



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Estudio de paneles solares para la alimentación de motores eléctricos en sillas de
ruedas mediante la utilización de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para
personas con discapacidad.**

Mafla Guerrero, Eva Amaranta

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior de Electromecánica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Electromecánica

Ing.Culqui Tipán, Javier Fernando, Mgtr

24 de febrero del 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TESIS MAFLA GUERRERO EVA

4%
Similitudes

< 1% Texto entre comillas
0% similitudes entre comillas

0% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS MAFLA GUERRERO EVA.pdf
ID del documento: ee8410f734b178ebb4d128c58bfe6bb460f042
Tamaño del documento original: 2,76 Mo

Depositante: JAVIER FERNANDO CULQUI TIPAN
Fecha de depósito: 17/2/2023
Tipo de carga: Interface
Fecha de fin de análisis: 17/2/2023

Número de palabras: 11.828
Número de caracteres: 75.115

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.sci-geriatria.com Sillas de ruedas eléctricas Tipos Clasificación Característica ... https://www.sci-geriatria.com/motociclistas-sillas-de-ruedas-electricas-o-motorizadas	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (102 palabras)
2	bibdigital.epn.edu.ec https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/13000/33507/1/9722bd	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (83 palabras)
3	www.bbva.com ¿Sabes que es y cómo calcular la potencia eléctrica? https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-y-como-calcular-la-potencia-electrica	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (76 palabras)
4	www.recursoyenergia.gob.ec 13-CU-OTRO-COPIA-DE-PRODUCCION-ELECTRICA https://www.recursoyenergia.gob.ec/ejecucion-consolido-la-produccion-electrica-a-partir	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (63 palabras)
5	hdl.handle.net Simulación dinámica de mecanismos complejos http://hdl.handle.net/10551/5530	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (65 palabras)

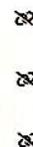
Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	autosolar.es ¿Qué es un panel solar? Descúbrelo en AutoSolar https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-un-panel-solar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)
2	Documento de otro usuario El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://autosolar.pe/actualidad-de-energia-solar/inventan-el-primer-motor>
- https://www.primicias.ec/nota_comercial/hablemos
- https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#MR
- <https://www.google.com/intl/es/earth/>
- <https://es.khanacademy.org/science/physics/circuits-topic/circuits>



Ing. Culqui Tipán, Javier Fernando, Mgtr
C.C.: 0503006454
Director



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, "Estudio de paneles solares para la alimentación de motores eléctricos en sillas de ruedas mediante la utilización de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para personas con discapacidad." fue realizado por la señorita Mafla Guerrero, Eva Amaranta; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de febrero del 2023


Ing. Culqui Tipán, Javier Fernando, Mgtr

C.C.:0503006454

Director



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Eva Mafla** con cédula de ciudadanía No.1755742226, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Estudio de paneles solares para la alimentación de motores eléctricos en sillas de ruedas mediante la utilización de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para personas con discapacidad.”** 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 citas bibliográficas.

Latacunga, 24 de febrero del 2023

Firma:

Mafla Guerrero, Eva Amaranta

C.C.: 1755742226



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Autorización de Publicación

Yo, **Eva Mafla** con cédula de ciudadanía No.1755742226, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Estudio de paneles solares para la alimentación de motores eléctricos en sillas de ruedas mediante la utilización de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para personas con discapacidad.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 24 de febrero del 2023

Firma:

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Eva Mafla', escrita sobre una línea horizontal punteada.

Mafla Guerrero, Eva Amaranta

C.C.: 1755742226

Dedicatoria

A mi madre, padre, hermana quienes fueron el impulso de mis estudios, responsables de haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros fueron gracias a ellos que con amor y paciencia me enseñaron que puedo cumplir todo aquello que me proponga. Me formaron con reglas y con algunas libertades donde día a día luche con gran anhelo para lograr un sueño tan prestigiado de mi vida, me motivaron y aconsejaron constantemente para alcanzar mi objetivo.

Eva Amaranta Mafla Guerrero.

Agradecimientos

«A Elizabeth y Patricio por inculcarme valores y responsabilidades a lo largo de mi vida, por sus
cálidos abrazos y sus excelentes consejos.

A Pamela por brindarme su apoyo y cariño incondicional.

A Ana por los consejos brindados para mejorar como persona.

A Susana por su cariño.

A Nicolas por su cariño y apoyo.

A Rafael por su amor incondicional y enseñarme que cumplir mis metas no siempre será fácil
pero que todo se puede lograr, por la paciencia brindada.

A Mackena por su valiosa compañía y cariño sincero.

A la ESPE, por todo lo aprendido.»

Eva Amaranta Mafla Guerrero

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Índice de figuras	11
Índice de tablas	13
Índice de ecuaciones	14
Resumen	15
Abstract	16
Capítulo I: Planteamiento del problema	17
Tema	17
Antecedentes	17
Planteamiento del problema	18
Justificación	18
Objetivos	19
Objetivo General	19

<i>Objetivos específicos</i>	19
Alcance.....	20
Capítulo II: Marco Teórico.....	21
Introducción.....	21
Enfermedades mundiales que afectan la movilidad física-motora.....	22
Funcionamiento de paneles solares.....	22
Radiación solar.....	23
Conceptos Eléctricos	24
<i>Voltaje</i>	24
<i>Amperaje</i>	24
<i>Potencia</i>	25
<i>Corriente continua y alterna</i>	25
<i>Paneles Solares</i>	25
<i>Celda Fotovoltaica</i>	25
<i>Inversor fotovoltaico</i>	27
<i>Regulador de Carga</i>	28
Variable independiente.....	29
Ventajas y desventajas del uso de una silla eléctrica	30
Ventajas y desventajas de usar los paneles solares como alimentador eléctrico.	31
Capítulo III: Niveles De Radiacion Solar	33
Radiación directa normal y horizontal	33

