde las fuentes de energía eléctrica convencionales no están disponibles o su instalación es prohibitivamente costosa. Las células solares también proporcionan energía para la mayoría de las instalaciones espaciales, desde satélites meteorológicos y de comunicaciones hasta estaciones espaciales, debido a que no tienen partes móviles; por lo tanto, no hay necesidad de mantenimiento ni de combustibles que requieran reposición. Las células solares también se han utilizado en productos de consumo, como juguetes electrónicos, calculadoras y radios. Sin embargo, en una versión a gran escala, en las plantas solares fotovoltaicas, la energía térmica del sol se utiliza y se transforma en energía eléctrica utilizando módulos fotovoltaicos instalados en una configuración óptima.

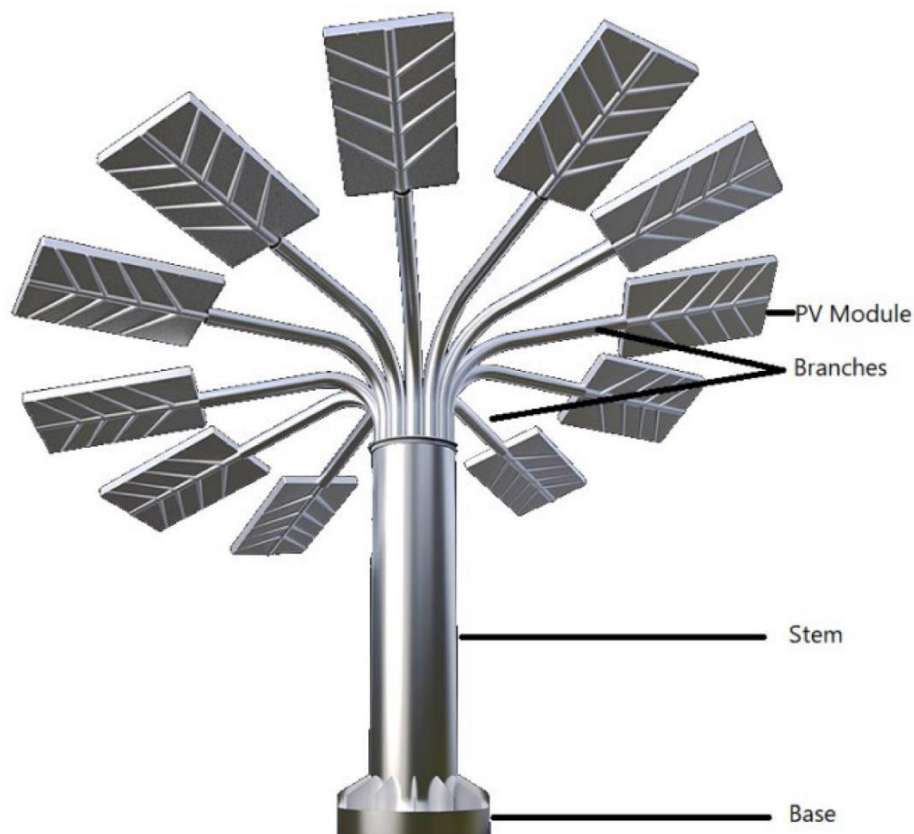
2.1.4 *Importancia de los Árboles Solares*

Desarrollar soluciones de eficiencia energética, desde la luz solar hasta la electricidad, es una solución crucial para la escasez de energía en el mundo y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, el módulo plano fotovoltaico (PV) típico tiene una capacidad deficiente de captación de energía solar sin un sistema de seguimiento solar. A pesar de sus ventajas, la tecnología solar fotovoltaica tiene dificultades con la demanda de suelo, capturando efectividad e imagen pública, especialmente en las áreas metropolitanas debido a la falta de una estética agradable.

El árbol solar fotovoltaico (PV) (SPVT) es un árbol natural con forma de árbol. Estructura metálica que tiene módulos fotovoltaicos en la parte superior como alternativa ramas de árboles naturales en diferentes formas y ángulos de orientación. SPVT se puede definir como un medio decorativo para generar electricidad renovable. En un SPVT típico, los módulos fotovoltaicos están dispuestos como hojas de las ramas como se muestra en la Figura 3. El término 'ÁRBOL' también se refiere a T, generación de árboles; R, renovable; E, energía; y E, electricidad.

Figura 3

Disposición de Árbol Solar Híbrido



Tomado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722008617>

2.1.5 Instalación y Mantenimiento de Solares Monocristalinos

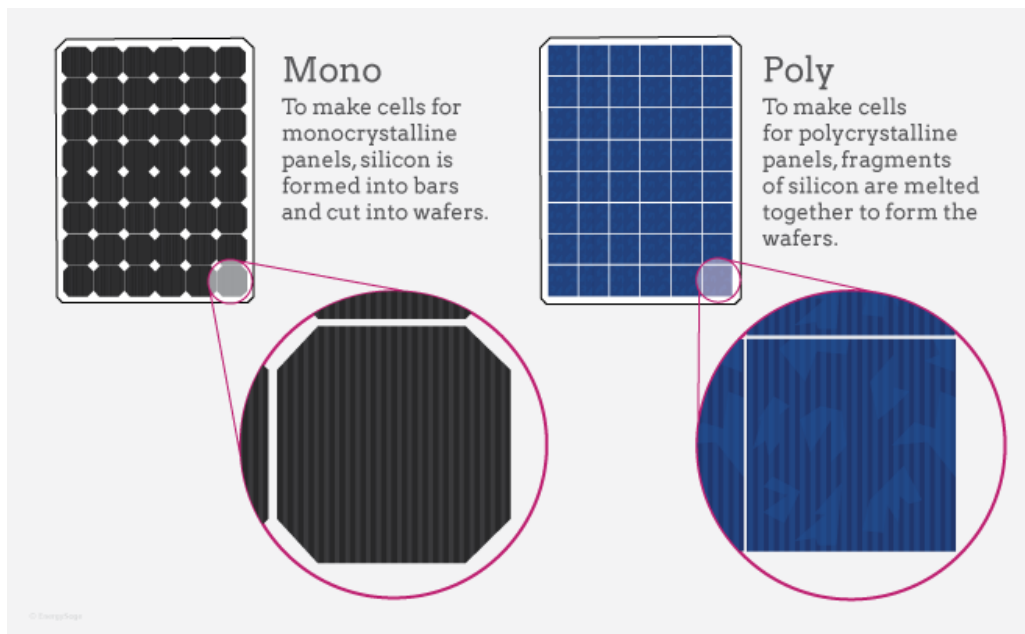
Los paneles solares monocristalinos son relativamente fáciles de instalar ya que vienen premontados. El panel debe montarse de forma segura e inclinarse hacia el sol para maximizar la producción de energía. Es importante asegurarse de que el área alrededor de los paneles esté

libre de sombras u obstrucciones que puedan impedir que la luz del sol llegue a ellos (Chintglobal.com, 2023).

El mantenimiento requerido para los paneles solares monocristalinos es mínimo, ya que están diseñados para ser duraderos y resistentes a los elementos. Limpiar los paneles regularmente con agua tibia y un paño suave ayuda a que funcionen a niveles óptimos. Sin embargo, es importante no utilizar limpiadores abrasivos, ya que pueden dañar las delicadas células (Figura 4).

Figura 4

Paneles Solares Monocristalinos Versus Policristalinos



Tomado de: <https://ases.org/monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels/>

En términos de eficiencia y rendimiento, los paneles solares monocristalinos suelen preferirse a los policristalinos, ya que pueden absorber más luz solar ya que las células están cortadas de un solo cristal, lo que crea una mayor tasa de eficiencia. Los paneles solares monocristalinos son más resistentes en condiciones extremas y tienen una vida útil más larga que sus homólogos policristalinos.

2.1.6 Objetivos del Concepto de Árbol Solar

El concepto de “árbol solar fotovoltaico” es una combinación avanzada de tecnología moderna y arte para formar una escultura solar fotovoltaica (Hyder et al., 2018c, Renugadevi, 2017). Esta idea utiliza la energía solar y agrega estética a las ciudades con un carácter tecnológico amigable con el medio ambiente (Jain y Verma, 2021). Los cobertizos bajo árboles solares se pueden utilizar como asientos públicos en jardines y parques o como buenas zonas para beneficiarse de la agricultura. Muchos tipos de árboles solares se diseñan en función de la viabilidad energética óptima. Árbol significa árbol que genera energía renovable y electricidad (Avdic et al., 2013, Shanmukhi et al., 2019).

El inicio final de la idea de los árboles solares impulsa la comprensión pública de la tecnología solar fotovoltaica al hacerla estéticamente atractiva. Los objetivos del concepto de árbol solar son:

- Incrementar la conciencia de los civiles sobre el uso de energías renovables y energía solar.
- Aumentar la cantidad de árboles en los lugares públicos, lo que afecta la comodidad de los civiles.
- Aumentar la eficiencia de los módulos solares tanto como sea posible.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Árboles Fotovoltaicos

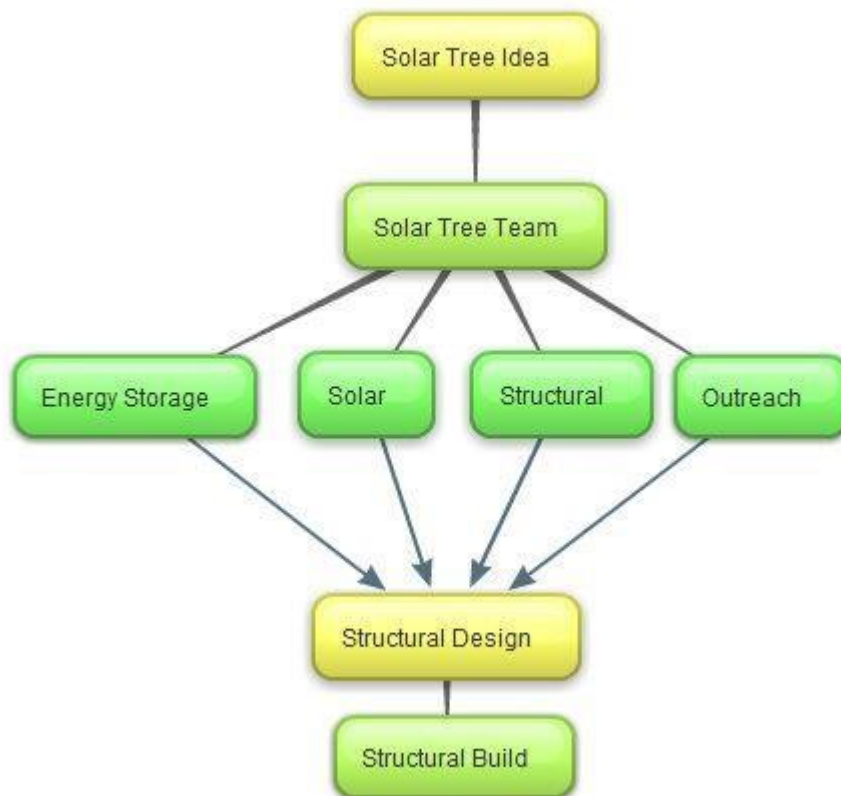
Son una de las aplicaciones más intrigantes que se pueden lograr a partir de sistemas fotovoltaicos. El problema de la escasez de terreno o incluso la estética urbana pueden hacer que el sistema se levante y se monte sobre tallos de acero, que físicamente se asemeja a un árbol con módulos fotovoltaicos como hojas en la parte superior. El sistema puede aportar numerosas ventajas, desde simplemente cargar pequeños dispositivos prácticos hasta

suministrar la energía necesaria para el alumbrado público y los vehículos eléctricos. El futuro de los árboles fotovoltaicos parece muy prometedor.

El Proyecto del Árbol Solar comenzó con una idea simple: "¿no sería genial hacer algún tipo de árbol solar?" La idea no era mucho más completa que eso; solo una simple pregunta y que se plasma en el diseño y construcción del Árbol Fotovoltaico (Figura 5).

Figura 5

Diseño del Árbol Solar



Tomado de: <https://solartree.webnode.page/project-background/>

2.2.2 Árbol Solar Curvo

Un árbol solar es un sistema fotovoltaico de visibilidad tecnológica y paisajística que aprovecha la energía solar para producir energía eléctrica.

El voltaje para generar para el caso de árboles solares puede ser:

- Voltaje de Corriente Directa VCD – 12V
- Voltaje de Corriente Alterna VCA – 220V

El nombre árbol solar es debido a que un árbol puede producir su propio material alimenticio por el proceso llamado fotosíntesis, las hojas producen alimentos para los seres humanos, del mismo modo en el árbol solar, las placas solares producen energía para nuestra sociedad.

Figura 6

Árbol Solar Curvo



Tomado de: <https://spotlightsolar.com/solar-flower-curve>

La estructura solar curva es a la vez arte y una máquina de energía limpia. Su diseño es accesible y fresco, y ofrece accesorios como iluminación decorativa, una mesa con tomas de corriente, asientos y marca. Incluso viene en el color favorito y produce suficiente energía limpia para cargar completamente los accesorios que se conecten a éste y proporciona sombra para las personas que disfrutan de esa magnífica tecnología solar.

2.2.3 Célula Solar

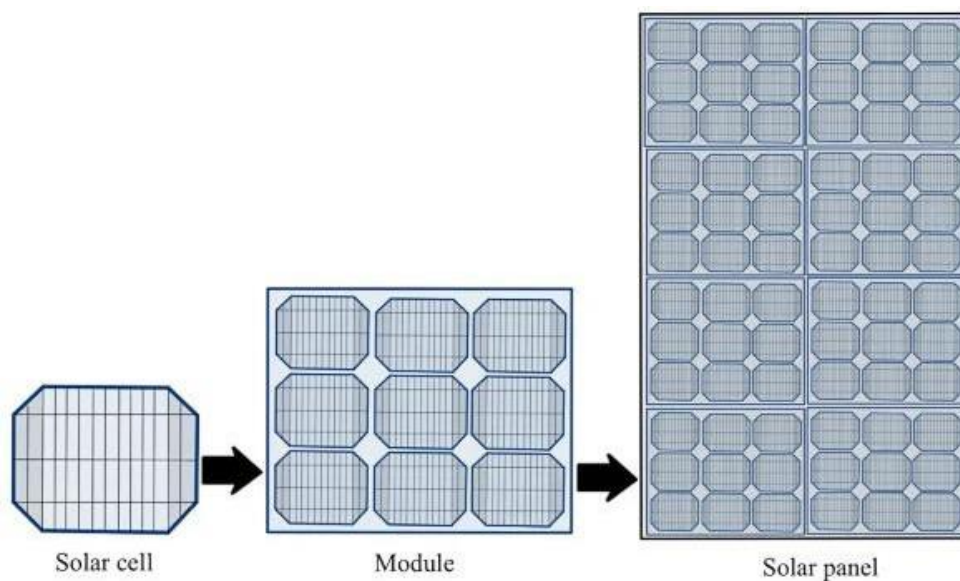
Una célula fotovoltaica, comúnmente llamada célula solar, es un dispositivo electrónico diseñado para aprovechar la energía de los fotones de luz y convertirla en energía eléctrica. Este proceso de conversión se logra mediante el efecto fotovoltaico, mediante el cual la célula solar genera una corriente eléctrica cuando se expone a la luz.

