



Implementación de un sistema de carga mediante celdas fotovoltaicas para un vehículo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Loor Jacome, David Alexander

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Automotriz

Ing. Sánchez Mosquera, Carlos Rafael

03 de febrero de 2022



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía "Implementación de un sistema de carga mediante celdas fotovoltaicas para un vehículo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE", fue realizado por el señor Looor Jacome, David Alexander la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 03 de febrero del 2022



Firmado digitalmente por:
CARLOS RAFAEL
SANCHEZ MOSQUERA

Ing. Sánchez Mosquera, Carlos Rafael
C.C: 1803232113



Loor David.docx

Scanned on: 21:5 February 21, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	345
Words with Minor Changes	45
Paraphrased Words	239
Omitted Words	0



Alcaldía Municipal de Bogotá
CARLOS RAFAEL
SANCHEZ MOSQUERA

Ing. Sánchez Mosquera, Carlos Rafael
C.C: 1803232113



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Loor Jacome, David Alexander, con cédula de ciudadanía N°. 1725843815, declaro que el contenido, ideas, criterios de la monografía: **Implementación de un sistema de carga mediante celdas fotovoltaicas para un vehículo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**.es de mi autoría y responsabilidad cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las respectivas citas bibliográficas.

Latacunga, 03 de febrero del 2022

Loor Jacome, David Alexander

C.C: 1725843815



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, Loor Jacome, David Alexander, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Implementación de un sistema de carga mediante celdas fotovoltaicas para un vehículo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas, criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 03 de febrero del 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Loor David', enclosed within a blue oval scribble.

Loor Jacome, David Alexander
C.C: 1725843815

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a:

A mi madre Flavia Jacome cuyo amor, paciencia y arduo trabajo me han hecho cumplir hoy otro sueño, y gracias por inculcarme un ejemplo de trabajo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente, a mis amigos y a las personas que he ido conociendo a lo largo de la carrera que me han ayudado a crecer y fortalecer en el ámbito académico como personal.

Loor Jacome, David Alexander

Agradecimiento

Quisiera agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merece reconocimiento especial mi Madre que con su esfuerzo y dedicación me ayudo a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Agradezco a nuestros docentes de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE-L", por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

Así mismo, deseo expresar mi reconocimiento a mi primo Santiago Caisapanta quien dedico su tiempo a guiarnos, enseñarnos, corrigiéndonos y sobre todo prestando las herramientas, maquinarias necesarias para la realización del proyecto para culminar este anhelado proyecto de tesis.

Loor Jacome, David Alexander

Tabla de Contenido

Carátula	1
Certificación	2
Reporte de verificación de contenido	3
Responsabilidbidad de autoría	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de Contenido.....	8
Índice de figuras	11
Índice de tablas	12
Resumen	13
Abstract.....	14
Planteamiento de Problema	13
Antecedentes	13
Justificación	14
Objetivos.....	15
<i>Objetivo General</i>	15
<i>Objetivos Específicos</i>	15
Alcance	16
Marco Teórico	17
Electromovilidad	17

<i>Funcionamiento de los vehículos eléctrico</i>	18
<i>Beneficios de electromovilidad Ecuador</i>	19
Energía solar	20
<i>Energía Solar Fotovoltaica</i>	21
<i>Historia</i>	21
Célula fotovoltaica.....	23
<i>Tipos de células fotovoltaicas en base a su estructura interna.</i>	24
<i>Dimensionado de célula fotovoltaica.</i>	24
Modulo Solar	25
<i>Componentes del Panel Solar</i>	26
<i>Tipos de Módulos Solares.</i>	27
<i>Ventajas de la energía solar fotovoltaica</i>	28
<i>Desventajas de la energía solar fotovoltaica</i>	29
<i>Elevador de tensión o Convertidor DC-DC</i>	29
Baterías de Litio	31
<i>Mantenimiento de las baterías de litio</i>	32
<i>Aplicaciones de las baterías</i>	32
<i>Ventajas de las baterías</i>	32
Desarrollo del proyecto.....	35
Dimensionamiento de los paneles solares.....	35
Dimensionamiento de la caja de conexiones.....	38

Análisis del Ángulo del Panel Solar	39
<i>Horas de Luz.....</i>	39
<i>Salida de sol y puesta de Sol en Quito</i>	39
<i>Zona geográfica</i>	40
<i>Potencial fotovoltaico</i>	41
<i>Inclinación Óptima Anual.....</i>	42
Instalación del sistema	42
Pruebas de funcionamiento del sistema	45
Presupuesto	50
Conclusiones y Recomendaciones	51
Conclusiones	51
Recomendaciones	52
Bibliografía	53
Anexos	56

Índice de figuras

Figura 1 <i>Movilidad Sustentable</i>	17
Figura 2 <i>Electromovilidad</i>	19
Figura 3 <i>Puntos de Recarga</i>	20
Figura 4 <i>Primer Panel Solar</i>	22
Figura 5 <i>Funcionamiento celda fotovoltaica</i>	23
Figura 6 <i>Celda fotovoltaica de Silicio</i>	25
Figura 7 <i>Componentes del Panel Solar</i>	26
Figura 8 <i>Tipos de Celdas</i>	28
Figura 9 <i>Elevador de Tensión</i>	31
Figura 10 <i>Batería tipo maleta</i>	34
Figura 11 <i>Baterías de Litio</i>	34
Figura 12 <i>Dimensionamiento de caja de conexiones</i>	38
Figura 13 <i>Horas de luz natural Quito</i>	39
Figura 14 <i>Salida del sol y puesta del sol en Quito</i>	40
Figura 15 <i>Información de la ciudad de Quito</i>	41
Figura 16 <i>Mapa PVOUT de Quito</i>	42
Figura 17 <i>Colocación de los paneles</i>	43
Figura 18 <i>Regulación de Panel de 30W</i>	43
Figura 19 <i>Esquema Simplificado de Conexión</i>	44
Figura 20 <i>Conexión del Sistema</i>	44
Figura 21 <i>Características del cargador</i>	45
Figura 22 <i>Gráfica del Día 1 de Pruebas</i>	47
Figura 23 <i>Gráfica del Día 2 de Pruebas</i>	48
Figura 24 <i>Gráfica del Día 3 de Pruebas</i>	48
Figura 25 <i>Gráfica del Día 4 de Pruebas</i>	49

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Características del Elevador de Tensión</i>	30
Tabla 2 <i>Características técnicas del Panel Solar 50W</i>	36
Tabla 3 <i>Características técnicas del Panel Solar 30W</i>	36
Tabla 4 <i>Tiempos de carga de la batería</i>	46
Tabla 5 <i>Presupuesto de Materiales</i>	50

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo implementar un sistema de carga mediante celdas fotovoltaicas a un buggy eléctrico en el cual se implementó un banco de baterías, para alimentar un prototipo de buggy 100% eléctrico, brindando así un incremento de la autonomía del mismo. Para la selección de paneles solares, el sistema debe considerar dos aspectos, uno es tener suficiente energía sin contener demasiada carga física, y el otro es el espacio disponible de la carrocería del vehículo. Las baterías de litio a considerar para este proyecto deben cumplir con las siguientes características: resistir descargas profundas, ser compatibles con el voltaje nominal del panel solar, soportar ciclos largos sin dañar el rendimiento y tener la capacidad de alimentar el motor del vehículo eléctrico, aumentando su autonomía, y como sistemas auxiliares como luces o ventiladores. Hay que tomar en cuenta al momento de calcular el ángulo óptimo para la instalación de paneles tales como: zona geográfica, horas de luz al día, época del año a utilizar o en qué horas se van enfocar a utilizar los paneles. En virtud de lo expuesto anteriormente, el sistema de carga fotovoltaica está diseñado con 2 paneles solares uno de 50 W y otro de 30 W, conectados en serie, un sistema de elevador de tensión y 3 baterías de 60V de 15 Ah cada una. Los resultados que se obtuvo en determinados intervalos de tiempos que se obtuvo al momento de cargar se muestran en el documento.

Palabras clave:

- **PANELES SOLARES**
- **BATERÍAS DE LITIO**
- **ÁNGULO ÓPTIMO**

Abstract

This project aims to implement a charging system using photovoltaic cells to an electric buggy in which a battery bank was implemented to power a prototype of a 100% electric buggy, thus providing an increase in the autonomy of the buggy. For the selection of solar panels, the system must consider two aspects, one is to have enough energy without containing too much physical load, and the other is the available space of the vehicle body. The lithium batteries to be considered for this project must meet the following characteristics: resist deep discharges, be compatible with the nominal voltage of the solar panel, withstand long cycles without damaging the performance and have the ability to power the motor of the electric vehicle, increasing its autonomy, and as auxiliary systems such as lights or fans. When calculating the optimal angle for the installation of panels, the following must be taken into account: geographical area, hours of daylight, time of the year to be used or at what times of the year the panels will be used. Based on the above, the photovoltaic charging system is designed with 2 solar panels, one of 50 W and the other of 30 W, connected in series, a voltage booster system and 3 batteries of 60V of 15 Ah each. The results obtained at certain time intervals at the time of charging are shown in the document.

Key words:

- **SOLAR PANELS**
- **LITHIUM BATTERI**
- **OPTIMUM ANGLE**

Capítulo I

1. Planteamiento de Problema

Implementación de un sistema de carga mediante celdas fotovoltaicas para un vehículo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

1.1 Antecedentes

Un vehículo solar es un vehículo propulsado por un motor eléctrico alimentado por energía solar obtenida de paneles solares en la superficie del automóvil. Las celdas fotovoltaicas convierten la energía del sol directamente a electricidad, que puede ser almacenada en baterías eléctricas.

En el proceso fotovoltaico, la energía solar se convierte en energía eléctrica, que luego esa energía es utilizada en caso de un vehículo solar para aumentar autonomía y realizar recorridos más largos sin depender de una carga estacionaria.

Experiencias como el proyecto cuyo tema es “SELECCIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA UN VEHÍCULO ELECTRICO” (César Leonardo González Pinzón, Carlos Ponce Corral, Rene Alberto Valenzuela Nájera, David Atayde Campos, 2013), el primer paso es determinar la radiación directa global en Quito o a nivel del territorio ecuatoriano, así como también calcular la energía de consumo eléctrico en el vehículo ya sea el motor, controladores, etc., para su respectivo dimensionamiento del panel.

De acuerdo con (GUTIÉRREZ, 2009) en su proyecto “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO PARA LA CARGA DE BATERIA” que la mejor opción para cargar las baterías en un vehículo ligero de manera totalmente limpia y no contaminantes como los combustibles y fósiles, y a su vez las celdas fotovoltaicas se pueden adaptar a la estructura y dimensiones del vehículo a utilizar.

Además, se colocó en evidencia que muchas veces los resultados no son totalmente adecuados a las necesidades de capacidades de carga ya que interviene el factor clima que muchas veces disminuirá el rendimiento del panel al momento de captar luz solar, además con el avance tecnológicos se podría optar por nuevos paneles flexibles que no afecten a la aerodinámica del vehículo ni estética.

1.2 Justificación

El mundo al día de hoy busca nuevas formas para disminuir los contaminantes excedentes de los combustibles y fósiles por lo que se ha optado en el parque automotor nuevas tendencias como es la propulsión eléctrica sea parcial o total, estas propulsiones son alimentadas por baterías que a su vez en este proyecto se optado por buscar energías renovables para una mayor autonomía de las baterías en el transcurso del recorrido en vehículos ligeros buscando un método más ecológico y eficiente para este tipo de propulsión eléctrica.

La energía solar al ser un recurso renovable se puede aprovechar mediante las celdas fotovoltaicas capaces de absorber fotones y convirtiendo en corriente eléctrica capaces de alargar la autonomía de las baterías eléctricas que son fuente para la propulsión eléctrica del buggy.

Los vehículos híbridos y eléctricos actualmente tienen mucha importancia dado su alto impacto ambiental o ecológico al momento de su funcionamiento, ya que utilizan una energía limpia siendo un gran beneficio viéndose influido en otros tipos de movilidad urbana y recreación como en el caso de los buggys, bicicletas, go karts, etc.

El utilizar un vehículo propulsado por energía eléctrica disminuye la contaminación, además se trata de utilizar energías más limpias con el uso de celdas fotovoltaicas creando una sinergia entre la utilización de nuevas tecnologías en vehículos ligeros y un rendimiento que a su vez en caso de consumidor de estos

productos con la implementación de las celdas fotovoltaicas ahorran tiempo ya que alarga la autonomía del vehículo y así evitar cargarlos en menor tiempo.

Con el paso del tiempo este tipo de tecnologías se ha evidenciado su evolución ya que cada vez es más común apreciarlos en la movilidad como uso diario de transporte, así afianzándose en proyectos o prototipos de vehículos ligeros con este tipo de tecnología tanto en a nivel regional como internacional.

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Implementar un sistema de carga mediante celdas fotovoltaicas para un vehículo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Recopilar información sobre las ventajas de la aplicación de energías renovables.
- Reunir información mediante fuentes bibliográficas sobre los principios de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos.
- Instalar el sistema de alimentación por celdas fotovoltaicas tomando en cuenta componentes de almacenamiento y control.

1.4 Alcance

En este proyecto se investigará los diferentes tipos de celdas fotovoltaicas que se puede implementar o se ha empleado en los vehículos eléctricos e híbridos, o proyectos similares, con una investigación conceptual de estas celdas fotovoltaicas, se buscará proveedores en la ciudad de Quito de celdas fotovoltaicas que cumplan con las características necesarias para el sistema de almacenamiento que alimentara a los motores del buggy que se desarrolla, se tratará de economizar en componente sin arriesgar calidad que al final se traduce en seguridad del piloto y copiloto del vehículo.

Se analizará las dimensiones del espacio para las celdas fotovoltaicas y su sistema de almacenamiento, teniendo en cuenta los pesos del conjunto no deben disminuir la capacidad de arrastre final del buggy. En la parte del regulador de carga cc e inversor para posibilidades de una carga AC se indagará la compatibilidad habiente en el mercado con los controladores del motor que se haya elegido previamente y su viabilidad en la capacidad de las celdas fotovoltaicas de captar la energía solar en conjunto con los componentes para la carga y descarga de las baterías.

La instalación de las celdas fotovoltaicas se la realizara en la parte superior de la capota del buggy a desarrollar, y a su vez de tres baterías de ion/litio de piso de 60V-15Ah, para que suministren la energía necesaria a los motores.

En lo que respecta a parte económica, se tiene proyectado tener un gasto cercano 800 dólares americanos para el sistema de carga del buggy, ese presupuesto es únicamente en gastos directos.

Capítulo II

2. Marco Teórico

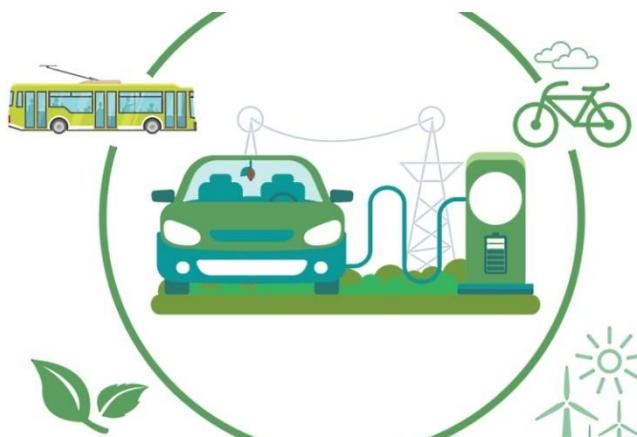
2.1. Electromovilidad

Según (E-Mov, 2020) hace referencia en los vehículos que funcionan con energía eléctrica y cumplen con las exigencias ambientales porque no emiten sustancias que contaminan o aceleran el cambio climático. En nuestro país, el transporte terrestre supone el 21% de las emisiones de CO₂, por lo que los vehículos eléctricos cobran cada vez más importancia.

Más que el futuro del transporte, los vehículos eléctricos intentan hacerse un hueco en las flotas de las ciudades más importantes lo antes posible, especialmente en la conciencia de las personas, ya que es el camino más corto hacia una movilidad verdaderamente sostenible.

Figura 1

Movilidad Sustentable



Nota. Tomado de (Buetefisch, 2018)

Los vehículos eléctricos ofrecen beneficios importantes ya que permiten automóviles limpios, silenciosos y eficientes. Además, dado el cambio climático, la

escasez de combustible y la contaminación del aire, los vehículos eléctricos se adaptan bien a la nueva era, ya que neutralizan las emisiones de dióxido de carbono.

A diferencia de los vehículos de gasolina y diésel, los vehículos eléctricos no emiten dióxido de carbono mientras conducen, aunque los vehículos eléctricos solo pueden ser neutrales en cuanto a emisiones si la batería y la energía de conducción se producen a partir de fuentes renovables.

En los vehículos eléctricos, además de los vehículos eléctricos anteriores, también se consideran bicicletas, motocicletas, autobuses y camiones eléctricos, que sean propulsados total o parcialmente por energía eléctrica.

2.1.1. Funcionamiento de los vehículos eléctrico

A través de la energía se almacena en una batería recargable en el automóvil, alimentan a los motores eléctricos, y dependiendo la energía usada por los motores utilizan un dispositivo llamado inversor convierte la energía de CC de la batería en energía de CA que alimenta los motores eléctricos. Cuanto mayor sea la eficiencia de conversión, mayor será la autonomía del vehículo cuando la batería esté completamente cargada.

Figura 2

Electromovilidad



Nota. Tomado de (E-Mov, 2020)

Finalmente, el motor convierte la energía eléctrica en energía mecánica y sus fuerzas de atracción y repulsión crean un movimiento de rotación. Los vehículos eléctricos deben cargarse a través de un enchufe para obtener un banco de energía y, por lo general, tardarán más de 8 horas en cargarse en sistemas de carga de corriente alterna (CA), según el modelo y la batería. Si bien existen estaciones de carga de corriente continua (CC) que pueden cargarse por completo en solo una hora. (E-Mov, 2020)

Por eso una de las soluciones que busca implementar este proyecto es mejorar las autonomías que ofrecen estas baterías y alargar la distancia que recorren estos vehículos antes de poder cargarlas.

2.1.2. Beneficios de electromovilidad Ecuador

A pesar de las dificultades y el impacto negativo de la pandemia en la industria automotriz, los vehículos eléctricos dieron un paso adelante en 2020. Según las estimaciones este tipo de vehículos el 6,2% de ventas de 2020, siendo mayor parte la micro movilidad como la compra de bicicletas, monopatines, Scooter y motos.

En Ecuador algunos de los vehículos eléctricos no se registrarán, por ejemplo, por la medida Pico y Placa, que consiste en restringir la circulación de ciertos automotores por seis horas, cada día, de acuerdo con el último dígito de su placa.