2.2.4 Panel Solar

Un módulo fotovoltaico, comúnmente llamado panel solar, es un conjunto de células fotovoltaicas integradas en una estructura resistente. Debido a la cantidad limitada de energía que puede producir una sola célula solar, los paneles solares constan de varias células solares interconectadas en circuitos paralelos para crear un módulo solar. El tamaño de un panel solar puede variar desde un solo módulo hasta varios módulos, dependiendo del grado de cobertura requerido para aprovechar la energía solar. La Figura 7 ilustra la diferencia entre células y paneles solares.

Figura 7

Diferencia entre Células Solares y Paneles Solares



Tomado de: <https://eepower.com/technical-articles/how-is-solar-panel-efficiency-measured/#>

2.2.5 Carga de Bicicleta Eléctrica

Cargar la bicicleta es sencillo y fácil. En primer lugar, seguir siempre las recomendaciones de carga del fabricante. A continuación, se presentan algunas pautas generales:

- Las bicicletas eléctricas se pueden cargar con la batería de la bicicleta; Algunas baterías son extraíbles y se pueden cargar desde la bicicleta.
- Se incluye un cargador de batería con la bicicleta eléctrica. Es importante utilizar el cargador del fabricante para garantizar la compatibilidad (enchufes, velocidades de carga y límite). Las baterías con sistemas de gestión de batería sólo funcionan con su propio cargador.
- Lo mejor es cargar la bicicleta eléctrica o la batería en el interior.

Por lo general, conecta la unidad de carga a un tomacorriente de pared y luego a la toma de carga de la batería de la bicicleta eléctrica (muchas tienen una tapa que debe quitar primero).

La autonomía es esencialmente el tiempo de ejecución: cuánto dura una batería con una sola carga, expresado en kilómetros de conducción. La autonomía, incluso en la misma bicicleta, varía; un viaje plano a la oficina con solo una mochila liviana tendrá un mejor alcance que un viaje cuesta arriba completamente cargado a casa.

La mayoría de las bicicletas eléctricas actuales tienen un alcance de entre 40 y 120 kilómetros, dependiendo de estos factores.

La carga depende de la capacidad de la batería, su cargador y otros factores. Por lo general, tarda entre 1,5 y 2 horas en alcanzar una carga mayoritaria (de 0% a 50% -80%) y alrededor de 4 a 5 horas para una carga completa (0% a 100%), aunque los tiempos de carga varían (Figura 8).

Figura 8*Carga de E-Bikes*

Tomado de: <https://www.bicycling.com/bikes-gear/a40273900/how-to-safely-charge-your-ebike/>

2.2.6 Partes del Árbol Solar

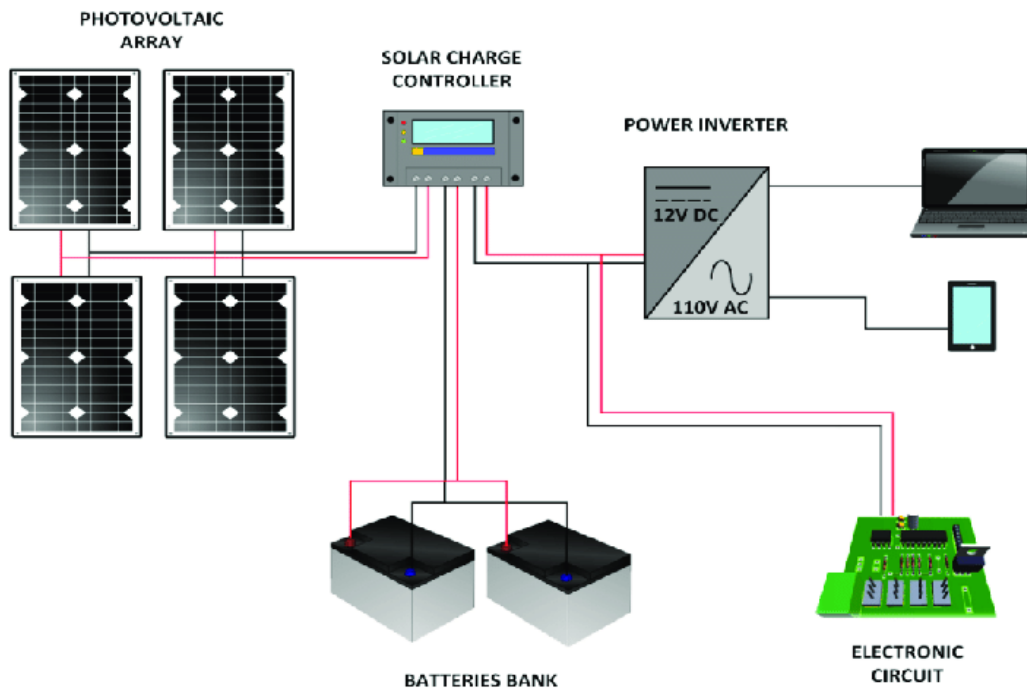
El Árbol Solar se compone principalmente de los siguientes componentes:

- Módulos solares fotovoltaicos
- UCP
- Estructuras de montaje de módulos
- Batería
- Sistemas de Monitoreo
- Cables y Conectores
- Pararrayos y puesta a tierra

El diagrama del sistema fotovoltaico es el activo de diseño fundamental para instalar un sistema de energía solar eficiente (Figura 9)

Figura 9

Diagrama del Sistema Fotovoltaico del Árbol Solar

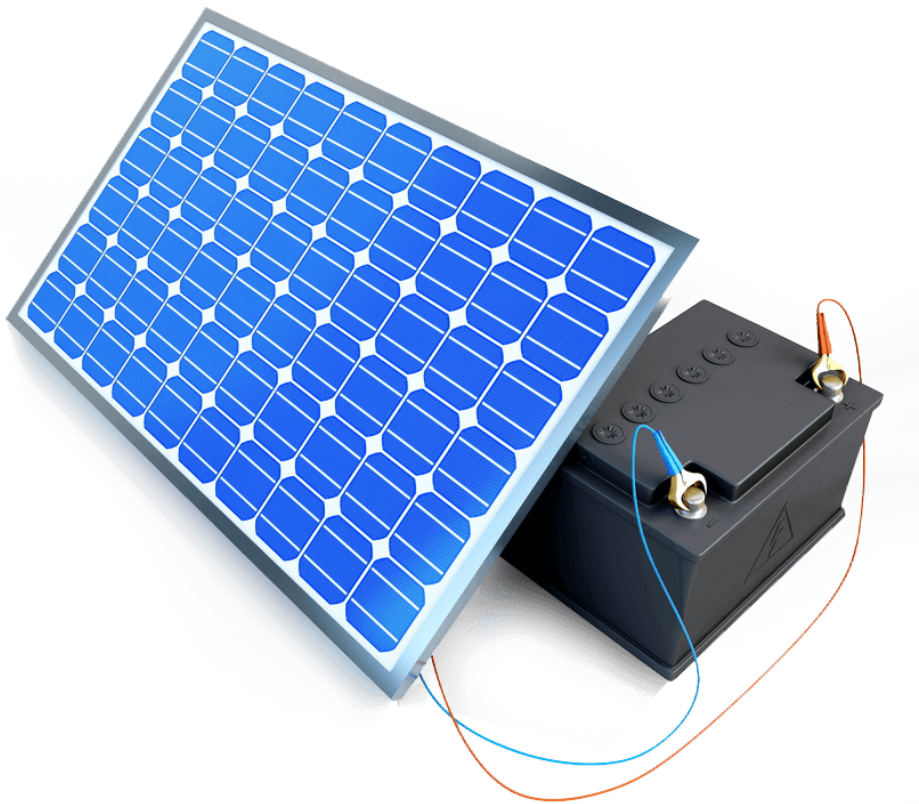


Tomado de: https://www.researchgate.net/figure/Diagram-of-the-Photovoltaic-system-of-the-solar-tree_fig3_324146496

2.2.7 Baterías

Las baterías son uno de los elementos más costosos (Hassan et al., 2021), y parte esencial de los sistemas de energía solar. Se encuentran entre las tecnologías más antiguas que han acompañado el descubrimiento de la electricidad y continúan desarrollándose en cuanto a materiales utilizados en su fabricación, forma, diseño y cantidad de energía capaz de almacenarla. Las baterías de ciclo profundo se han utilizado durante décadas para aplicaciones de energía verde y limpia en todo el mundo.

Las baterías de ácido, de iones de litio, de polímero de litio y de níquel-cadmio son algunas de las baterías más utilizadas en aplicaciones fotovoltaicas. Las baterías de iones de litio son comparables con los costos de almacenamiento de energía (Zubi et al., 2020, Prakash et al., 2020).

Figura 10*Batería*

Tomado de: <https://www.revistaautocrash.com/fabricacion-de-baterias-electricas-conozca-las-tecnologias-en-sus-componentes-y-materiales/>

2.2.8 Inversor

Los inversores inteligentes son instrumentos electrónicos de potencia con funciones avanzadas en software externo que controlan el comportamiento del inversor cuando está conectado a la red (Rangarajan et al., 2019). Los inversores tienen como objetivo convertir el voltaje de CC producido por los módulos solares en la frecuencia de la red del voltaje de CA.

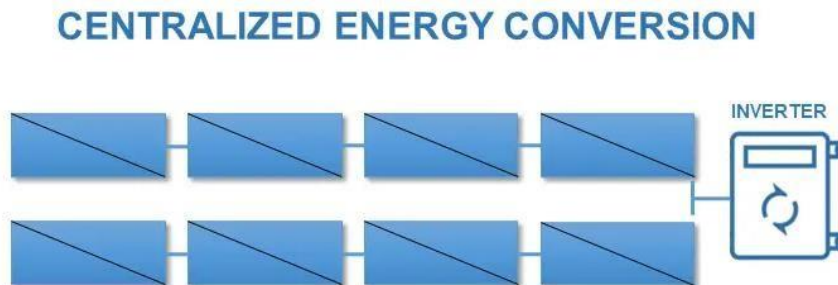
El aspecto más crítico de un inversor es su calidad de conversión. Los dispositivos actuales pueden funcionar a través de un inversor con un rendimiento de aproximadamente el 98% (Hyder et al., 2018c). El inversor es un convertidor electrostático que se utiliza para transformar la salida de corriente continua en corriente alterna (convertidor estático CC/CA).

Los inversores se eligen según la configuración y características del panel.

Un sistema fotovoltaico puede funcionar mediante conversión centralizada (Figura 11) o mediante conversión de cadenas.

Figura 11

Conversor



Tomado de: <https://biblus.accasoftware.com/en/photovoltaic-system-diagram-the-useful-design-guide/>

2.2.9 Cables y Conexiones

Los módulos fotovoltaicos están sujetos a condiciones atmosféricas como precipitaciones, irradiación solar y altas temperaturas. Se necesitan cables de excelente resistencia mecánica para proporcionar conexiones estables entre los módulos para su uso en entornos con alto estrés mecánico, clima seco y húmedo, condiciones de temperatura elevada y alta insolación solar. Las pérdidas por conexiones y cables en pequeños sistemas solares fotovoltaicos pueden representarse en un 1% (Ekici y Kopru, 2017).

2.2.10 Estructura del Marco

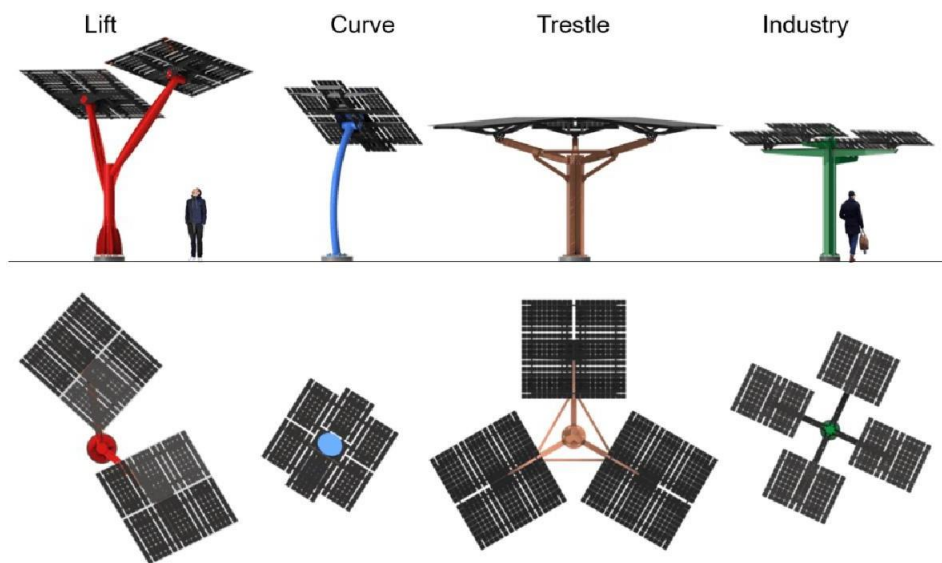
La estructura metálica depende del innovador, de cómo se ramifica o qué altura alcanza, y de las dimensiones de los árboles. Todos estos detalles están sujetos al innovador del árbol solar. Los árboles solares se diferencian de un diseño a otro y según las aplicaciones. La estructura externa debe ser lo suficientemente fuerte como para preservar el árbol en diferentes condiciones climáticas, como el caso de la carga de viento, que juega un papel vital en los cálculos de diseño de la estructura del árbol. En este sentido, los árboles solares pueden volcarse con vientos fuertes debido a la gran fuerza del árbol, sin mencionar que no se debe ignorar la estética de la estructura externa (Oluwafemi et al., 2019). El tipo de estructura

metálica es una de las partes más costosas. Los estudios han utilizado plástico reforzado para reducir los costos de construcción de la estructura del árbol solar (Shanmukhi et al., 2019). El diseño está optimizado para minimizar el peso y maximizar la generación de energía en diferentes componentes del árbol solar (es decir, tronco, placas base, partes planas intermedias, tallos y refuerzos) (Srisai y Harnsoongnoen, 2019). El peso corporal se reduce significativamente en un 40% aplicando la optimización de la estructura del árbol.

En 2011, Spotlight Solar presentó una línea de productos arquitectónicos a los que los clientes denominan árboles solares. Ofrecen cuatro modelos diferentes de árbol solar: Elevador, Curvo, Caballete e Industrial. (Figura 12).

Figura 12

Diseño de los Árboles Solares



Tomado de: <https://api.jreda.com/all-uploaded-img/Directory/6347f47d4d7d8.pdf>

2.2.11 Eficiencia del Árbol Solar

La eficiencia de los árboles solares depende de muchos factores, como la calidad de los módulos utilizados, el ángulo de incidencia de la irradiación solar y la proporción de sombras de los paneles entre sí. Los investigadores no han mencionado la eficiencia de los árboles solares debido a los factores mencionados. Según el análisis técnico, un diseño simple de árbol

solar es más eficiente que otros, ya que una sola capa de módulos fotovoltaicos mira hacia el sol.

Las estructuras de árboles solares fotovoltaicos utilizan el 1% de la superficie terrestre y aumentan la eficiencia aproximadamente entre un 10 y un 15% al proporcionar una altura variable y un diseño innovador en comparación con la energía solar fotovoltaica plana. Los árboles solares fotovoltaicos son arquitecturas solares artificiales que son muy parecidas a un árbol natural. Los diseños de árboles solares son distintivos y están creados para brindar apoyo específico a diversos entornos urbanos y naturales.

2.2.12 *Mantenimiento de Paneles Fotovoltaicos*

Los paneles solares normalmente no requieren mucho mantenimiento más que una limpieza periódica y mantenerlos libres de obstáculos que puedan proyectar sombras sobre los paneles. Los paneles solares necesitan un camino despejado hacia el sol para funcionar de manera óptima. La industria fotovoltaica adopta módulos estandarizados de 12 V o 24 V para la salida nominal. Puede conectar módulos fotovoltaicos en paralelo para aumentar la corriente y la potencia del sistema sin cambiar el voltaje del panel. Es mejor tener una combinación en serie y paralelo donde dos filas (en serie) de cuatro paneles fotovoltaicos (en paralelo) puedan aumentar el voltaje del sistema, con cada módulo fotovoltaico conectado como baterías en serie, conectores positivos a conectores negativos. Con cuatro paneles de 12 V conectados en paralelo, el voltaje aumenta en cuatro, dando una matriz de 48 V. Dos filas de paneles fotovoltaicos de conexión similar dan el mismo voltaje total del sistema.

Un conjunto fotovoltaico que esté más alejado de una batería o inversor pierde más energía eléctrica. Puede aumentar el voltaje para contrarrestar la pérdida, pero la distancia puede afectar la baja generación de energía de corriente continua. Es mejor minimizar la distancia del cableado y maximizar el tamaño del cable para reducir la pérdida de energía al mínimo.

La industria fotovoltaica adopta módulos estandarizados de 12 V o 24 V para la salida nominal. Puede conectar módulos fotovoltaicos en paralelo para aumentar la corriente y la potencia del sistema sin cambiar el voltaje del panel.

2.2.12 Norma NTE INEN-IEC 62253

Esta norma forma parte de la Norma CEI 62053 y se aplica únicamente a los contadores estáticos de energía activa nuevos, de clases de precisión 0,2 S y 0,5 S, destinados a la medida de la energía eléctrica activa para corriente alterna en redes de 50 Hz o 60 Hz y a sus ensayos de tipo.

En la cual se define que un sistema de medición de energía es un dispositivo que permite registrar el consumo de energía en un sistema eléctrico específico, ya sea en entornos industriales o domésticos. Este sistema calcula el consumo en kilovatios-hora (kWh), tanto para servicios eléctricos individuales como para sistemas completos.

El medidor de energía eléctrica, también conocido como contador, se utiliza para medir la cantidad de energía eléctrica suministrada a los clientes. Aplicando una tarifa establecida por la entidad reguladora, este dispositivo permite a la empresa facturar de manera precisa la potencia y energía consumida por los usuarios.

Capítulo III

Circuitos y Conexiones de los Paneles Monocristalinos para Recarga de Bicicletas

Eléctricas

Para diseñar un sistema de recarga de bicicletas eléctricas utilizando paneles monocristalinos, es importante entender los circuitos y conexiones involucrados. Aquí se tiene un ejemplo básico de cómo podrías configurar un sistema de este tipo:

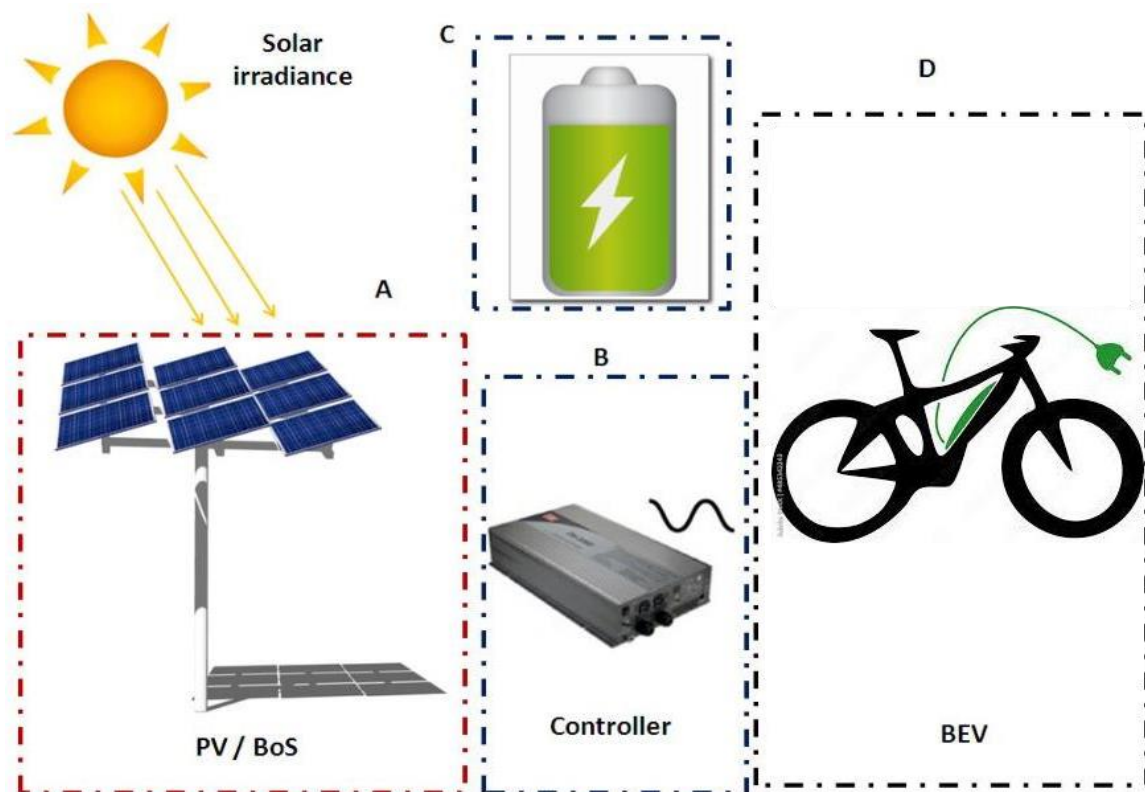
- **Paneles Monocristalinos:** Los paneles monocristalinos son altamente eficientes y se utilizan para capturar la energía solar. Estos paneles generan energía en forma de corriente continua (CC).
- **Regulador de Carga:** Un regulador de carga es esencial para proteger las baterías de sobrecargas y descargas excesivas. Este dispositivo también ayuda a optimizar la carga de las baterías.
- **Baterías:** Las baterías almacenan la energía capturada por los paneles solares para que pueda ser utilizada cuando no hay suficiente luz solar, como durante la noche o en días nublados.
- **Inversor:** El inversor convierte la corriente continua (CC) almacenada en las baterías en corriente alterna (CA) que se utiliza para alimentar los cargadores de las bicicletas eléctricas.
- **Cargador de Bicicletas Eléctricas:** El cargador de las bicicletas eléctricas transforma la corriente alterna (CA) en la corriente adecuada para cargar las baterías de la bicicleta.
- **Conexiones:** Las conexiones entre estos componentes deben realizarse cuidadosamente para garantizar la eficiencia del sistema. Asegurarse de utilizar cables de buena calidad y de tamaño adecuado para minimizar las pérdidas de energía.

3.1 Funcionamiento de Sistema

El sistema de árbol fotovoltaico con paneles monocristalinos para recarga de bicicletas eléctricas es una solución sostenible y eficiente que utiliza la energía solar para alimentar bicicletas eléctricas (Figura 13).

Figura 13

Sistema de Árbol Fotovoltaico con Paneles Monocristalinos para Recarga de Bicicletas



Aquí se explica cómo funciona este sistema:

- Captación de Energía Solar: El sistema está equipado con paneles solares monocristalinos que captan la luz solar durante el día. Los paneles monocristalinos son conocidos por ser eficientes en la conversión de energía solar en electricidad, incluso en condiciones de luz solar baja.
- Conversión de Energía: Los paneles solares capturan la energía del sol y la convierten en corriente continua (CC). Esta energía se almacena en baterías para su uso posterior. Las baterías son fundamentales para asegurar un suministro constante

de energía, incluso cuando no hay suficiente luz solar, como en días nublados o durante la noche.

- Sistema de Almacenamiento: Las baterías de almacenamiento son clave en este sistema. Almacenan la energía eléctrica generada durante el día para su uso posterior, lo que garantiza que las bicicletas eléctricas puedan cargarse incluso cuando no hay sol.
- Estación de Carga para Bicicletas Eléctricas: El sistema también incluye estaciones de carga equipadas con convertidores de corriente continua a corriente alterna (CA) para cargar las bicicletas eléctricas. Cuando los usuarios conectan sus bicicletas a estas estaciones, la energía almacenada en las baterías se utiliza para cargar las baterías de las bicicletas eléctricas.
- Sistema de Gestión y Distribución: Un sistema de gestión inteligente supervisa el estado de carga de las baterías y regula la energía entregada a las estaciones de carga.
- Uso Eficiente y Sostenible: Al utilizar energía solar para cargar las bicicletas eléctricas, se reduce la dependencia de combustibles fósiles y se disminuye la emisión de gases de efecto invernadero. Además, este sistema fomenta el uso de transporte sostenible, contribuyendo así a la reducción de la contaminación del aire y al cuidado del medio ambiente.

En resumen, el sistema de árbol fotovoltaico con paneles monocristalinos para recarga de bicicletas eléctricas aprovecha la energía solar, la almacena en baterías y la utiliza para cargar las bicicletas eléctricas, proporcionando una fuente de energía limpia y sostenible para la movilidad eléctrica.

Notas adicionales:

- Los paneles solares se conectan al regulador de carga para evitar sobrecargas en las baterías durante condiciones de alta radiación solar.
- Las baterías almacenan la energía para su uso posterior, asegurando una fuente continua de energía para cargar las bicicletas eléctricas.
- El inversor convierte la corriente continua (CC) de las baterías en corriente alterna (CA) que se utiliza en la red eléctrica y es compatible con los cargadores de las bicicletas eléctricas.

Hay que recordar que este es un ejemplo básico y que los detalles específicos del circuito y las conexiones pueden variar según las especificaciones de los componentes que se utilicen y los requisitos del proyecto.

3.2 Características Generales de los Elementos

3.2.1 Paneles Monocristalinos

En la figura 14 se muestra los paneles monocristalinos.

Figura 14

Paneles Monocristalinos



Tomado de: <https://powest.com/producto/panel-solar-powest-monocristalino-300w/>

En la Tabla 2 se muestran las especificaciones de los paneles monocristalinos.

Tabla 2*Especificaciones de los Paneles Monocristalinos*

Especificaciones Técnicas de los Paneles Monocristalinos	
• Tipo de Módulo	• Monocristalino
• Código	• NERM300-8300
• Potencia Máxima (Pmax)	• 300 W
• Tolerancia de Salida de Potencia	• +-3%
• Eficiencia	• 20.50 %
• Voltaje en Potencia Máxima (Vmp)	• 34.20 VDC
• Corriente Potencia Máxima (Imp)	• 8.78 A
• Voltaje de Circuito Abierto (Voc)	• 41.04 VDC
• Corriente de Cortocircuito (Isc)	• 9.30 A
• Máxima Tensión del Sistema	• 1000 VDC
• Máxima serie de Fusible	• 15 A
• Caja de Conexiones (grado de protección)	• IP 67
• Rango de Temperatura de Funcionamiento	• -40°C a 85°C
• NOCT (Temperatura Nominal de Funcionamiento de la Celda)	• 45 +-2

3.2.2 Inversor Híbrido Solar Powest 3KVA 24V en Red

Los sistemas inteligentes de gestión de energía POWEST están equipados con un controlador MPTT (Maximum Power Point Tracking) esto implica que llevan al panel a su

rendimiento máximo, evitando así la desventaja de los sistemas PWM, donde la tensión de la batería se iguala a la del panel, lo que resulta en una pérdida de eficiencia y que gestiona de manera eficiente la energía de sistemas de baterías, paneles solares, generadores eólicos y red eléctrica; logrando un sistema aislado sin cortes de luz, capaz de trabajar en 19 modos diferentes según la necesidad y la prioridad, equipado con un cargador inteligente que detecta el tipo de batería que se esté implementando (Figura 15).

Figura 15

Inversor Híbrido Solar Powest



Tomado de: <https://www.apreciosderemate.com/ups/8433-ups-hibrida-on-grid-inversor-solar-powest-3kva.html>

En la Tabla 3 se muestran las especificaciones del inversor.