Por su parte, los vehículos 100% eléctricos o de cero emisiones utilizarán gratuitamente las plazas de aparcamiento público, y los establecimientos públicos y comerciales que faciliten plazas de aparcamiento destinarán al menos el 2% del total de plazas de aparcamiento. Priorizar el uso de vehículos eléctricos y puntos de recarga.

Los gobiernos autónomos descentralizados, por otro lado, regularán e incentivarán el uso de e-scooters y otros vehículos de micro transporte, mientras que pueden exigir tasas y donaciones durante el proceso de registro de vehículos en la movilidad sostenible. (Guglielmetti, 2021)

Figura 3

Puntos de Recarga



Nota. Tomado de (Guglielmetti, 2021)

2.2. Energía solar

El sol es la fuente principal de vida en la Tierra, puede satisfacer todas nuestras necesidades, por la cantidad de energía que es producida por el Sol diariamente sobre

nuestro planeta Tierra que es 10.000 veces más que la energía que se consume a diario en el Planeta.

La energía solar es la energía contenida en la radiación solar, que es convertida en calor o electricidad por algunos dispositivos para su uso posterior según sea necesario. Actualmente es una de las fuentes de energía renovable más desarrolladas y utilizadas en el mundo.

Esta fuente de energía renovable se utiliza principalmente para dos cosas, aunque no exclusivamente, para calentar cosas como el agua, llamada energía solar térmica, y para generar electricidad, llamada energía solar fotovoltaica.

2.2.1. Energía Solar Fotovoltaica

Esta energía consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Se la produce por las propiedades de materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas en la mayoría de los casos se usa el silicio.

2.2.2 Historia

En 1870 el profesor W. Grylls Adams y un estudiante suyo, R. Evans Day, experimentaron sobre el efecto de la luz sobre el selenio, comprobando que se crea un flujo de electricidad, que denominaron “fotoeléctrica”. Era el año 1885 cuando Charles Fritts construyó el primer módulo fotoeléctrico, extendiendo una capa de selenio sobre un soporte metálico y recubrieron con una fina película transparente de oro. Fritts envió sus paneles solares a Werner Von Siemens, que, ante la Real Academia de Prusia, presentó los módulos americanos declarando “por primera vez tenemos la evidencia de la conversión directa de la energía de la luz en energía eléctrica” (MOLINA, 2012)

Según (MOLINA, 2012), La primera célula fotovoltaica de silicio fue descrita por R.S.Olh en el año 1941. Pero los primeros dispositivos fotovoltaicos no se empezaron a fabricar hasta la década posterior. Fueron otras investigaciones las que hicieron

abandonar el selenio y empezar usar el silicio como material básico para las células. Los caculos de Chapin concluían que las células de silicio podían llegar a tener una eficiencia del 23%, aunque la practica Chapin llevo a desarrollar una célula con un 6% de eficiencia.

El 25 de abril los ejecutivos de Bell presentaron la denominada Bateria Solar Bell, mostrando un panel de células fotovoltaicas que alimentan a una noria en miniatura alimentada por un sistema fotovoltaica de 50 kWp. (MOLINA, 2012)

Figura 4

Primer panel solar



Nota. Tomado de (Stearns, 2014)

Solar Power Corporation comenzó a investigar para reducir el coste de fabricación de las células. Empezaron por utilizar; no silicio cristalino puro, como el utilizado en la industria de los semiconductores, sino silicio de rechazo de esta industria. Así lograron fabricar módulos a un coste de 10\$/Vatio, que se vendían a 20\$/Vatio. Los mercados masivos de células fotovoltaicas se desarrollaron en primer lugar en torno a aplicaciones aisladas de la red eléctrica: señalización marítima mediante boyas luminosas, señalización ferroviaria, antenas de comunicaciones (telegrafía, telefonía, radio, TV, etc.). (Pep Puig)

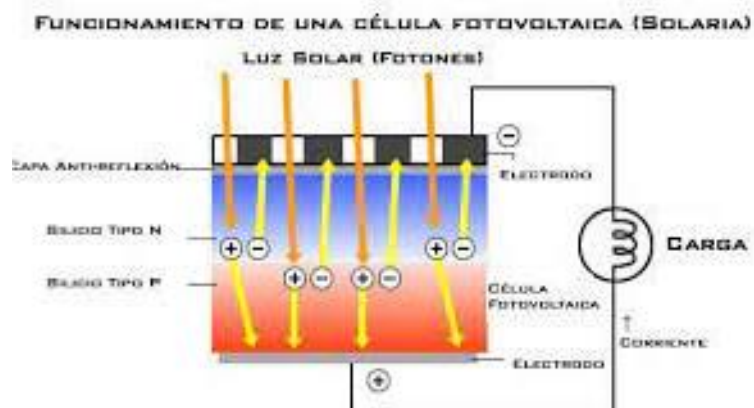
La energía fotovoltaica tiene multitud de aplicaciones como la aplicación en calculadoras recargando las pilas que posee, hasta la producción de energía a gran escala y pequeña escala para el consumo en viviendas, además de los últimos años incluyéndose implementar poco a poco en el parque automotor.

2.3 Célula fotovoltaica

También conocida como celda solar, es un instrumento que convierte la energía solar en electricidad, produciendo un voltaje de alrededor de 0.5V a 0.8V, dependiendo del semiconductor que lo fabrique. Las células solares están formadas por un material capaz de absorber la radiación solar, actualmente principalmente silicio como material base, dotado de fósforo y boro subdividido en dos capas con diferentes propiedades eléctricas (n-p).

Figura 5

Funcionamiento celda fotovoltaica



Nota. Tomado de (Arango, 2017)

Las células solares consisten en capas delgadas de material semiconductor de tipo n llamadas electrones libres y capas más gruesas de material de tipo p llamadas agujeros disponibles, que cuando se combinan crean un campo eléctrico. Empalmar un conductor eléctrico, conectando la capa negativa con la capa positiva, permite que la

corriente fluya desde la zona p a la zona n. El área n es el área de la cara que se ilumina, debido a la incidencia de la luz solar se generará una corriente cuya intensidad será proporcional a la cantidad de luz que recibe (Guerrero, 2018)

2.3.1. Tipos de células fotovoltaicas en base a su estructura interna.

La célula fotovoltaica se encuentra conformada por una delgada lámina de materia semiconductor, que comúnmente resulta de silicio dependiendo de su fabricante y de su uso. Según su estructura cristalina interna en que estos materiales se pueden fabricar se tiene la siguiente clasificación:

- **Monocristalinos:** Rentabilidad de producción de energía hasta 15-17%
- **Policristalinos:** Rentabilidad de producción de energía hasta 12-14%
- **Amorfos:** Rentabilidad de producción de energía menor al 10%

2.3.2. Dimensionado de célula fotovoltaica.

Normalmente presenta forma cuadrada, con un área superficial de 100cm² de 10 cm por cada lado y un espesor que varía entre los 0.25 a 0.35 mm.

Figura 6*Celda fotovoltaica de Silicio*

Nota. Tomado de (Planas, 2016)

2.4 Modulo Solar

En unos pocos años más o menos, se construyeron los primeros módulos fotovoltaicos y, desde entonces, la demanda de la industria y la expansión del mercado han hecho que los costos de producción de estos módulos se reduzcan significativamente.

Las celdas fotovoltaicas generalmente están hechas de silicio, un material semiconductor que también se usa mucho en la electrónica.

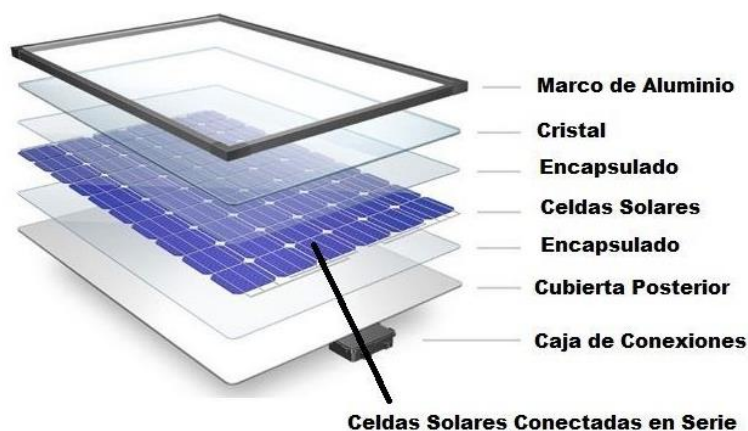
Un panel solar es un elemento producido a partir de un conjunto de células solares dispuestas en serie y en paralelo, colocadas sobre una placa metálica encapsulada por aislantes térmicos, para obtener la potencia y tensión necesarias. Normalmente tiene de 40 a 80 células fotovoltaicas y varía en tamaño entre 0,80 metros cuadrados y 2 metros cuadrados, pero los paneles más utilizados son los de 36 y 72 células fotovoltaicas. (Guerrero, 2018)

2.4.1 Componentes del Panel Solar.

Los paneles solares se encuentran conformados de células, empalmadas eléctricamente cubiertas de un material que las encapsula y montadas sobre un marco de sujeción.

Figura 7

Componentes del panel solar



Nota. Tomado de (Fernando, s.f.)