Tabla 3*Especificación del Inversor Híbrido Solar Powest*

Componente	Especificación
Tipología de entrada:	Monofásica
Voltaje nominal de entrada:	120VAc
Cantidad de hilos:	3 (Fase + Neutro + GND)
Voltaje permitido por el rectificador:	95 -140 vac
Rango de frecuencia de entrada:	50Hz o 60Hz (Detección Automática)
Limitación de corriente de entrada:	150% sistema inversor y bypass
Conexión:	Bornera
Topología de salida:	Monofásica
Voltaje nominal de salida:	120VAC
Factor de potencia de Salida:	0.8
Potencia W:	3000VA/2400W
Tipo de onda de salida:	Senoidal pura
Otros voltajes de salida configurables:	110/120VAC
Tiempo de transferencia:	10 / 20 ms
Cantidad de hilos:	3 (Fase + Neutro + GND)
Regulación de voltaje:	<+/-5%
Sobre tensión de energía:	2 * Potencia Nominal por 5 Segundos
Frecuencia nominal de salida:	50Hz/60Hz
Capacidad de sobrecarga:	5s@=150% de carga, 10s@110%~150% de carga
Protecciones corto circuito:	Modo línea: Fusible Modo Batería: Circuito electrónico
Conexión:	Bornera
Eficiencia:	Modo Online 90%

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

Batería sellada con tecnología AGM (Absorbente Glass Mat) y VRLA (batería de ácido-plomo regulada por válvula), usada para aplicaciones generales como UPS, telecomunicaciones, usos eléctricos generales, etc. (Figura 16).

Figura 16*Batería de Gel 12V*

Tomado de: <https://welspec.com/products/bateria-sellada-12v-100ah-ref-fls121000-uso-solar-fuli-battery>.

En la Tabla 4 se observan las características de la batería.

Tabla 4*Especificaciones de la Batería*

Especificaciones Técnicas de la Batería
• Voltaje Nominal 12V • Capacidad Nominal (100 Hr): 110.0 Ah • Dimensiones: Longitud 306±2mm (12.05 “) Ancho 168±2mm (6.61 “) Altura 208±2mm (8.19 “) Altura Total (con terminal) 230±2mm (9.06 “) • Peso Aproximado: Aprox. 30.6 kg (67.5 lbs) • Terminal: M6 • Máxima Corriente de Descarga: 1200A (5s) • Resistencia Interna: Aprox. 4.9m Ω • Auto- descarga: Se pueden almacenar durante un máximo de 6 meses a 25°C (77°F) y luego se requiere una carga de reposición.

3.3 Parámetros del Panel Solar

A continuación, se detallan algunos de los parámetros clave asociados con los paneles solares que vale la pena estudiar.

- Potencia de salida (P): Es la potencia máxima que puede generar el panel solar. Esta especificación se mide en vatios (W).
- Voltaje (V): Es la diferencia de potencial generada entre los terminales positivo y negativo del panel solar. Esta especificación se mide en voltios (V).
- Corriente (I): El flujo de carga eléctrica a través del panel solar se denomina corriente (I). Esta especificación se mide en amperios (A).
- Voltaje de circuito abierto (Voc): este es el voltaje máximo que el panel solar puede generar mientras no está conectado a ningún tipo de carga en sus terminales positivo y negativo.
- Corriente de cortocircuito (Isc): Esta es la corriente máxima que el panel solar puede generar mientras sus terminales positivo y negativo están en cortocircuito o conectados entre sí.
- Factor de llenado (FF): Esta es una medida de la eficiencia del panel solar. Se define como la relación entre la potencia máxima que puede producir el panel solar y el producto de su voltaje de circuito abierto y su corriente de cortocircuito. $FF = P / (V_{oc} \times I_{sc})$
- Coeficiente de temperatura (TC): Esta es una cantidad que indica cómo cambian el voltaje y la corriente de salida del panel solar dependiendo de los cambios en la temperatura ambiente o la temperatura del panel solar.
- Eficiencia: Es una magnitud que indica el porcentaje de energía solar que prácticamente el panel solar puede convertir en energía eléctrica.

Estos parámetros son importantes para seleccionar y diseñar sistemas de paneles solares, así como para evaluar su desempeño.

3.4 Conexión Paneles Solares en Serie y Paralelo

Conectar paneles solares en serie y paralelo son dos métodos comunes para aumentar el voltaje y la corriente de un conjunto de paneles solares.

Cuando se conecta paneles solares en serie, se conecta el terminal positivo (+) de un panel solar al terminal negativo (-) de otro panel solar. El voltaje total del conjunto será la suma de los voltajes de cada panel solar, mientras que la corriente será la misma que la del panel solar que tenga las especificaciones de corriente más bajas.

Cuando se conecta paneles solares en paralelo, se conecta los terminales positivos (+) de todos los paneles solares juntos y los terminales negativos (-) juntos. El voltaje total del conjunto será el mismo que el de un solo panel solar, mientras que la corriente será la suma de las corrientes de cada panel solar.

Las siguientes son las fórmulas que se pueden utilizar para calcular el voltaje y la corriente totales de los paneles solares conectados en serie y en paralelo:

- Fórmula para calcular paneles solares conectados en serie:

Voltaje Total = $V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$, donde $V_1, V_2, V_3, \dots V_n$ son los voltajes de cada panel solar.

Corriente Total = I_{min} , donde I_{min} es la corriente del panel solar con la corriente más baja.

- Fórmula para calcular paneles solares conectados en paralelo:

Voltaje Total = $V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$, donde $V_1, V_2, V_3, \dots V_n$ son los voltajes de cada panel solar.

Corriente Total = $I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$, donde $I_1, I_2, I_3, \dots I_n$ son las corrientes de cada panel solar.

Tomar en cuenta que cuando los paneles solares se conectan en serie, el voltaje total del conjunto aumenta, pero la corriente total seguirá siendo la misma que la del panel solar de menor corriente. Cuando los paneles solares se conectan en paralelo, la corriente total del conjunto aumenta, pero el voltaje total seguirá siendo el mismo que el de un solo panel solar.

3.5 Conexión de Paneles Solares en Serie (Ejemplo Práctico)

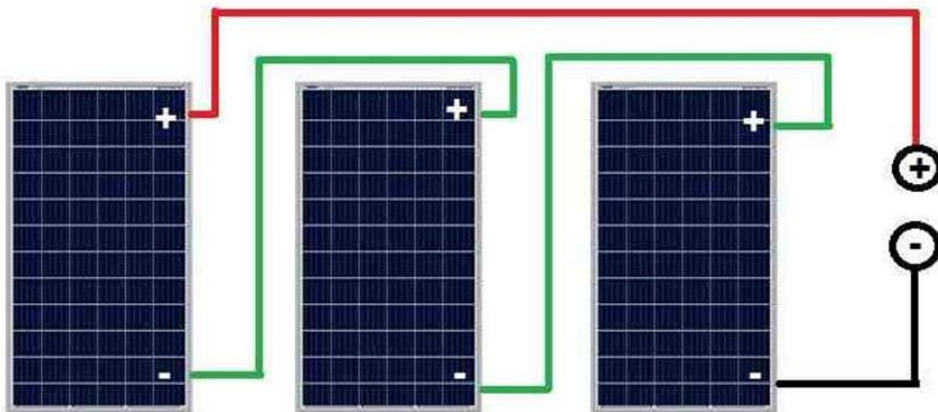
Por ejemplo, se tiene tres paneles solares de 100W con las siguientes especificaciones:

- Voltaje (V): 18 V Corriente (I): 5,56 A

Para poder conectar estos paneles solares en serie, se tiene que conectar el terminal positivo (+) del primer panel solar al terminal negativo (-) del segundo panel solar, y luego conectar el terminal positivo (+) del segundo panel solar al terminal negativo (-) del tercer panel solar, como se muestra en el diagrama de la Figura 17.

Figura 17

Paneles Solares en Serie



Tomado de: <https://www.homemade-circuits.com/how-to-connect-solar-panels-in-series-and-parallel/>

- El voltaje total del arreglo es:

$$V_{\text{total}} = V1 + V2 + V3 = 18V + 18V + 18V = 54V$$

- La corriente total de la matriz es:

$$I_{\text{total}} = I_{\text{mín}} = 5,56 \text{ A}$$

3.6 Conexión de Paneles Solares en Paralelo (Ejemplo Práctico)

Para conectar paneles solares en paralelo, se debe conectar los terminales positivos (+) de todos los paneles solares juntos y los terminales negativos (-) juntos. El voltaje total del conjunto de paneles solares es el mismo que el de un solo panel solar, mientras que la corriente es la suma de las corrientes de cada panel solar.

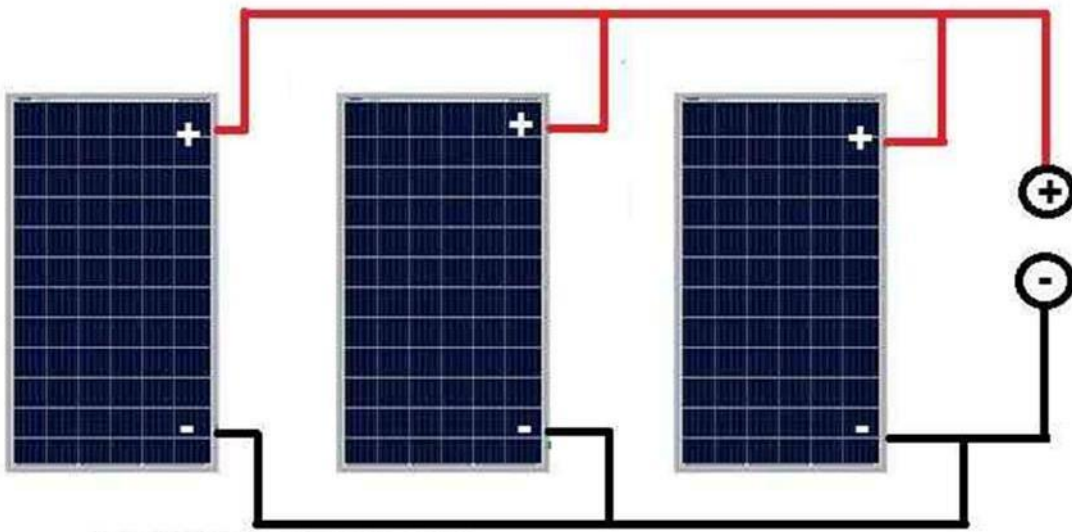
Por ejemplo, se tiene tres paneles solares de 100W con las siguientes especificaciones:

- Voltaje (V): 18 V Corriente (I): 5,56 A

Para conectar estos paneles solares en paralelo, se debe conectar los terminales positivos (+) de los tres paneles solares juntos y los terminales negativos (-) de los tres paneles solares juntos, como se muestra en el diagrama de la Figura 18.

Figura 18

Paneles Solares en Paralelo



Tomado de: <https://www.homemade-circuits.com/how-to-connect-solar-panels-in-series-and-parallel/>

- El voltaje total del arreglo es:

$$V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = V_3 = 18V$$

- La corriente total de la matriz es:

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3 = 5,56\text{A} + 5,56\text{A} + 5,56\text{A} = 16,68\text{A}$$

3.7 Conexión de Paneles Solares en Serie con Diferentes Especificaciones de Voltaje y Corriente

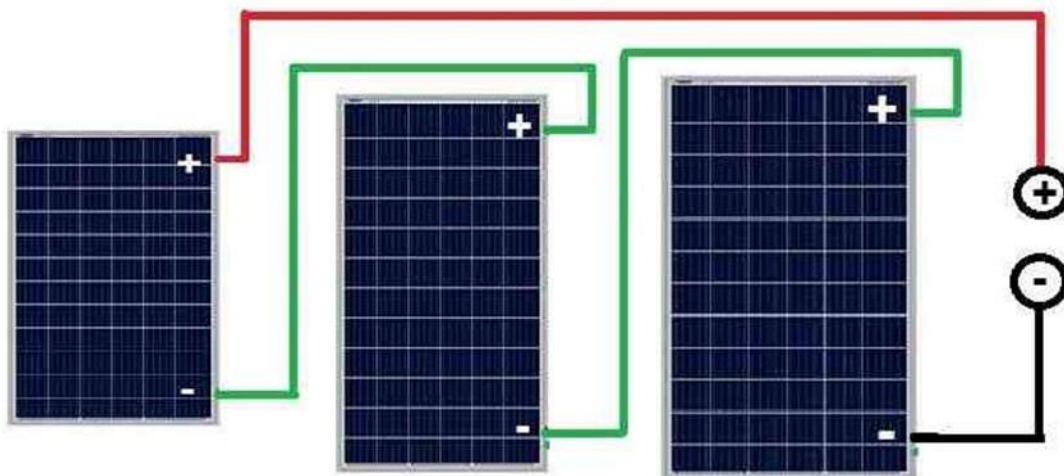
Se tiene tres paneles solares con las siguientes especificaciones:

- Panel solar 1: 100 W, 18 V, 5,56 A Panel solar 2: 150 W, 24 V, 6,25 A Panel solar 3: 200 W, 30 V, 6,67 A

Si se desea conectar los paneles solares anteriores en serie, se debe conectar el terminal positivo (+) del Panel Solar 1 al terminal negativo (-) del Panel Solar 2 y luego conectar el terminal positivo (+) del Panel Solar. Panel 2 al terminal negativo (-) del Panel Solar 3, como se muestra en el diagrama de la Figura 19.

Figura 19

Paneles Solares en Serie con Diferentes Especificaciones de Voltaje y Corriente



Tomado de: <https://www.homemade-circuits.com/how-to-connect-solar-panels-in-series-and-parallel/>

- El voltaje total del arreglo es:

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + V_3 = 18\text{V} + 24\text{V} + 30\text{V} = 72\text{V}$$

- La corriente total de la matriz es:

$$I_{\text{total}} = I_{\text{min}} = 5,56\text{A} \text{ (ya que el Panel Solar 1 tiene la corriente más baja)}$$

3.8 Conexión de Paneles Solares en Paralelo con Diferentes Especificaciones de Voltaje y Corriente

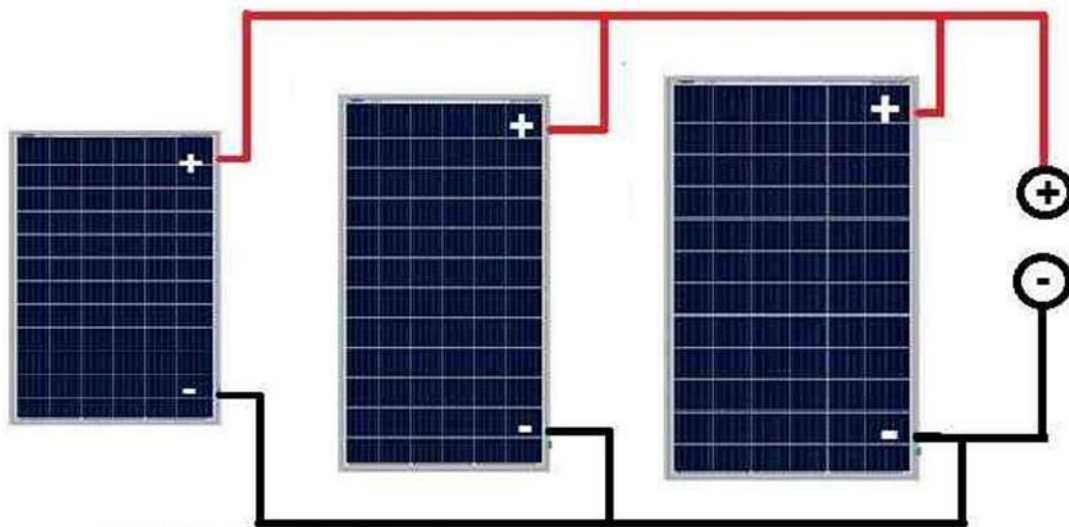
Se tiene tres paneles solares con diferentes especificaciones de voltaje y corriente:

- Panel solar 1: 100 W, 18 V, 5,56 A Panel solar 2: 150 W, 24 V, 6,25 A Panel solar 3: 200 W, 30 V, 6,67 A

Si se desea conectar los paneles solares anteriores con diferentes especificaciones en paralelo, se tendrá que conectar los terminales positivos (+) de los tres paneles solares juntos y los terminales negativos (-) de los tres paneles solares juntos, como se muestra en el diagrama de la Figura 20.

Figura 20

Paneles Solares en Paralelo con Diferentes Especificaciones de Voltaje y Corriente



Tomado de: <https://www.homemade-circuits.com/how-to-connect-solar-panels-in-series-and-parallel/>

- El voltaje total del arreglo es:

$$V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = V_3 = 18\text{V (ya que el Panel Solar 1 tiene el voltaje más bajo)}$$

- La corriente total de la matriz es:

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3 = 5,56\text{A} + 6,25\text{A} + 6,67\text{A} = 18,48\text{A}$$

Es importante tener en cuenta que, al conectar paneles solares con diferentes especificaciones, el rendimiento general del conjunto solar puede verse limitado por el panel de menor rendimiento. Por lo tanto, normalmente se recomienda utilizar paneles solares que tengan especificaciones idénticas, para poder maximizar el rendimiento general del sistema.

3.9 Mantenimientos en el Árbol Eléctrico

La definición de los mantenimientos y los procesos de carga y descarga de los equipos utilizados en el árbol eléctrico es crucial para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro del sistema eléctrico. A continuación, se proporciona una explicación detallada de estos conceptos:

Los mantenimientos en el árbol eléctrico se refieren a las actividades planificadas y sistemáticas realizadas en los equipos y componentes del sistema eléctrico para asegurar su buen funcionamiento, confiabilidad y vida útil prolongada. Estos mantenimientos pueden clasificarse en tres categorías principales:

- **Mantenimiento Preventivo:** Es el tipo de mantenimiento programado que se lleva a cabo de manera regular para prevenir posibles fallas y asegurar el rendimiento óptimo de los equipos. Incluye actividades como inspecciones visuales, limpieza, lubricación y ajustes periódicos.
- **Mantenimiento Predictivo:** Se basa en la monitorización y análisis continuo de parámetros específicos de los equipos para prever posibles problemas antes de que ocurran. Esto implica el uso de tecnologías como termografía, análisis de aceite, ultrasonido, entre otros, para detectar anomalías y tomar acciones preventivas.
- **Mantenimiento Correctivo:** Se realiza en respuesta a una falla o problema identificado en el equipo. El objetivo es restaurar el equipo a su condición normal de funcionamiento lo más rápido posible. Este tipo de mantenimiento puede ser

planeado (cuando se sabe que una falla ocurrirá en algún momento) o no planeado (fallas inesperadas).

3.10 Procesos de Carga y Descarga de Equipos

Proceso de Carga: Se refiere al acto de suministrar energía eléctrica a los equipos, dispositivos o sistemas para permitir su funcionamiento. Durante este proceso, es fundamental asegurar que la carga sea adecuada para evitar sobrecargas que puedan dañar los equipos. Además, es importante utilizar fuentes de energía confiables y estables para garantizar un suministro eléctrico seguro.

Proceso de Descarga: Implica el retiro controlado de la energía de los equipos o sistemas eléctricos. Esto puede ocurrir de forma natural cuando los equipos consumen energía para realizar sus funciones. También puede ser necesario durante el mantenimiento o en situaciones de emergencia para desconectar los equipos de la fuente de alimentación de manera segura y controlada.

En resumen, definir los mantenimientos adecuados y comprender los procesos de carga y descarga de los equipos en el árbol eléctrico es esencial para garantizar la operación segura y eficiente del sistema eléctrico, minimizando las fallas y prolongando la vida útil de los equipos. Estos conceptos son fundamentales para mantener la confiabilidad del suministro eléctrico y prevenir posibles interrupciones en el servicio.

Dos conceptos importantes y muy utilizados en los sistemas de almacenamiento de energía son el estado de carga (SOC por sus siglas en inglés) y profundidad de descarga (DOD por sus siglas en inglés).

3.10.1 Estado de Carga de la Batería (SoC)

El estado de carga de la batería (SoC) es la capacidad disponible en relación con una capacidad de referencia. El estado de carga (SoC) es esencialmente lo opuesto a la profundidad

de descarga. SoC es el porcentaje de capacidad de la batería que aún está almacenada y disponible en la batería.

3.10.1 Profundidad de Descarga (DoD)

La profundidad de descarga (DoD) es una figura de mérito que se utiliza a menudo en lugar de SoC. Se define como la cantidad de carga extraída de la batería en un estado dado (Q_d) en relación con la cantidad total de carga que se puede almacenar en esta batería (C) y generalmente se expresa como un porcentaje.

$$\text{Profundidad de Descarga (DoD)} = \frac{\text{cantidad de carga eliminada (} Q_d \text{)}}{\text{cantidad de carga máxima disponible (} C \text{)}} \times 100$$

$$\text{Profundidad de Descarga (DoD)} = 100 \% - \text{SoC}$$

Para definir la profundidad de descarga, primero se debe establecer el término capacidad de la batería. La capacidad de la batería es el suministro total de energía eléctrica disponible de la batería, expresado como una unidad de potencia en el tiempo, como kilovatios-hora (kWh).

La profundidad de descarga es el porcentaje de la batería que se ha descargado en relación con la capacidad total de la batería.

Ejemplo:

La condición de carga se refiere a la energía almacenada en la batería en relación con su capacidad total y se representa como un porcentaje. Por ejemplo, un SOC del 55% indica que la batería tiene una reserva de energía equivalente al 55% de su capacidad máxima.

La profundidad de descarga se define como la energía extraída de una batería, expresada como un porcentaje del total. Por ejemplo, si la batería tiene un DOD del 75%, significa que se ha utilizado el 75% de su energía. En términos generales, la suma del Estado de Carga (SOC) y la Profundidad de Descarga (DOD) siempre es igual al 100% para cualquier batería.

La profundidad de descarga máxima se refiere a la máxima cantidad de energía que se puede extraer de una batería sin causarle daño. En el caso de las baterías de ácido plomo, comúnmente utilizadas en sistemas fotovoltaicos, esta profundidad de descarga máxima suele estar en un rango del 70% al 80%.

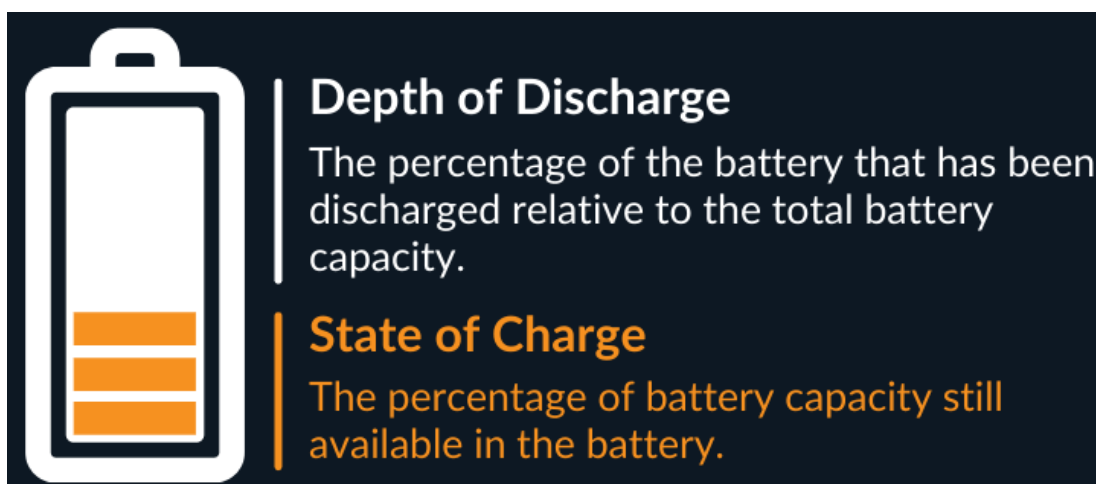
Un término más de la batería que se debe conocer es el ciclo de vida, que representa cómo los ciclos estimados de carga/descarga puede atravesar una batería antes de que haya una caída significativa en el rendimiento.

Hay que considerar que, al igual que con los paneles solares, una batería no deja de funcionar simplemente el último día de su vida útil estimada. Muchas baterías seguirán funcionando con caídas marginales en el rendimiento mucho después de que expire la garantía.

En algunos casos, DoD es más útil que SoC, porque parte de un estado de batería completamente cargada, que es más independiente de las condiciones externas (en particular, para baterías nuevas) que una batería vacía (Figura 21).

Figura 21

Almacenamiento de Baterías



Tomado de: <https://www.solarips.com/battery-storage-101-what-is-depth-of-discharge>

Capítulo

IV

Comprobaciones del Árbol Solar Fotovoltaico

Para comprobar el rendimiento de un sistema solar fotovoltaico, es muy importante llevar a cabo diversas comprobaciones para asegurarse de que está funcionando de manera eficiente. Aquí se enuncian algunas pautas para verificar el rendimiento de tu sistema solar fotovoltaico:

- **Monitorización del Sistema:** La mayoría de los sistemas solares modernos vienen con sistemas de monitorización integrados. Utiliza el software de monitorización proporcionado por el fabricante para revisar regularmente el rendimiento del sistema. Esto te permitirá ver datos como la producción de energía en tiempo real y el rendimiento histórico.
- **Inspección Visual:** Realizar inspecciones visuales periódicas de los paneles solares para asegurarse de que estén limpios y sin obstrucciones. La suciedad, las hojas y otros elementos pueden reducir la eficiencia del sistema.
- **Medición de la Producción:** Comparar la producción real de energía con la producción esperada. Si hay una gran diferencia entre estos dos valores, podría indicar un problema en el sistema.
- **Comprobación del Inversor:** El inversor es una parte clave del sistema. Asegurarse de que esté funcionando correctamente y no esté mostrando códigos de error. Los inversores a menudo tienen luces indicadoras que pueden dar pistas sobre su estado.
- **Comprobación de Cables y Conexiones:** Inspeccionar visualmente los cables y las conexiones para asegurarse de que estén en buen estado y correctamente conectados. Las conexiones sueltas o dañadas pueden afectar negativamente el rendimiento del sistema.

- **Análisis del Registro de Datos:** Revisar los registros de datos del sistema para identificar patrones. Por ejemplo, si la producción de energía disminuye de manera consistente en ciertas horas del día, podría indicar sombreado en los paneles solares.
- **Comprobación de la Orientación y Ángulo de Inclinación:** Asegurarse de que los paneles solares estén orientados correctamente hacia el sol y que el ángulo de inclinación sea adecuado para la ubicación geográfica. Pequeños ajustes en la orientación y el ángulo pueden marcar la diferencia en el rendimiento.
- **Comprobación de la Eficiencia de Conversión:** Comparar la eficiencia de conversión de tu sistema con las especificaciones del fabricante. Esto proporciona una idea de qué tan eficiente es el sistema en la conversión de la luz solar en electricidad.
- **Inspección Profesional:** Considerar contratar a un profesional para realizar inspecciones periódicas del sistema. Los técnicos solares pueden hacer pruebas y mediciones especializadas para asegurarse de que todos los componentes estén funcionando correctamente.

Tener presente de que la monitorización regular y el mantenimiento son clave para asegurar un rendimiento óptimo a largo plazo del sistema solar fotovoltaico.

4.1 Comprobar el Rendimiento del Sistema de Árbol Solar

- Hay que asegurar de que el inversor esté funcionando correctamente.
- Verificar el tipo de inversor que tiene: ¿se puede conectar de forma remota a una computadora a través de WiFi?
- Garantizar que haya suficiente luz solar disponible.
- Examinar periódicamente los componentes.
- Controlar el uso de energía.
- Escombros acumulados: polvo, suciedad, hojas y otros materiales.

- Conexiones eléctricas sueltas o dañadas.