- **Cristal:** De vidrio templado con propiedad mecánica y física de resistencia y transparencia respectivamente, facilitando el paso de radiación solar, además de cumplir el objetivo de proteger las celdas solares de fenómenos atmosféricos.
- **Encapsulado:** De forma generalizada son de material de silicona, o de ciertos materiales que posean una transmisión de radiación solar, además que no sufra envejecimiento prematuro ante rayos ultravioletas, con la misión de adherir las cubiertas es el atenuador de impactos vibraciones.
- **Marco metálico de soporte:** Se emplean materiales livianos como el aluminio el acero inoxidable resistente para soporte a todo el conjunto de celdas solares y adherir más módulos caso lo amerita.

- **Contactos eléctricos:** Únicamente son cables de material conductor de cobre, para juntar la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico, ubicados en la parte posterior de cada módulo.

2.4.2. Tipos de Módulos Solares.

La diversificación de los paneles solares se basa en los materiales utilizados para la fabricación y la forma final de las células solares. A continuación, se presentan los materiales

- **Monocrystalino:** Los módulos comerciales representan alrededor del 16%.
- **Silicio puro policristalino:** Partes de una barra de silicio dispuestas en una disposición desordenada de pequeños cristales. La rentabilidad energética fue del 19,8% en comparación con monocrystalino, y del 14% para paneles comerciales.
- **Silicio Amorfo:** Las células están hechas de silicio, forman una estructura cristalina
- **Teluro cadmio:** rendimiento de 8%.
- **Arseniuro de galio:** material representativo
- **Diseleniuro de indio y cobre:** 9% de rendimiento para módulos comerciales. Tres veces la eficiencia de tres semiconductores de GaAs, Ge GaInP es un 39 % más eficiente
- **Paneles en tándem:** combina dos materiales semiconductores diferentes y, en teoría, este tipo puede lograr la unión de materiales. Estos semiconductores son capaces de aprovechar gran parte del espectro electromagnético de la radiación óptica. (Guerrero, 2018).

Figura 8

Tipos de Celdas

TIPO	DIMENSIONES	EFICIENCIA WPICO/M ² WPICO/CELULE		
	POLYCRISTALINA 156x156 125x125	16%	120	1.46 - 3.85
	MONOCRISTALINA 156x156 125x125	18%	130	2.60 - 4.02
	MONOCRISTALINA RENDIMIENTO 125x125	-	ALTO	2.90 - 3.11
	ASI PELICULA FINA (CON 10% O 20% OPACIDAD) 576x976	4%	40-45	27

Nota. Tomado de (Arango, 2017)

2.4.3. Ventajas de la energía solar fotovoltaica

Entre las particularidades que presenta este tipo de energía alternativa se encuentran:

- Respetar el medio ambiente, no contaminar y representar fuentes de energía alternativas energía limpia.
- Al generar sus propios recursos, contribuir a la diversificación y autosuficiencia.
- Es el sistema ideal para su uso en zonas donde no llega el tendido eléctrico (zonas rurales, montañas, islas, etc.).
- La única inversión es el costo inicial de la infraestructura.
- No necesita ocupar espacio adicional ya que puede instalarse en tejados y edificios.
- Este es un sector que promueve la creación de empleo, además de instalar celdas y paneles solares, que son necesarios para fabricar celdas y paneles solares. (Arango, 2017)

- En caso de la electromovilidad la energía solar fotovoltaica sirve para aumentar la autonomía en kilometraje al ser una forma sustentable de recargar las baterías.

2.4.4. Desventajas de la energía solar fotovoltaica

Si bien esta energía cuenta con muchas ventajas, también presenta algunas dificultades.

- El principal obstáculo para su elección es la inversión inicial, la que supone un gran movimiento de dinero y la hace parecer no rentable.
- El nivel de radiación de esta energía fluctúa de una zona a otra.
- No alcanza para cubrir las necesidades de un hogar, por lo que suele ser necesario complementar con otros métodos de energía (Arango, 2017)
- En la electromovilidad la energía fotovoltaica tiene una desventaja de tener que recibir los rayos UV del sol deben estar incorporados directamente en la carrocería, lo cual estaría obligados a usar paneles flexibles para integrarla en la misma aumentando el costo de paneles.

2.5 Elevador de tensión o Convertidor DC-DC

El módulo Convertidor DC-DC tipo Boost, es un elevador de voltaje el cual proporciona una potencia de carga de hasta 1200W. El nivel de tensión de entrada oscila entre 12V a 60V y los niveles de tensión de salida se encuentran entre 12V a 80V, estos valores se obtienen acorde a la necesidad del usuario a través de un potenciómetro. Por lo general, este tipo de dispositivos son usados para los paneles solares, permitiendo mantener un nivel de voltaje de salida constante a variaciones presentadas en la entrada de voltaje, haciéndolo lo más ideal para cargar una batería, la cual en este caso una batería de ion-litio. (Vistronica, s.f.)

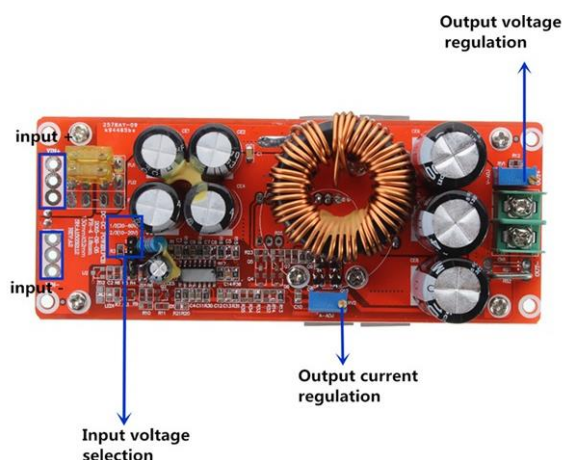
Cuenta con un interruptor de red, luces de trabajo de energía, además de una regulación de tensión y el potenciómetro de ajuste de corriente para que la salida sea más conveniente (acorde a las necesidades del usuario), siempre se puede ajustar la tensión de salida. Este módulo por lo general se usa como fuente de alimentación de computadores portátiles (siempre y cuando el regulador de voltaje y la corriente deseada no excedan los valores nominales). Debido a que se trata de un módulo elevador de tensión, el nivel de tensión de entrada debe ser menor al nivel de tensión de salida. Este módulo gracias a sus dimensiones (pequeño), provee un sistema de alimentación de muy buena eficiencia con gran administración apropiado del espacio. (Vistronica, s.f.)

Tabla 1

Características del Elevador de Tensión

Características técnicas	
Voltaje de entrada	8 – 60V
Corriente de entrada	20A
Corriente de reposo de funcionamiento	15mA
Voltaje de salida	12- 83V
Rango de corriente	0,3 - 20A
Potencia de salida	voltaje de entrada x 10A
Temperatura de trabajo	-40 ~ + 85 grados
Frecuencia de trabajo	150KHz
Eficiencia de conversión	≤95%
Protección del cortocircuito	Fusible
Dimensiones del módulo	130mmx52mmx46mm (LxWxH)

Nota. Tomado de (Electronilab, s.f.)

Figura 9*Elevador de tensión*

Nota. Tomado de (Electronilab, 2021)

2.6 Baterías de Litio

(Autosolar) considera a las baterías de iones de litio, también conocidas como baterías secas de "iones de litio" o "litio", utilizan sales de litio como electrolitos para liberar electrones a través de reacciones químicas que liberan y almacenan energía eléctrica.

Las baterías de iones de litio y LiPo (Litio-Polímero) utilizadas en computadoras, tabletas, teléfonos inteligentes, autos RC y una variedad de dispositivos electrónicos portátiles actuales. Con la integración de las baterías de iones de litio en la energía solar fotovoltaica, la forma en que entendemos el uso de energía en el hogar será diferente, ya sea en la industria o en el hogar.

Las baterías de litio son muy populares en muchos campos, existen en el mercado tanto baterías de litio de baja resistencia como baterías de litio con las mejores características técnicas.

Las baterías de litio para paneles solares son una buena opción para aquellas instalaciones fotovoltaicas que tienen una alta demanda energética y además requieren

una gran autonomía energética durante la noche y durante el día cuando la radiación solar es menor. Las celdas solares de litio también son una opción atractiva donde no se requiere un mantenimiento regular del paquete de baterías.

La batería de litio del panel solar puede ser una batería modular. Cuando hablamos de baterías modulares, nos referimos a baterías que se pueden conectar entre sí según las necesidades y los hábitos de consumo cambiantes, por lo que puedes comprar una batería de litio modular para paneles solares, si luego le conectas otra compatible del mismo fabricante de baterías de litio modulares, permitiendo una mayor autonomía energética.

2.6.1. Mantenimiento de las baterías de litio

Todas las baterías, entre las que se encuentran por supuesto las Baterías de litio se recomienda que se instalen en un lugar de interior, protegidas de luz solar directa, lluvia, viento y altas temperaturas para garantizar su óptimo funcionamiento, durabilidad y eficiencia de carga y descarga, pues se trata de una inversión con una alta rentabilidad, eficiencia y una durabilidad de casi 10 veces superior al de otro tipo de baterías.

2.6.2. Aplicaciones de las baterías

Aunque el uso más extendido de las Baterías de litio es en el sector industrial, cada vez están siendo más utilizadas también a nivel doméstico

2.6.3. Ventajas de las baterías

- Las baterías de litio cuentan con un amplio rango de aplicaciones en el sector del autoconsumo gracias a la seguridad que el litio proporciona.
- Las baterías de litio ofrecen una densidad de energía tres veces mayor por unidad de peso que las de plomo-ácido, las baterías de litio son capaces de

almacenar hasta 120Wh/kg, en cambio las baterías de plomo ácido solo almacenan 40Wh/Kg.