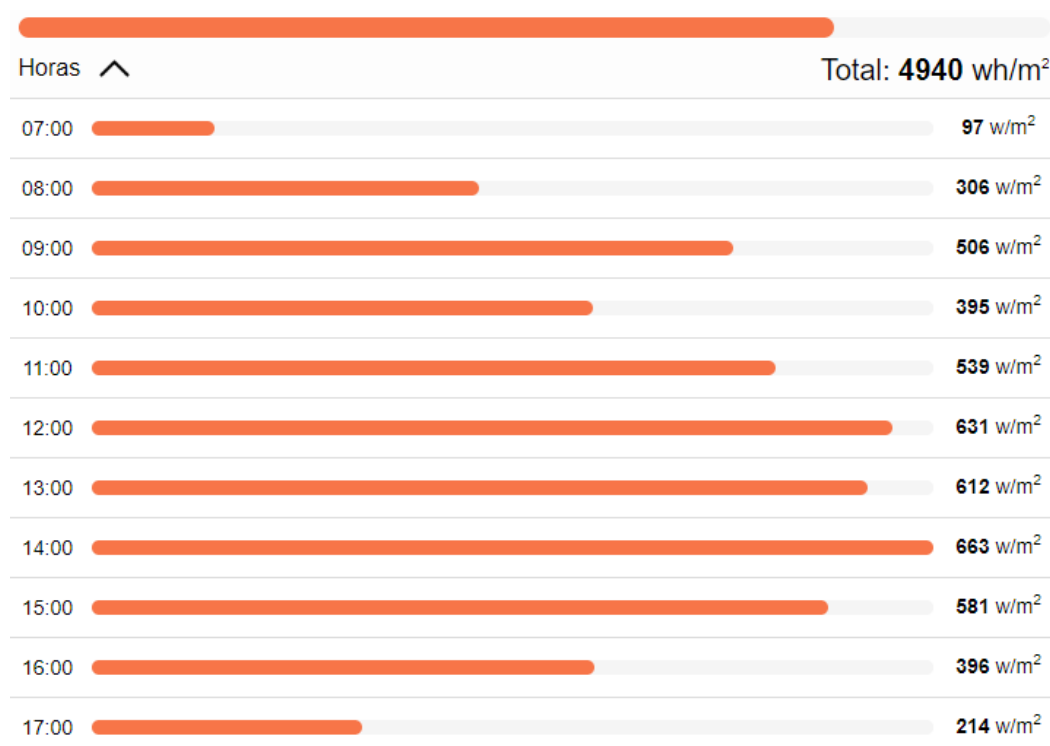
4.2 Instalación de un Sistema Fotovoltaico para Lograr el Máximo Rendimiento

Paso 1: Planificación y creación de sistemas solares fotovoltaicos

Para estimar la producción proyectada de su instalación, es fundamental evaluar el recurso solar y considerar posibles áreas con sombra. La cantidad de recurso solar disponible se mide en horas de sol pico, que representa el número de horas en las que su sistema solar recibe 1000 vatios por metro cuadrado cada día (Figura 22). Por ejemplo, en muchas regiones de Ecuador, el recurso solar es significativo, por estar en la zona equinoccial, llegando a 660 vatios por metro cuadrado o 6 horas de sol pico en Guayaquil (Tutiempo.net, 2023). También se puede utilizar un medidor de irradiancia solar para determinar la irradiancia solar real en vatios por metro cuadrado (W/m^2) y evaluar las áreas sombreadas para establecer una referencia precisa.

Figura 22

Horas Solar Pico en Guayaquil



Tomado de: <https://www.tutiempo.net/radiacion-solar/guayaquil.html>

Suponer que se está instalando un sistema fotovoltaico de 1 kilovatios (kW). Se puede calcular la producción anual aproximada multiplicando 1 kW por 6 horas de sol pico al día, durante los 365 días del año, y aplicando un factor de reducción del 15% para tener en cuenta las pérdidas de potencia en el cableado y el inversor. Según estos cálculos, la instalación debería generar alrededor de 1.8615 kilovatios-hora (kWh) de energía al año o 5.1 kWh por día.

Paso 2: Evaluación del Rendimiento de Energía Solar

Una vez que el sistema ha sido instalado, es crucial verificar que funcione de acuerdo con el diseño inicial. Para lograr esto, es necesario medir las características eléctricas y la potencia real generada por los paneles solares.

La efectividad de la instalación de los paneles solares se evalúa mediante la curva de corriente-tensión (I-V). Un inversor no solo convierte la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA), sino que también optimiza su producción de energía al capturar la corriente y la tensión (puesto que la potencia se calcula multiplicando la tensión por la corriente) en el punto en el cual la cadena de paneles solares genera la máxima potencia. La corriente de cortocircuito (ISC) representa la máxima corriente de una celda y no genera potencia debido a la falta de diferencia de tensión, ya que los cables positivo y negativo están en contacto directo. Por otro lado, la tensión de circuito abierto (VOC) representa la máxima tensión de una celda y tampoco genera potencia debido a que el circuito está abierto. El punto en el cual el módulo solar genera la potencia máxima se conoce como el "punto de potencia máxima" (ppm).

4.2.1 Descripción de los Parámetros de las Curvas IV

En la Figura 23, se observa tanto la curva I-V (representada por la línea verde discontinua) como la curva P-V (representada por la línea azul discontinua).

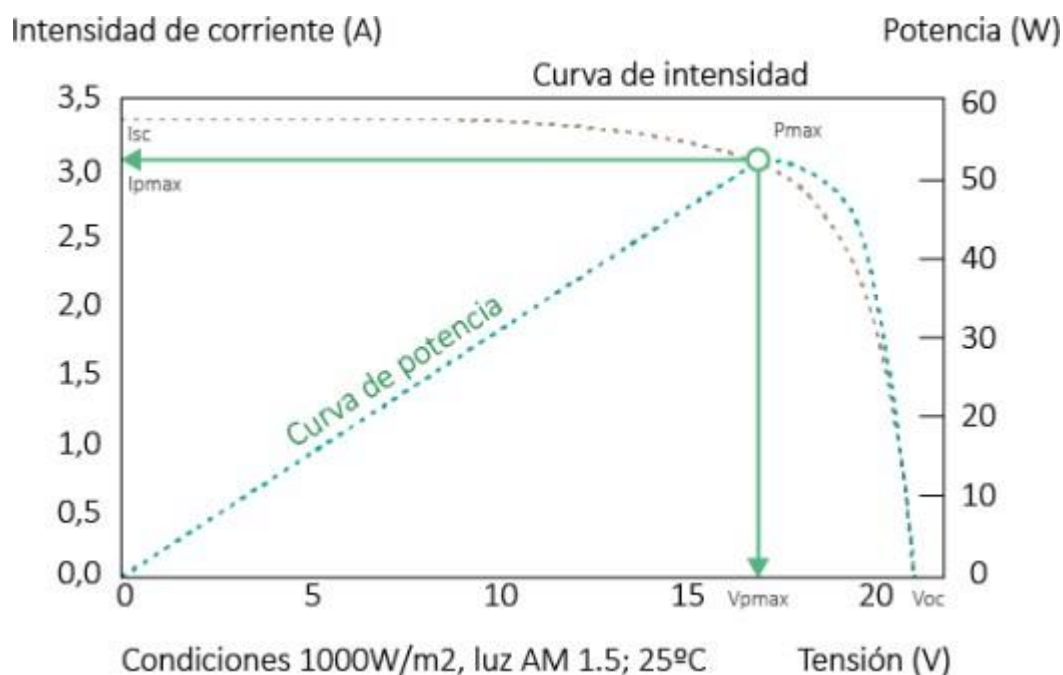
Es lógico que al examinar la curva I-V, se puede identificar el valor de la tensión en circuito abierto (U_{oc}) en el eje "x" de la gráfica cuando la corriente es cero, ya que en un circuito abierto no hay flujo de amperios.

En el eje "y" izquierdo, se encuentra el valor de la intensidad de cortocircuito (I_{sc}), ya que cuando el panel está en cortocircuito, el voltaje es cero.

Otro aspecto crucial de la curva I-V es el punto de potencia máxima del panel solar (P_{mp}), que ocurre cuando los valores de voltaje y corriente alcanzan su máxima potencia (U_{mp} e I_{mp} , respectivamente).

Figura 23

Curva de Corriente-Tensión (I-V)



Tomado de: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/la-curva-de-intensidad-voltaje-y-la-de-potencia-voltaje-de-un-panel-solar-el-papel-del-regulador-de-carga>

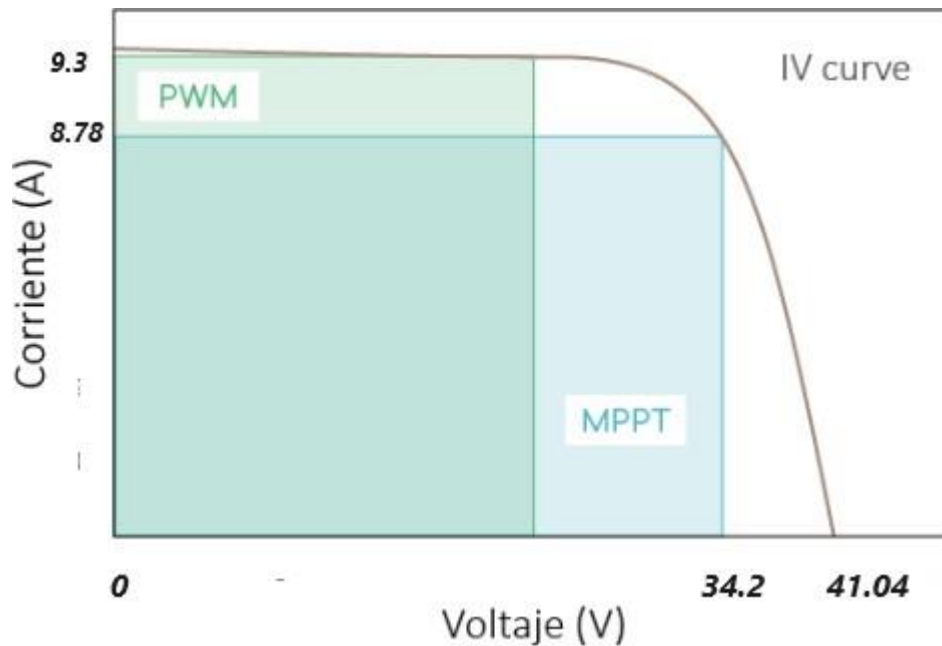
En el panel del proyecto como se muestra en la Figura 24, el voltaje correspondiente al punto de máxima potencia es $U_{mp} = 8.78 \text{ V}$ y la corriente de salida máxima es $I_{mp} = 34.2 \text{ A}$. Por lo tanto, $P_{mp} = 8.78 \text{ V} \times 34.2 \text{ A} = 300 \text{ W}$.

Con el objetivo de operar eficientemente dentro de la curva I-V de un panel solar, es esencial que el regulador de carga tenga la capacidad de identificar el punto óptimo en diversas

situaciones. Esta tarea puede ser realizada únicamente por los reguladores que cuentan con tecnología MPPT, como es el caso del regulador del proyecto del árbol solar.

Figura 24

Punto Óptimo de la Curva de Corriente-Tensión (I-V)



Tomado de: <https://info.ornl.gov/sites/publications/Files/Pub57399.pdf>

Según la Tabla 2, la potencia del panel es 0,3 kW, la longitud del panel es 1,290 m y el ancho del panel es 1.134 m. La eficiencia se puede calcular mediante:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia Máxima (kW)}}{\text{Longitud del Panel} \times \text{Ancho del Panel (m)}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0.3 \text{ kW}}{1.290\text{m} \times 1.134\text{m}} \times 100\%$$

$$\eta = 20.50\%$$

Por tanto, la eficiencia de los paneles solares es del 18,5%.

Considerando la misma especificación mencionada en la Tabla 2, el factor de llenado se puede calcular mediante la fórmula:

$$FF = \frac{\text{Potencia Máxima (kW)}}{\text{Corriente de cortocircuito (A)} \times \text{Voltaje de circuito abierto (V)}}$$

$$FF = \frac{I_m \times V_m}{I_{sc} \times V_{oc}}$$

$$FF = \frac{8.78 \text{ A} \times 34.20 \text{ V}}{9.30 \text{ A} \times 41.04 \text{ V}} = 0.79$$

Calcular la eficiencia de la célula solar:

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{I_{sc} \times V_{oc} \times FF}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{9.30 \text{ A} \times 41.04 \text{ V} \times 0.79}{1000} \times 100 \%$$

Considerando P en 1000 W/m²

$$\eta = 30.15$$

Por tanto, la eficiencia de las células solares es del 30,15 %.

Para comprobar el rendimiento del sistema solar, se puede seguir estos pasos:

- Monitoreo del Consumo y Producción de Energía: Revisar las facturas de electricidad para ver cuánta energía se está consumiendo en un período determinado. Luego, consultar los datos de producción de energía del sistema solar. La mayoría de los sistemas solares tienen un inversor que registra la producción de energía. Puede revisarse estos registros para determinar cuánta energía está generando el sistema solar en el mismo período que se analiza el consumo.
- Calcular la Eficiencia del Sistema: Dividir la energía producida por el sistema solar (en kilovatios hora, kWh) por la energía total que se podría haber producido si el sistema estuviera funcionando al 100% de su capacidad (esto se conoce como la capacidad nominal del sistema, generalmente en kWp). Esto es la eficiencia del sistema en forma de porcentaje.
- Verificar si el Rendimiento es el Esperado: Comparar la eficiencia del sistema con las expectativas. La eficiencia puede variar según la ubicación geográfica, el ángulo

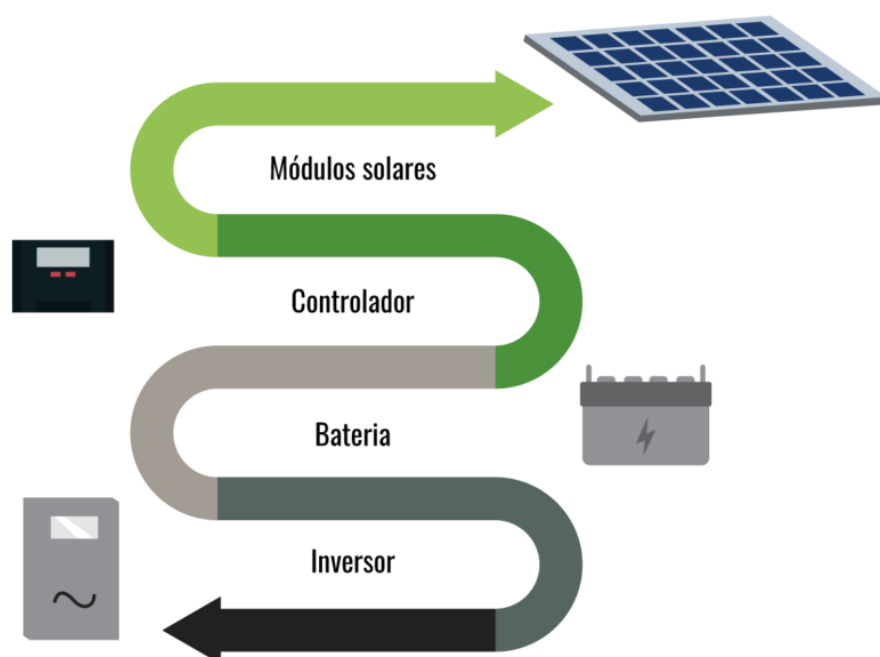
e inclinación de los paneles solares, sombreado y otras condiciones climáticas. Si la eficiencia es significativamente menor de lo esperado, podría haber un problema con el sistema, como sombreado excesivo, mal funcionamiento de los paneles o un inversor defectuoso. En este caso, sería recomendable contactar al instalador del sistema o a un profesional para que realice una inspección.

- Monitoreo Continuo: Considerar instalar un sistema de monitoreo continuo. Estos sistemas proporcionan datos en tiempo real sobre la producción de energía y pueden alertar sobre cualquier problema en el sistema de forma automática.
- Mantenimiento Regular: Realizar un mantenimiento regular del sistema solar, que puede incluir la limpieza de los paneles solares para asegurar que estén libres de suciedad y escombros que podrían reducir la eficiencia, así como inspecciones periódicas para asegurar de que todos los componentes estén funcionando correctamente.

Tener presente que, si se encuentra problemas con el rendimiento del sistema solar, es importante consultar a un profesional para que realice una evaluación detallada y realice las reparaciones necesarias.

4.2.2 Mantenimiento del Sistema

Una de las grandes ventajas de los sistemas de generación fotovoltaica radica en su bajo requerimiento de mantenimiento, lo que los convierte en una opción ideal para entornos donde se busca independencia operativa. Sus módulos están equipados con vidrio templado de entre 3 y 3,5 mm de grosor en la parte frontal, proporcionándoles resistencia ante impactos. Además, estos sistemas son capaces de adaptarse a diversas condiciones climáticas. En Ecuador, las latitudes predominantes hacen que la inclinación mínima recomendada para los módulos, de al menos 15°, permita que la suciedad se elimine naturalmente de su superficie, muchas veces gracias a la acción de la lluvia (Figura 25).

Figura 25*Componentes de un Sistema Fotovoltaico*

Tomado de: <https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>

Sin embargo, es imprescindible verificar regularmente la limpieza del vidrio del módulo (Figura 26). Si se encuentra sucio, se recomienda utilizar agua con detergente para eliminar cualquier suciedad presente. Es fundamental considerar ciertos aspectos:

Verificar constantemente que el ángulo de inclinación permanezca constante.

Hay que confirmar que no haya objetos cercanos proyectando sombras sobre ningún sector del módulo, desde la salida hasta la puesta del sol.

Inspeccionar todas las conexiones para asegurar su ajuste adecuado, sin signos de oxidación, suciedad o acumulación de insectos.

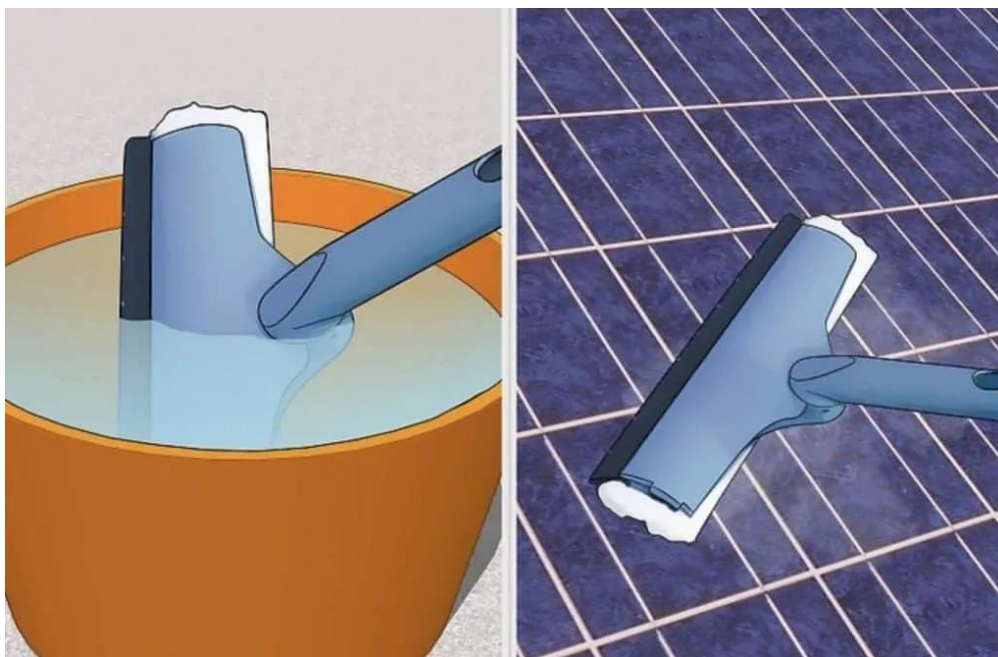
Mantener el módulo limpio y libre de sombras es esencial. En caso de observar suciedad, se debe limpiar con una tela suave que no dañe el vidrio. Si algún objeto cercano proyecta sombra sobre el módulo, se debe reubicar para eliminar este efecto.

El vidrio que cubre el módulo es resistente a la lluvia, pero no es irrompible. Por tanto, es importante evitar que objetos, como piedras, impacten sobre él y puedan causar daños.

Evitar que aves u otros animales se posen sobre el módulo, el cable de conexión o cualquier otra parte expuesta, ya que además de ensuciarlos, podrían causar desconexiones involuntarias.

Figura 26

Procedimiento de Limpieza de los Paneles



Tomado de: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/como-limpiar-placas-solares/>

Es crucial proteger la unidad de control de cualquier exposición al agua, ya sea por lluvia u otras circunstancias similares (Figura 27).

Evitar que entre líquido u otras sustancias, así como prevenir impactos de objetos pesados que puedan causar daños, es fundamental. La simplicidad del regulador reduce significativamente la necesidad de mantenimiento y minimiza las posibilidades de averías.

Realizar una inspección visual para evaluar el estado operativo del regulador, revisar las conexiones y el cableado, y observar el voltímetro y amperímetro basta para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

Realizar una revisión completa una o dos veces al año resulta beneficioso: verificar que las conexiones entre los paneles solares y el regulador estén correctamente ajustadas y libres

de corrosión según los lineamientos de las Normas ASTM. En la mayoría de las ocasiones, la lluvia suele eliminar la necesidad de limpiar los paneles.

Figura 27

Protección de la Unidad de Control



En lo relacionado al controlador de carga debe conectarse solo en un sistema fotovoltaico. Todos los trabajos eléctricos deben realizarse de acuerdo con los códigos eléctricos locales, nacionales e internacionales debido a que el controlador se diseña para su instalación en interiores, la unidad no debe exponerse a la lluvia, la nieve o cualquier otro líquido.

En el inversor es necesario protegerlo del polvo, suciedad, humedad, filtraciones de agua, conexiones eléctricas, etc. Cabe indicar que la vida útil estimada de un inversor solar es de unos 10 años.

Con respecto al banco de baterías debe permanecer en un lugar fijo y no tener movimiento ni vibraciones lo que da como resultado que la vida de las baterías sea mayor y que su mantenimiento se reduzca.

Dentro del mantenimiento de los paneles solares, es necesario revisar las conexiones y protecciones del sistema fotovoltaico.

También las estructuras de montaje son parte esencial en el sistema fotovoltaico, por lo que también es imprescindible darle el mantenimiento adecuado, hay que comprobar posibles degradaciones, como son deformaciones, grietas, formación de óxido, etc. Verificar la fijación de los paneles solares a la estructura y en caso de ser necesario reajustar la tornillería y comprobar que las perforaciones estén correctamente selladas.

4.2.3 Herramientas Necesarias para Inspeccionar el Sistema

Una ventaja de los sistemas fotovoltaicos es su bajo requerimiento de mantenimiento en comparación con otras formas de generación de energía. Sin embargo, es recomendable realizar revisiones periódicas para garantizar su óptimo rendimiento.

Las herramientas y materiales necesarios para llevar a cabo la inspección anual del módulo fotovoltaico son las siguientes:

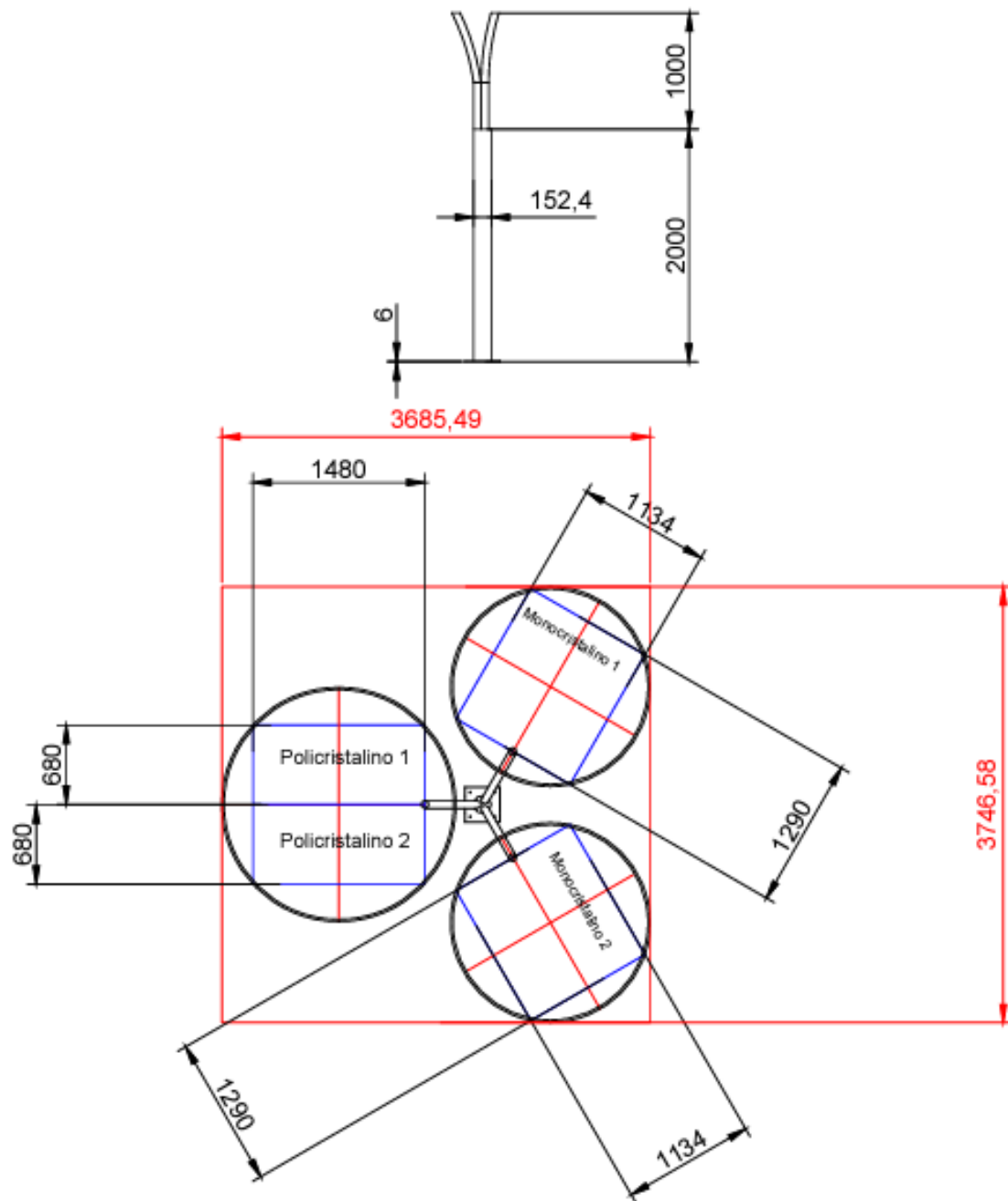
- Fuente de alimentación de corriente continua ajustable.
- Multímetro con capacidades de medición de continuidad, resistencia, voltaje y corriente.
- Alicates de electricista.
- Dos destornilladores de estrella, uno de 3/16"x5" y otro de 1/4"x5".
- Dos destornilladores planos, uno de 3/16"x5" y otro de 1/4"x5".
- Alicates de sujeción mecánica.
- Pinzas para terminales eléctricos.
- Pinzas de punta fina.
- Juego de llaves mixtas en tamaños de 10mm, 12mm, 13mm, 5/16", 3/8", 7/16", 1/2" y 9/16".
- Terminales de ojo de diferentes medidas.

- Cinta aislante de plástico.

En la Figura 28 se muestra el diseño del árbol solar fotovoltaico, el cual ocupa un área aproximada de 14 m^2 .

Figura 28

Diseño del Árbol Solar Fotovoltaico



4.2.3 Consumo de Energía de la Bicicleta Eléctrica

Para estimar los requisitos de potencia de su bicicleta eléctrica, puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia (vatios)} = \text{voltaje (voltios)} \times \text{corriente (amperios)}$$

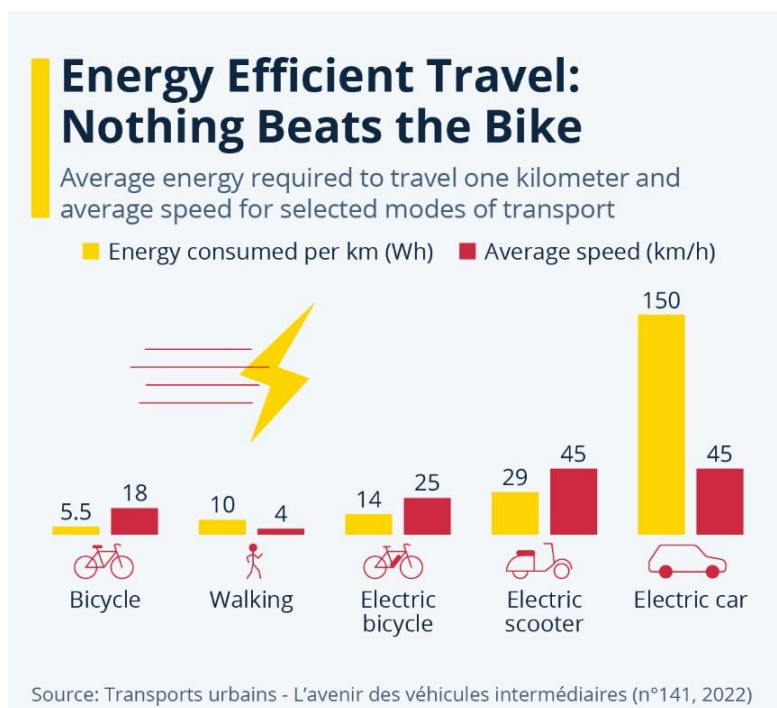
La mayoría de las bicicletas eléctricas tienen un motor que funciona con 36 o 48 voltios y consume entre 10 y 20 amperios de corriente. Esto significa que el consumo de energía de una bicicleta eléctrica suele oscilar entre 360 y 960 vatios.