- El litio es un elemento electronegativo muy potente con una alta capacidad de oxidación, esto hace que proporcione un voltaje mayor. Es decir, el litio tiene 3,16V mientras que el plomo 2V.
- Las baterías de plomo necesitan de 7 a 12 horas para ser cargada por completo, en cambio el litio al contar con un voltaje mayor necesita menos corriente para introducir la misma cantidad, por lo que en 4 horas estarían cargadas.
- Las baterías de litio no precisan de una carga óptima, por lo contrario, las de plomo-ácido con un 20% de descarga es cuando más vida útil tiene reduciendo su vida con descargas por debajo de 50%.
- Estas baterías de litio no padecen el “efecto memoria” típico de las baterías. Por lo que pueden conectarse a la corriente y desconectarse cuando sea necesario, sin afectar en su rentabilidad.
- Destaca por ser un producto completamente seguro y fiable: son una de las baterías más fiables. Además de no radiar fluidos ni olores, como si lo hacen las baterías de plomo ácido.

Figura 10

Batería tipo maleta



Nota. Tomado de (Capadif, s.f.)

Figura 11

Baterías de Litio



Nota. Esta imagen muestra las baterías a utilizar el cual consta de tres baterías de 60V 15Ah, retiradas las protecciones plásticas por disposición del tamaño. Tomado de (Alibaba, s.f.)

Capítulo III

3. Desarrollo del proyecto

3.1. Dimensionamiento de los paneles solares

Para el dimensionamiento de los paneles solares se debe tomar en cuenta varios aspectos y parámetros. El proyecto en el momento del desarrollo se tiene algunas restricciones por ejemplo el peso total ya que incorporar demasiado peso puede no ser nada eficiente para los motores causando sobrecarga y el número de paneles que se puedan incorporar por el diseño de la carrocería sin afectar demasiado el factor estético y el coeficiente aerodinámico de la carrocería.

En este caso en particular no se calculó la energía de consumo eléctrico de los motores, por lo cual, se necesitaría paneles fotovoltaicos más potentes para abastecer la energía consumida por los motores, lo cual implica mayor el espacio adecuado en el proyecto.

En función los parámetros y restricciones expuestas anteriormente se optaron por la utilización de dos paneleros solares: un panel solar de 50W y otro panel de 30W cuya características técnicas y dimensionamientos se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 2*Características técnicas del Panel Solar 50W*

Características técnicas	
<i>Tipo de Modulo</i>	Poli – Cristalino
<i>Potencia máxima</i>	50W
<i>Tolerancia salida de potencia</i>	0/+5
<i>Voltaje de circuito abierto</i>	22.5 VDC
<i>Corriente de cortocircuito</i>	2.86 A
<i>Voltaje en potencia máxima</i>	18.7 VDC
<i>Corriente en potencia máxima</i>	2.68 A
<i>Eficiencia</i>	14,1 %
<i>Max. Serie de fusibles</i>	10 A
<i>Caja de conexiones</i>	> IP65
<i>Máxima tensión del sistema</i>	1000 DC
<i>Rango de temperatura de funcionamiento</i>	-40°C to 85°C
<i>Peso</i>	4.3 kg
<i>Celda (cantidad/material/numero)</i>	36 / silicio multicristalino / 4 o 5
<i>Dimensiones (Altura*Ancho*Profundidad)</i>	660 mm / 540 mm / 30 mm

Tabla 3*Características técnicas del Panel Solar 30W*

Características técnicas	
<i>Tipo de Modulo</i>	Poli – Cristalino
<i>Potencia máxima</i>	30W
<i>Tolerancia salida de potencia</i>	±3%
<i>Voltaje de circuito abierto</i>	21.3 VDC
<i>Corriente de cortocircuito</i>	1.80 A
<i>Voltaje en potencia máxima</i>	18.0 VDC
<i>Corriente en potencia máxima</i>	1.67 A
<i>Eficiencia</i>	13,1 %
<i>Max. Serie de fusibles</i>	10 A
<i>Caja de conexiones</i>	SI
<i>Máxima tensión del sistema</i>	600 DC
<i>Rango de temperatura de funcionamiento</i>	-40°C to 85°C
<i>Peso</i>	2.8 kg
<i>Celda (cantidad/material/numero)</i>	36 / silicio multicristalino / 4 o 5
<i>Dimensiones (Altura*Ancho*Profundidad)</i>	510 mm / 450 mm / 25 mm

Considerando estos datos de los paneles toca tomar en cuenta los cálculos del elevador de tensión que para funcionamiento siempre el V_{out} debe superar al V_i .

Tomando en cuenta que siempre en la entrada el aporte de potencia debe ser mayor al de salida por consiguiente en la entrada tenemos

$$P = V \times I$$

$$P = 36,7V \times 2,16A$$

$$P = 79,27W$$

Nota. Antes de usar el elevador de tensión los paneles nos dan aproximadamente 79W

Por consiente tomamos la siguiente formula.

$$V_{out} \leq 10 \times V_{in}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \leq 10$$

$$\frac{66,7V}{36,7V} \leq 10$$

$$1.81 \leq 10$$

Para calcular la corriente de salida usamos la siguiente formula.

$$I_{LOAD(max)} \leq \frac{2,1A \times V_{in}}{V_{out}}$$

$$I_{LOAD(max)} \leq \frac{2,1A \times 36,7}{66,7}$$

$$I_{LOAD(max)} \leq 1,15A$$

Observamos que en la salida del elevador de tensión para cargar la batería obtenemos se reduce la potencia obteniendo una eficiencia de aproximadamente 95% del elevador de tensión esto se debe que al regulador consume parte de la potencia.

$$P = V \times I$$

$$P = 66,4V \times 1,15A$$

$$P = 76,3 W$$

3.2. Dimensionamiento de la caja de conexiones

Para determinar las dimensiones de la caja de conexiones, se toma en cuenta todas las dimensiones correspondientes de los componentes internos instalar, como las tres baterías de ion litio 60V 15Ah, el elevador de tensión, los dos controladores de los motores, dos ventiladores para enfriamiento de baterías y controladores, un reductor de voltaje de 60 a 12 Vdc para el funcionamiento de circuitos auxiliares como luces, etc.

Para lo cual debe haber suficiente espacio para pasar los cables correspondientemente a las conexiones para cada componente.

Teniendo en cuenta la ubicación de cada componente ya establecido en la caja de conexiones el cableado no debe obstruir a ningún otro elemento, de lo contrario las conexiones pueden presentar fallas.

Se realizó los espacios necesarios en la caja de conexiones para poder pasar el cableado necesario de los paneles y motores, así como también los interruptores del tablero, con todas las modificaciones hechas a la caja de conexiones están adecuadas para proteger del agua todo el circuito interno del sistema incorporado en la buggy ya que se realizó una tapa para mayor protección.

Figura 12

Dimensionamiento de caja de conexiones



3.3. Análisis del Ángulo del Panel Solar

Como el proyecto se lo realizó en la ciudad de Quito hay que analizar varios parámetros que se presentaran a continuación.

3.3.1. Horas de Luz

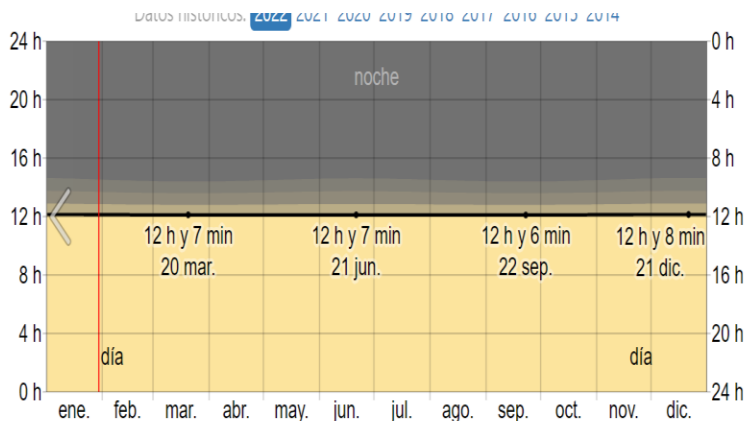
Los datos presentados a continuación son en la ciudad de Quito, con proyección para este año 2022 basados en datos históricos meteorológicos.

En la siguiente imagen se puede observar la cantidad de horas del sol al día en la línea negra, desde la parte inferior (más amarillo) hacia la parte superior (más gris) indican la noche total.

Tomando en cuenta estos datos podemos observar que la ciudad de Quito tiene buenas horas de luz sobrepasando las 12 horas del día en algunos casos.

Figura 13

Horas de luz natural Quito



Nota. Tomado de (Cotopaxi, 2022)

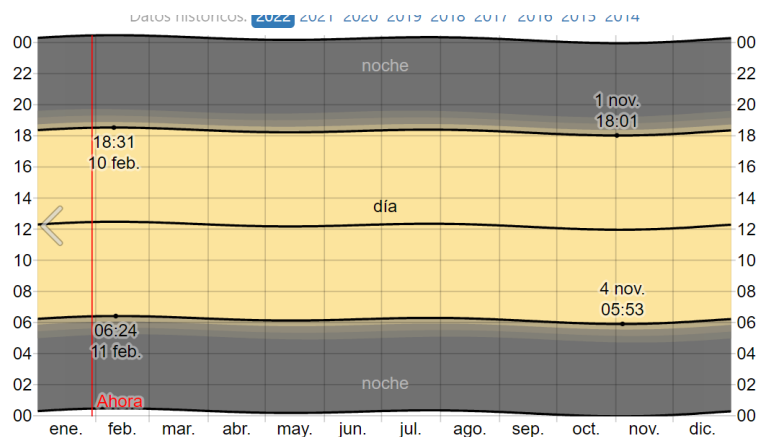
3.3.2. Salida de sol y puesta de Sol en Quito

En la siguiente Figura tomando en cuenta desde la parte inferior las líneas negras significan lo siguiente la media noche solar anterior, la salida del sol, el medio día solar, la puesta de sol y la siguiente media noche solar.