De media, el consumo de energía típico de una bicicleta eléctrica puede variar según el tipo de bicicleta y los componentes utilizados. Sin embargo, una bicicleta eléctrica suele consumir entre 200 y 500 vatios de potencia, lo que proporciona una autonomía de aproximadamente 20 a 60 millas por carga, según el terreno y las condiciones de conducción.

De acuerdo con una investigación efectuada por el laboratorio de investigación de la Universidad de California en Berkeley, una bicicleta eléctrica promedio usa alrededor de 0,15 kilovatios-hora (kWh) por cada 10 kilómetros que recorre. Esta cantidad es aproximadamente la mitad de la energía consumida por un televisor de pantalla plana de tamaño mediano durante una hora (Figura 29).

En promedio, se requiere aproximadamente la mitad de la energía que caminar para recorrer 1 kilómetro (aunque caminar se vuelve más eficiente en pendientes pronunciadas y positivas).

La relación entre la eficiencia energética y la velocidad media de la bicicleta (casi 20 km/h) también es muy interesante, especialmente si se compara con otros medios de transporte motorizados en zonas urbanas densas, donde el límite de velocidad suele ser de 30 km/h (Figura 30).

Figura 29*Consumo de Energía de Bicicleta Eléctrica*Tomado de: <https://eskute.com/>**Figura 30***Realización de Mantenimientos*Tomado de: <https://www.statista.com/chart/28710/energy-efficiency-of-modes-of-transport/>

4.2.4 Consumo y Coste de Recarga de una Bicicleta Eléctrica

Se tiene como ejemplo de cálculo para comprobar cuánto va a costar recargar la batería de una bicicleta eléctrica cada vez que se descargue por utilizarla.

Aunque hay que tener en cuenta diferentes aspectos técnicos del vehículo y de sus condiciones de uso, pongamos de ejemplo una bicicleta eléctrica con motor de 250 W y batería de 624 Wh (0,624 kWh). Teniendo en cuenta que la tarifa nacional de la electricidad es de 0,096 USD (CENEL-EP,2023)

$$0,624\text{kWh} \times 0,3603\text{€/kWh} = 0,0599 \text{ USD}$$

El coste de cada recarga sería de solo 5 céntimos de dólar.

La batería de la bicicleta de ejemplo permite recorrer una media de 60 Km, suponiendo que se va a utilizarla unos 5.000 Km al año (unos 13-14 Km al día):

$$\text{Coste recarga (USD)} \times \text{Recorrido anual (Km)} = \text{Coste anual (USD/año)}$$

$$(0,0599 \text{ USD} \times 5.000 \text{ Km}) / 60 \text{ Km} = 4,99 \text{ USD/año}$$

A partir de este sencillo cálculo se concluye que recargar la bicicleta eléctrica cuesta aproximadamente 4,99 USD anuales.

Ya se puede saber si se compensa o no adquirir una, desde luego, es más barato que el gasto que supone un coche u otros vehículos convencionales.

La frecuencia de recarga de una bicicleta eléctrica depende del uso y de la cantidad de kilómetros recorridos. Se recomienda no dejar que la batería se descargue por completo, ya que esto puede reducir su vida útil. Por lo tanto, se sugiere recargar la bicicleta cuando tenga una carga de alrededor del 20-30% y evitar hacerlo en horarios de alta demanda eléctrica, ya que el precio del kWh puede ser más elevado.

Dependiendo de la combinación de batería y cargador que se tenga, cargar la bicicleta eléctrica podría tardar entre 4 y 6 horas.

En resumen, el coste de recargar una bicicleta eléctrica (Figura 31) depende de varios factores, como la autonomía y el consumo de la bicicleta, la frecuencia de recarga y el precio de la electricidad en esa hora.

Figura 31

Recarga de una Bicicleta Eléctrica



Tomado de: <https://www.bateria-bicicleta-electrica.es/blog/recarga-de-baterias-de-bicicletas>

Una batería de 300 Wh con un uso medio generalmente permite recorrer entre 25 y 80 km con una sola carga. En comparación, una batería de 400 Wh generalmente dura entre 40 y 100 km según el uso promedio. Otro dato es que la mayoría de las baterías (500 Wh) tardan entre 4,5 y 5 horas en cargarse al 100 %, y menos de 3 horas en alcanzar una carga del 80 %.

El funcionamiento de un sistema solar depende del clima, la tecnología usada y cómo está configurado. Se evalúa su rendimiento comparando la producción real con la esperada, siendo crucial para su mantenimiento. La radiación óptica global en el panel solar, compuesta por luz directa y difusa, es la principal fuente de energía. Los datos obtenidos del atlas solar global se muestran en la figura 32.

Figura 32*Datos Obtenidos del Atlas Solar*

INFORMACIÓN DEL ÁREA				
Datos del mapa (rango mínimo-máximo)				
Potencia fotovoltaica específica	PVSALIDA	2.71	— 4.03	kWh/kWp
Irradiación normal directa	DNI	1.29	— 3.39	kWh/ m ² ▼
Irradiación horizontal global	GHI	3.39	— 5.03	kWh/ m ² ▼
Irradiación horizontal difusa	DIF	2.41	— 2.60	kWh/ m ² ▼
Irradiación global inclinada	GTI	3.40	— 5.04	kWh/ m ² ▼
Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos	OPTA	2	— 5	°
Temperatura del aire	TEMPERATURA	22.4	— 26,5	°C ▼
Elevación del terreno	ELE	0	— 0	metro ▼

Tomado de: https://globalsolaratlas.info/map?r=ECU:ECU.10_1&c=-2.16242,-79.985962,9

Tomando en cuenta los elementos implementados mediante paneles solares que tienen una capacidad de 450 Wp y donde se encuentran los conectores de carga a través de la instalación de sus respectivas cajas, tal como se ilustra en la Figura 33.

Figura 33*Conectores para Cargar las Bicicletas Eléctricas*

A continuación, se describe el proceso de carga de una bicicleta eléctrica utilizando un árbol eléctrico:

- Ubicación del árbol eléctrico: El árbol eléctrico está instalado en un área accesible y expuesta a la luz solar directa para maximizar la captación de energía solar.
- Conexión de la bicicleta eléctrica: La bicicleta eléctrica se estaciona cerca del árbol eléctrico. En la base del árbol, hay estaciones de carga equipadas con enchufes compatibles con el puerto de carga de la bicicleta eléctrica (Figura 3\$).

Figura 34

Conexión para Cargar las Bicicletas Eléctricas



- Conexión del cable de carga: El ciclista conecta el cable de carga de la bicicleta eléctrica al enchufe correspondiente en la estación de carga del árbol eléctrico.
- Inicio del proceso de carga: Una vez que el cable está conectado correctamente, el proceso de carga se inicia automáticamente. La energía almacenada en el árbol eléctrico fluye a través del cable y entra en la batería de la bicicleta eléctrica.

Supervisión del proceso: Durante el proceso de carga, el ciclista puede monitorear el estado de carga a través de indicadores en la bicicleta eléctrica o en la estación de carga del árbol eléctrico. En el inversor se puede ir verificando como se está en proceso de carga de la batería (Figura 35).

Figura 35

Inversor en el Proceso de Carga de las Bicicletas Eléctricas



Finalización de la carga: Una vez que la batería de la bicicleta eléctrica está completamente cargada, el proceso de carga se detiene automáticamente. Algunos árboles eléctricos pueden tener funciones adicionales, como la desconexión automática para evitar la sobrecarga de la batería.

Desconexión y partida: Una vez que la carga está completa, el ciclista desconecta el cable de carga de la bicicleta eléctrica y lo guarda. La bicicleta está lista para su uso, con la batería completamente cargada y lista para recorrer distancias (Figura 36).

Figura 36

Bicicletas Eléctrica Completamente Cargada



En resumen, el proceso de carga de una bicicleta eléctrica utilizando un árbol eléctrico implica la conexión de la bicicleta al árbol a través de una estación de carga y el cable correspondiente, seguido del inicio automático del proceso de carga hasta que la batería esté completamente cargada. Este enfoque aprovecha la energía solar renovable para alimentar vehículos eléctricos de manera sostenible.

Conclusiones

El análisis detallado de los circuitos y conexiones de paneles monocristalinos ha proporcionado una comprensión clara y precisa de cómo estos sistemas pueden ser implementados eficientemente para recargar bicicletas eléctricas. Este estudio ofrece una guía integral para la instalación adecuada de los paneles, asegurando una conexión efectiva que maximiza la carga de las bicicletas eléctricas a través de una tecnología solar confiable y óptima.

Es esencial calcular las horas solares pico en el área donde se coloca el árbol solar para poder elegir los componentes apropiados que aseguren la energía necesaria. Se identifica que el mes de abril es el mes con menos horas solares pico en el sitio de instalación, con un valor de 4.2 horas al día. Este dato se utiliza para calcular la configuración del sistema solar, diseñado para suplir el consumo estimado de energía para la carga de las baterías de una bicicleta eléctrica, el cual en promedio entre 300-500 Wh.

La implementación de un sistema de árbol eléctrico mediante paneles solares monocristalinos para recarga de bicicletas eléctricas es de vital importancia para garantizar su rendimiento óptimo, seguridad y durabilidad a lo largo del tiempo.

Es importante entender y llevar a cabo los procesos de mantenimiento para asegurar el funcionamiento eficiente y seguro de los sistemas eléctricos. El conocimiento y la implementación adecuada de los mantenimientos y de los ciclos de carga y descarga son esenciales para prolongar la vida útil de los equipos y garantizar un suministro eléctrico confiable y estable en un sistema fotovoltaico.

Recomendaciones

Se debe utilizar equipos de medición para evaluar la corriente, voltaje y potencia generada por los paneles solares. Esto te ayudará a garantizar que están generando la energía esperada según sus especificaciones.

Periódicamente se debe verificar visualmente los paneles solares en busca de daños, suciedad o cualquier anomalía en la superficie que pueda afectar su rendimiento.

Hay que limpiar regularmente los paneles para eliminar la acumulación de suciedad, polvo o cualquier otra obstrucción que pueda reducir su eficiencia.

Asegurarse de que la instalación y el mantenimiento de los paneles solares cumplan con los estándares y regulaciones establecidos por las normas vigentes.

Bibliografía

- Arencibia-Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 17(9), 1-4.
- Baci, A. B., Salmi, M., Menni, Y., Ghafourian, S., Sadeghzadeh, M., & Ghalandari, M. (2020). A new configuration of vertically connecting solar cells: solar tree. International Journal of Photoenergy, 2020, 1-8.
- Boxwell, M. (2010). Solar electricity handbook: A simple, practical guide to solar energy-designing and installing photovoltaic solar electric systems. Greenstream publishing.
- Castaño Serna, J. P., Bolaños Ibáñez, V., Garnica Zuñiga, L. M., Ossa Villadiego, L. B. D. L., Agudelo Flórez, S., & Chica Arrieta, E. L. (2022). Diseño de un árbol solar para la seccional del Bajo Cauca de la Universidad de Antioquia.
- Dias, P. R., Benevit, M. G., & Veit, H. M. (2016). Photovoltaic solar panels of crystalline silicon: Characterization and separation. Waste Management & Research, 34(3), 235-245.
- Granda-Gutiérrez, E. E., Orta, O. A., Díaz-Guillén, J. C., Jimenez, M. A., Osorio, M., & González, M. A. (2013). Modelado y simulación de celdas y paneles solares. In Congreso Internacional de Ingeniería Electrónica (Vol. 35, pp. 17-22).
- González Peña, D. (2014). Modelo de innovación y optimización de la energía solar en España. La aplicación de las tecnologías disponibles para el aprovechamiento de recursos, comercialización y beneficios de la energía solar.
- Lindao Suárez, W. E. (2020). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en casa comunal de Cooperativa Los Paracaidistas en la ciudad de Guayaquil.

- Machado Toranzo, N., Lussón Cervantes, A., Oro Carralero, L. L., Bonzon Henríquez, J., & Escalona Costa, O. (2015). Seguidor Solar, optimizando el aprovechamiento de la energía solar. *Ingeniería Energética*, 36(2), 190-199.
- Mogrovejo León, W. F., & Sarmiento Vintimilla, J. C. (2011). Análisis de factibilidad técnica y económica en la implementación de energía fotovoltaica y termo solar para generación de electricidad y calentamiento de agua mediante paneles solares fijos y con un seguidor de sol de construcción casera, para una vivienda unifamiliar.
- Muteri, V., Cellura, M., Curto, D., Franzitta, V., Longo, S., Mistretta, M., & Parisi, M. L. (2020). Review on life cycle assessment of solar photovoltaic panels. *Energies*, 13(1), 252.
- Paternina, M. A., Villalba, L. C. O., Nuñez, J. L. I., & López, R. A. Á. (2012). Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares. *Prospectiva*, 10(1), 97-107.
- Rúa-Ramírez, E., Mendoza-Jiménez, I., Torres-Suarez, 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.
- Velez, D., & Juventino, O. (2018). Plan para la implementación de árboles solares en el Parque Papagayo de Acapulco.
- Viloria, J. R. (2012). Estudios de viabilidad de instalaciones solares. Determinación del potencial solar.
- Terashima, K., Sato, H., & Ikaga, T. (2020). Development of an environmentally friendly PV/T solar panel. *Solar Energy*, 199, 510-520.
- 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.