Tomando en cuenta estos datos podemos ver las horas desde cual ya podemos captar energía a través de los paneles.

Figura 14

Salida del sol y puesta de sol en Quito



Nota. Tomado de (Cotopaxi, 2022)

3.3.3. Zona geográfica

Para tener un mayor rendimiento de nuestro sistema fotovoltaico es necesario que nuestros paneles estén perpendiculares a la de los rayos del sol.

Es necesario tomar en cuenta los siguientes parámetros

- Al Norte del Ecuador, tenemos que orientar los paneles hacia el Sur.
- Al Sur del Ecuador nuestros paneles deben estar orientados hacia el Norte.
- Sobre la línea del Ecuador, los paneles deben de ir acostados, 0 grados, sin ninguna inclinación. (Cpmsolar, 2019)

Dicho lo antes mencionados al estar en la zona de la línea del Ecuador los paneles solares deben estar prácticamente de forma horizontal o con un pequeño ángulo de inclinación, con la intención de garantizar la mayor captación de luz solar en cualquier época del año.

En la ciudad de Quito tiene por consiguiente las siguientes coordenadas geográficas.

Latitud: -0.225219, **Longitud:** -78.5248

0° 13' 31" Sur, 78° 31' 29" Oeste

3.3.4. Potencial fotovoltaico

Potencial fotovoltaico o PVOUT indican los kWh de electricidad que generaría un sistema con una capacidad instalada máxima de 1kW.

En la siguiente imagen se puede observar de acuerdo al sur de Quito el PVOUT es considerablemente bueno, óptimo para las instalaciones de paneles solares. En los mismos datos se puede observar que según la ubicación de Quito la inclinación óptima para los paneles solares es de 0° a 4°.

A nivel de Ecuador, Quito es una de las mejores ciudades para tener provecho de la energía renovable utilizadas por las celdas fotovoltaicas.

Figura 15

Información de la ciudad de Quito

Datos del mapa		
Salida de potencia fotovoltaica específica	PVOUT específico	1648.8 kWh/kWp ▾
Irradiación normal directa	DNI	1723.8 kWh/m ² ▾
Irradiación horizontal global	GHI	2008.9 kWh/m ² ▾
Irradiación horizontal difusa	DIF	820.8 kWh/m ² ▾
Irradiación inclinada global en ángulo óptimo	GTI opta	2012.5 kWh/m ² ▾
Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos	OPTA	4 / 0 °
Temperatura del aire	TEMPERATURA	14.5 °C ▾
Elevación del terreno	ELE	2816 metro ▾

Nota. Tomado de (MUNDIAL)

Figura 16

Mapa PVOUT de Quito



Nota. Tomado de (MUNDIAL)

3.3.5. Inclinación Óptima Anual

Con la siguiente fórmula se puede calcular el ángulo de inclinación solar anual tomando en cuenta que la fórmula se basa para captar la mayor energía posible en el transcurso del día sin importar la estación del año, ni un día en específico.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \times |\varphi|$$

Siendo:

β : ángulo de inclinación óptima (grados)

$|\varphi|$: latitud del lugar, sin signo (grados)

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \times |0.225219|$$

$$\beta_{opt} = 3.85^\circ \approx 4^\circ$$

3.4. Instalación del sistema

Para la ubicación e instalación de los paneles solares según por la forma del buggy se optó por ubicar el panel solar en parte del techo para alivianar pesos en una posición totalmente paralela con respecto al eje horizontal o eje abscisa y el segundo panel en la parte posterior tomando un ángulo de la propia carrocería que tiene un

ángulo aproximado de 22° , pero con un sistema de bisagras tipo tijeras para la opción de ponerlo en un ángulo paralelo al otro panel, para poder tener mayor eficiencia de captar energía al momento de cargar.

Figura 17

Colocación de los paneles



Figura 18

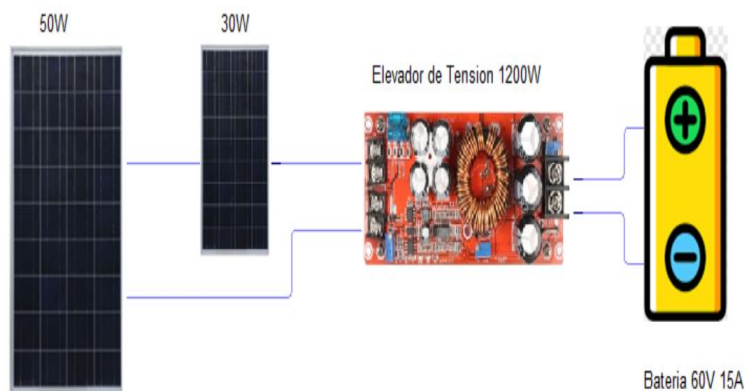
Regulación de Panel de 30W



Para la conexión de los paneles se utilizó un cable AWG N° 10 los paneles se conectaron en serie consiguiendo aumentar la corriente de generación para la carga.

Figura 19

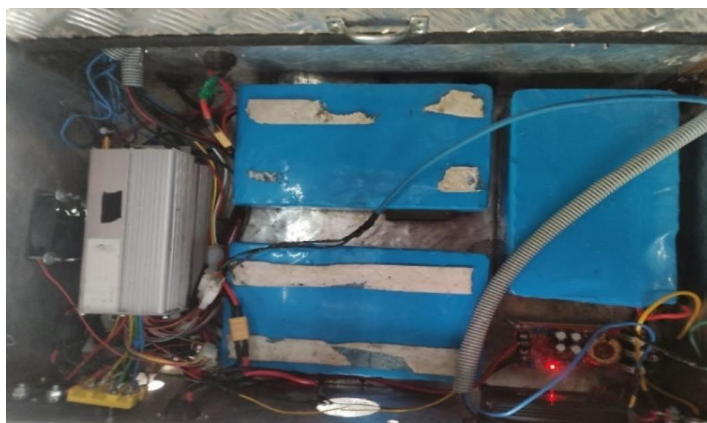
Esquema Simplificado de Conexión



Para poder cargar las baterías de 60V debemos superar ese voltaje ya que al estar conectados en serie el voltaje de salida de los paneles en condiciones ideales de luz solar va estar 36,7V aproximadamente, conectamos el elevador de tensión y se regula el Vout a unos 67 V, el elevador consta de un led indicador y dos fusibles de 15A para su propia protección. La salida de este voltaje es enviada directamente a la batería por una línea de protección de 15A y a su vez alimentar al reductor de voltaje de 12V para las luces, etc.

Figura 20

Conexión del Sistema



3.5 Pruebas de funcionamiento del sistema

Para las pruebas de funcionamiento se ha tomado en cuenta que al ser instaladas tres baterías de ion-litio de 60V 15Ah los paneles fotovoltaicos no cuenta con la capacidad necesaria de abastecerse ya que las baterías son demasiadas grandes para la potencia de los paneles, se optó por dejar con dos opciones de cargar ya sea por los paneles fotovoltaicos y mediante cargador de tomacorriente para mayor eficacia al momento de cargar las baterías.

Una batería está destinada solamente a la utilización de sistemas auxiliares para no restar autonomía mientras que las otras dos baterías están alimentando directamente a los controladores de los motores individualmente.

Figura 21

Características del cargador



Para el análisis para observar el tiempo en cargar por batería mediante un cargador se realiza la siguiente formula:

$$N^{\circ} \text{ de horas} = \frac{I_{\text{bateria}}}{I_{\text{cargador}}}$$

$$N^{\circ} \text{ de horas} = \frac{15 \text{ Ah}}{2 \text{ Ah}}$$

$$N^{\circ} \text{ de horas} = 7,5 \text{ horas}$$

Nota. Cada batería se demorará 7,5 horas en casos normales.

Suponiendo condiciones ideales, el cargador puede proporcionar corriente de salida continua sin pérdidas, y la eficiencia de carga será cercana al 100%. Si reduce la eficiencia del proceso de carga durante la carga, probablemente llevará más tiempo alcanzar el 100%.

Para la prueba de funcionamiento del sistema consiste en recargar las baterías mediante el sistema fotovoltaico comparando los resultados que pueden variar por horarios y días. Estas pruebas se las realizó en la ciudad de Quito en el mes de enero entre las 8:00 a las 17:00 siendo 10 horas de carga continua a una batería.

Los valores mostrados a continuación son los valores tomados de la batería en intervalos de tiempos definidos.

Las pruebas para determinar el tiempo de carga se realizaron en cuatro días seguidos en el mes de enero con diferencia que los dos primeros días fueron totalmente soleados y los otros parcialmente nublados.

Tabla 4

Tiempos de carga de la batería

Hora	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
8:00	58,61	59,57	63,40	65,3
9:00	58,67	59,63	63,55	65,4
10:00	58,82	59,80	63,84	65,63
11:00	59,05	60,19	64,13	66
12:00	59,38	60,41	64,42	66,3
13:00	59,57	60,74	64,71	66,7
14:00	59,76	60,96	64,94	67
15:00	59,94	61,26	65,0	
16:00	60,15	61,57	65,15	
17:00	60,25	61,75	65,20	

Los resultados que se presentaron hay que tomar en cuenta que se los midió en el sur de Quito con un ángulo de inclinación 0° el buggy totalmente estático, tomando en cuenta que estos resultados pueden variar por condiciones climáticas o al ser un vehículo eléctrico y estar en movilidad no tendrá en algunos puntos un ángulo adecuado.

Figura 22

Gráfica del Día 1 de pruebas

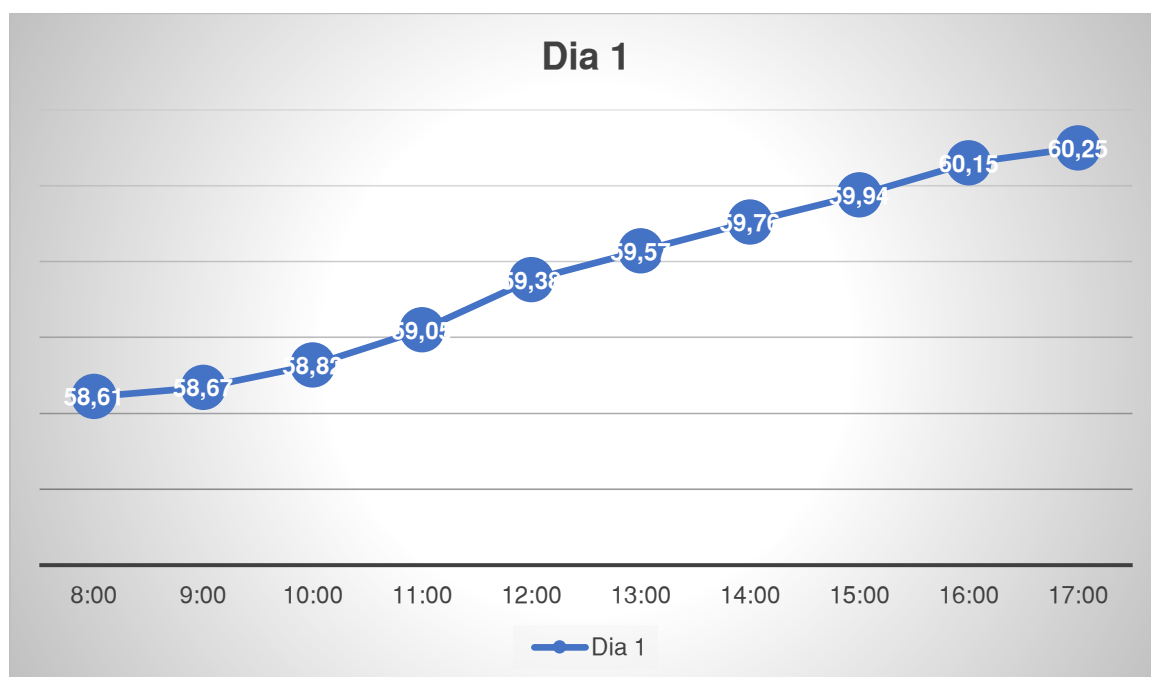


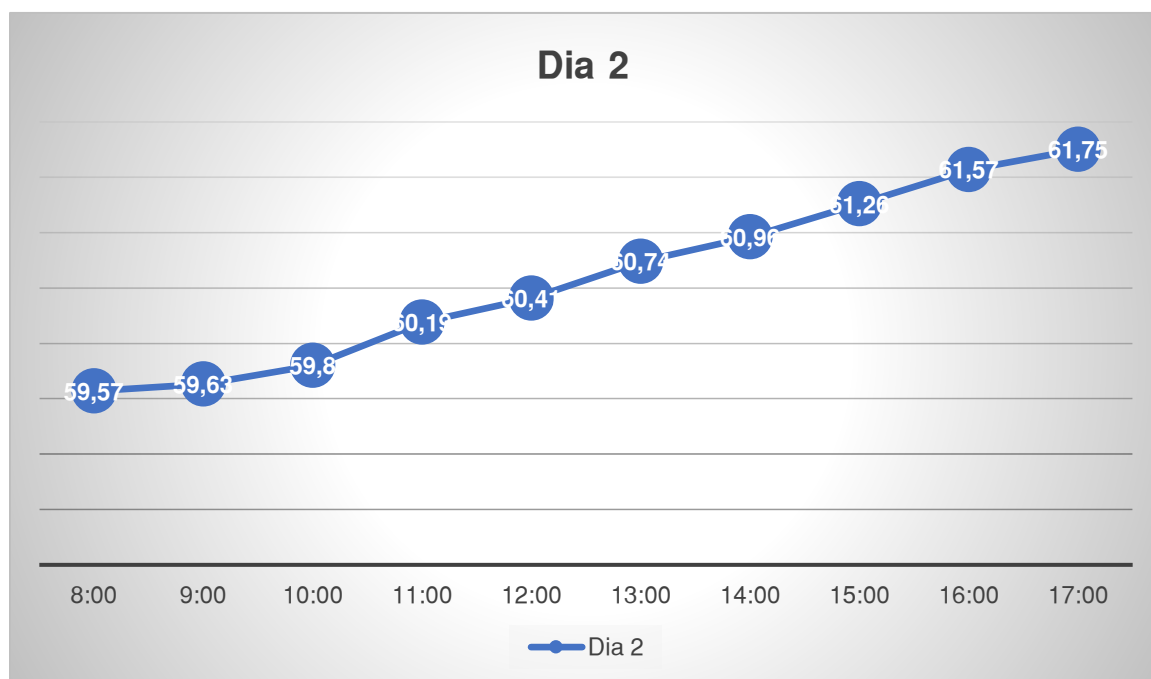
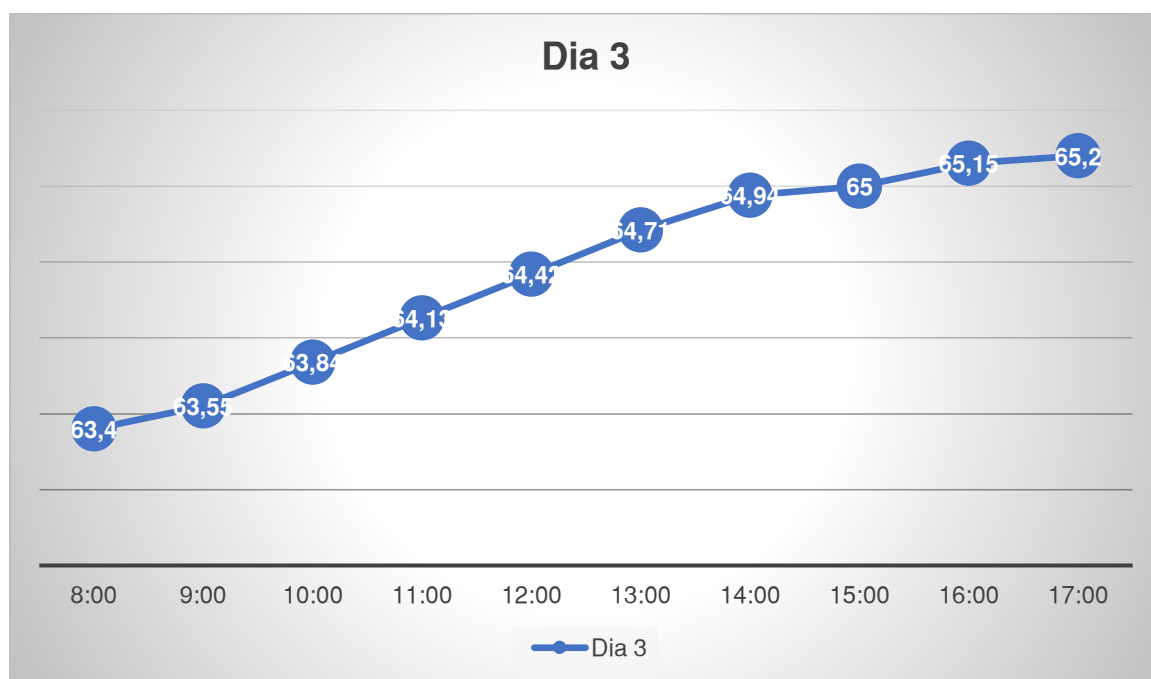
Figura 23*Gráfica del día 2 de prueba***Figura 24***Gráfica del Día 3 de Pruebas*

Figura 25*Gráfica del Día 4 de Pruebas*

3.6 Presupuesto

En la siguiente tabla se puede identificar el presupuesto más detallado de los recursos que se utilizó para llevar a cabo este proyecto.

Tabla 5

Presupuesto de Materiales

Recursos Materiales	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
<i>Panel Solar 50W</i>	1	\$48,00	\$48,0
<i>Panel Solar 30W</i>	1	\$30,0	\$38,0
<i>Batería de Litio 60V 15Ah</i>	3	\$211,25	\$633,75
<i>Estaño</i>	1	\$1,0	\$1,0
<i>Elevador de Tensión 1200W</i>	1	\$39,0	\$39,0
<i>Cargador Batería 60V</i>	1	\$55,0	\$55,0
<i>Convertidor 60v a 12V</i>	1	\$25,0	\$25,0
<i>Manguera</i>	1	\$2,0	\$2,0
<i>Cable N°10</i>	2	\$1,10	\$2,20
<i>Pernos</i>	10	\$0,05	\$0,50
<i>Bisagras tipo tijera</i>	2	\$1,70	\$3,40
<i>Vinchas metálicas</i>	4	\$0,45	\$1,80
		Total	\$849,65

Capítulo IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

Se indagó sobre el funcionamiento de paneles fotovoltaicos considerando el tipo de material y sus características técnicas observando cual posee una mayor eficiencia de captación de energía al momento de su uso, para posteriormente su respectiva compra.

Los componentes están dimensionados de acuerdo al diseño del buggy eléctrico en espacio de la carrocería y energía para proporcionar el voltaje necesario para el sistema de carga alternativo implementado.

Se determinó que el elevador de tensión es el sistema más adecuado para este proyecto por el voltaje de baterías, ya que permite elevar el voltaje de los paneles para poder cargar las baterías.

Al estar ubicados en la línea Ecuador los paneles fotovoltaicos para aprovechar la mayor cantidad de horas luz durante el trayecto del día y cualquier época del año se ubican horizontalmente los paneles, al ser un vehículo para la movilización o recreación no se puede determinar un ángulo fijo para la ubicación de los paneles ya que el buggy al momento de su utilización va estar en constante circulación.

Se realizaron varias para registrar datos y asegurar la viabilidad del proyecto, lo que permitió determinar el tiempo aproximado en cargar una batería con el sistema fotovoltaico desarrollado dando como resultado alimentar solo la batería de sistemas auxiliares como luces, ventiladores, etc.

4.2. Recomendaciones

Los consumos eléctricos de los motores en el buggy son relativamente altos, por lo tanto, para abastecer la cantidad de energía antes mencionadas se necesita integrar paneles solares de mayor capacidad, por ende, son más grandes y costosos, por lo que se debe evaluar la rentabilidad y espacio disponible para desarrollar proyectos de mayor envergadura.

Se recomienda en este tipo de proyectos usar baterías de ion-litio para aumentar la eficiencia del sistema ya que tienen mayor durabilidad y poca autodescarga, tomando en cuenta que estas baterías son mucho más ligeras y pequeñas por tal razón son idóneas para este tipo de proyectos.

Para un banco de baterías a utilizar para cualquier método de carga ya sea un sistema fotovoltaico, enchufe de pared o híbrido es recomendable usar un balanceador de baterías que permite equilibrar las celdas al momento de cargar manteniendo todas las celdas a un mismo voltaje.

Es recomendable utilizar un MPPT (Punto máximo de poder) para usar los paneles fotovoltaicos en su máxima potencia usando como ventaja no tener la misma tensión que la batería, pero sí que debe ser igual o superior.

Para tener una mayor superficie de celdas fotovoltaicas es recomendable usar paneles flexibles que se moldeen de acuerdo al diseño de la carrocería permitiendo tener mayor potencia e de los paneles solares siendo más eficientes al momento de cargar las baterías reduciendo tiempos de carga y aumentando aún más la autonomía del vehículo.

Bibliografía

- Alibaba. (s.f.). *Alibaba.com*. Recuperado el 15 de Enero de 2022, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/osn-power-60v-15ah-lithium-scooter-battery-with-shrinkable-pvc-60733835154.html>
- Arango, V. O. (2017). *ENSAMBLE Y CARACTERIZACIÓN DE UN PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Pereira: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. doi:1.088.304.103
- Autosolar. (s.f.). Baterías de Litio. *Autosolar.com*. Recuperado el 15 de Enero de 2022, de <https://autosolar.es/baterias-de-litio>
- Buetefisch, T. (2018). *advancedfleet*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2021, de advancedfleet.com: <https://advancedfleetmanagementconsulting.com/blog/2020/05/15/electromovilidad/>
- Capadif. (s.f.). *Capadif.com*. Recuperado el 01 de Febrero de 2022, de <https://www.capadif.com/es/sistema-electrico-citycoco/1663-bateria-litio-maleta-60v15ah-citycoco.html>
- César Leonardo González Pinzón, Carlos Ponce Corral, Rene Alberto Valenzuela Nájera, David Atayde Campos. (2013). *Selección de un sistema solar fotovoltaico para un vehículo eléctrico*. Cultura Científica y Tecnológica. Recuperado el 15 de Diciembre de 2021, de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/927/863>
- Cotopaxi, A. I. (2022). *Datos históricos meteorológicos de 2022 en Quito*. Quito: weatherspark. Recuperado el 29 de Enero de 2022, de <https://es.weatherspark.com/h/y/20030/2022/Datos-hist%C3%B3ricos-meteorol%C3%B3gicos-de-2022-en-Quito-Ecuador#Figures-Daylight>

Cpmsolar. (31 de Octubre de 2019). *Cpmsolar.com*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2021, de <https://cpmsolar.com/2019/10/31/encontrar-la-optima-orientacion-e-inclinacion-de-los-paneles-solares/#:~:text=Sobre%20la%20%C3%ADnea%20del%20ecuador,0%20grados%2C%20sin%20ninguna%20inclinaci%C3%B3n>.

Electronilab. (2021). *Electronilab.co*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2021, de <https://electronilab.co/tienda/convertidor-dc-dc-boost-1200w-8-60v-12-83v/>

E-Mov. (2020). ELECTROMOVILIDAD: EL TRANSPORTE SUSTENTABLE.

Recuperado el 21 de Diciembre de 2021, de <https://web.e-mov.cl/2020/01/14/electromovilidad-el-transporte-sustentable-que-el-mundo-necesita-ahora/>

Fernando, H. (s.f.). *Pinteres*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2021, de

<https://ar.pinterest.com/pin/718816790499028418/>

Guerrero, J. N. (2018). *Diseño de un Sistema Regenerativo de Carga de Baterías Con Paneles Solares para un Vehículo Eléctrico Kia Soul*. Cuenca, Azuay, Ecuador:

Universidad Politecnica Salesiana. Recuperado el 10 de Enero de 2022, de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16402/1/UPS-CT007979.pdf>

Guglielmetti, F. (21 de Julio de 2021). Ecuador favorece a la movilidad eléctrica con la

Ley de Transporte. *Portal Movilidad*. Recuperado el 10 de Enero de 2022, de

<https://portalmovilidad.com/es-oficial-ecuador-favorece-a-la-movilidad-electrica-con-la-ley-de-transporte/>

GUTIÉRREZ, L. V. (2009). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO PARA LA CARGA DE BATERIA*. Santiago de

Chile, Chile: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. Recuperado el

29 de Diciembre de 2021, de <https://academica->

e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/1903/577079.pdf?sequence=1&isAllowed=

y

MOLINA, D. J. (2012). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO*

AUTÓNOMO MÓVIL. Cartagena: FACULTAD DE INGENIERÍAS. Recuperado el

06 de Enero de 2022, de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0063150.pdf>

MUNDIAL, A. S. (s.f.). *ATLAS SOLAR MUNDIAL*. ATLAS SOLAR MUNDIAL.

Recuperado el 01 de Febrero de 2022, de [https://globalsolaratlas.info/map?c=-](https://globalsolaratlas.info/map?c=-0.222816,-78.835144,11&m=site&a=-78.498688,-0.214843,-78.564606,-0.265622,-78.525696,-0.293527,-78.498688,-0.214843&s=-0.257383,-78.524047)

[0.222816,-78.835144,11&m=site&a=-78.498688,-0.214843,-78.564606,-](https://globalsolaratlas.info/map?c=-0.222816,-78.835144,11&m=site&a=-78.498688,-0.214843,-78.564606,-0.265622,-78.525696,-0.293527,-78.498688,-0.214843&s=-0.257383,-78.524047)

[0.265622,-78.525696,-0.293527,-78.498688,-0.214843&s=-0.257383,-](https://globalsolaratlas.info/map?c=-0.222816,-78.835144,11&m=site&a=-78.498688,-0.214843,-78.564606,-0.265622,-78.525696,-0.293527,-78.498688,-0.214843&s=-0.257383,-78.524047)

[78.524047](https://globalsolaratlas.info/map?c=-0.222816,-78.835144,11&m=site&a=-78.498688,-0.214843,-78.564606,-0.265622,-78.525696,-0.293527,-78.498688,-0.214843&s=-0.257383,-78.524047)

Pep Puig, M. J. (s.f.). *Energía Renovable para todos*. (Iberdrola, Ed.) Energías

Renovables. Recuperado el 06 de Enero de 2022, de [https://www.energias-](https://www.energias-renovables.com/)

[renovables.com/](https://www.energias-renovables.com/)

Planas, O. (18 de Febrero de 2016). *Energía Solar*, 1. Recuperado el 06 de Enero de

2022, de Energía Solar.com: [https://solar-energia.net/energia-solar-](https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/celula-fotovoltaica)

[fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/celula-fotovoltaica](https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/celula-fotovoltaica)

Stearns, B. (12 de Agosto de 2014). Recuperado el 05 de Enero de 2022, de

<https://fromridgetoeave.com/the-history-of-the-power-of-solar/>

Vistronica. (s.f.). *Vistronica.com*. (T. V. Electronica, Productor) Recuperado el 30 de

Diciembre de 2021, de [https://www.vistronica.com/fuente-de-voltaje/conversores-](https://www.vistronica.com/fuente-de-voltaje/conversores-dc-dc/convertidor-dc-dc-tipo-boost-step-up-de-1200w-detail.html)

[dc-dc/convertidor-dc-dc-tipo-boost-step-up-de-1200w-detail.html](https://www.vistronica.com/fuente-de-voltaje/conversores-dc-dc/convertidor-dc-dc-tipo-boost-step-up-de-1200w-detail.html)

Anexos