Datos de radiación según la Comisión Europea.....	34
Datos de radiación según la Solargis y Esmap.....	39
Datos de radiación según la NASA.....	42
Datos de radiación según Tu tiempo Network	45
Recopilación y análisis de datos obtenidos	47
Capítulo IV: Diseño mecánico y selección de componentes	50
Requerimientos del sistema	50
Diseño de la silla de ruedas.....	51
<i>Cálculo de fuerza requerida</i>	<i>53</i>
Selección del tipo de motor	56
Selección de baterías	59
Selección de celdas fotovoltaicas	61
Selección del inversor	63
Análisis de costo - beneficio	63
Análisis de esfuerzo y deformación	65
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.....	69
Conclusiones.....	69
Recomendaciones	71
Bibliografía	72
Anexos	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Potencial eléctrico fotovoltaico Ecuador</i>	23
Figura 2 <i>Diferencias entre corriente continua y corriente alterna</i>	26
Figura 3 <i>Paneles solares</i>	26
Figura 4 <i>Celda fotovoltaica</i>	27
Figura 5 <i>Inversor fotovoltaico</i>	28
Figura 6 <i>Componentes de una instalación solar</i>	28
Figura 7 <i>Radiación directa normal y horizontal</i>	33
Figura 8 <i>Ubicación de los datos proporcionados por European Commission</i>	34
Figura 9 <i>Irradiación solar en Latacunga</i>	35
Figura 10 <i>Resumen de irradiación en Latacunga – Años 2013-2015</i>	38
Figura 11 <i>Mapa de irradiación solar en Latacunga</i>	39
Figura 12 <i>Resumen de irradiación en Latacunga – Año 2022 “GSA”</i>	41
Figura 13 <i>Resumen de irradiación en Latacunga – Año 2022 “NASA”</i>	44
Figura 14 <i>Índice de rayos ultravioleta en la ciudad de Latacunga 16 de Julio 2022</i>	45
Figura 15 <i>Índice de rayos ultravioleta en la ciudad de Latacunga 17 de Julio 2022</i>	46
Figura 16 <i>Índice de rayos ultravioleta en la ciudad de Latacunga 18 de Julio 2022</i>	46
Figura 17 <i>Índice de rayos ultravioleta en la ciudad de Latacunga 24 de Julio 2022</i>	47
Figura 18 <i>Modelo preliminar de la silla de ruedas a utilizar</i>	51
Figura 19 <i>Esquema de fuerzas sobre una silla de ruedas</i>	54
Figura 20 <i>Panel solar seleccionado</i>	62
Figura 21 <i>Selección del inversor</i>	63
Figura 22 <i>Análisis de geometría del archivo 3D</i>	65
Figura 23 <i>Selección de material de la estructura</i>	66
Figura 24 <i>Desarrollo del mallado de la estructura</i>	66

Figura 25 <i>Desarrollo del mallado de la estructura</i>	67
Figura 26 <i>Deformación total de la estructura</i>	68
Figura 27 <i>Deformación direccional de la estructura</i>	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Irradiación en Latacunga – Año 2013 “JRC”</i>	35
Tabla 2 <i>Irradiación en Latacunga – Año 2014 “JRC”</i>	36
Tabla 3 <i>Irradiación en Latacunga – Año 2015 “JRC”</i>	37
Tabla 4 <i>Irradiación en Latacunga – Año 2022 “GSA”</i>	40
Tabla 5 <i>Irradiación en Latacunga – Año 2020 “NASA”</i>	42
Tabla 6 <i>Irradiación en Latacunga – Año 2021 “NASA”</i>	43
Tabla 7 <i>Irradiación en Latacunga – Año 2022 “NASA”</i>	43
Tabla 8 <i>Irradiación en Latacunga por día</i>	48
Tabla 9 <i>Resumen de los requerimientos del sistema</i>	50
Tabla 10 <i>Partes del ensamblaje</i>	52
Tabla 11 <i>Cálculo del peso total del sistema</i>	53
Tabla 12 <i>Selección de motores de la silla de ruedas</i>	57
Tabla 13 <i>Especificaciones técnicas del motor seleccionado</i>	58
Tabla 14 <i>Selección de baterías para la silla de ruedas</i>	60
Tabla 15 <i>Selección de panel solar para la silla de ruedas</i>	61
Tabla 16 <i>Especificaciones técnicas del panel solar seleccionado</i>	62
Tabla 17 <i>Análisis de costos de materiales a implementar</i>	64

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	24
Ecuación 2	24
Ecuación 3	25
Ecuación 4	55
Ecuación 5	55
Ecuación 6	55
Ecuación 7	56
Ecuación 8	59
Ecuación 9	59

Resumen

El presente trabajo se enfoca en realizar un estudio de paneles solares para la alimentación de motores eléctricos en sillas de ruedas mediante la utilización de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para personas con discapacidad. La silla de ruedas es uno de los medios de asistencia de uso más frecuente para mejorar la movilidad personal, condición previa para disfrutar de los derechos humanos y una vida digna, y ayuda a las personas con discapacidad a convertirse en miembros más productivos de sus comunidades. Se espera que la silla de ruedas sea de aluminio por la circunstancia en la que se podrá tener un peso más ligero, además que sería un sistema robusto y se espera poner una rueda extra que sostenga el motor y la batería para que no cause ningún peso extra, se estima que la velocidad máxima de la silla será 5.4 km/h y depende de la capacidad de la persona tendría que tener supervisión y de no ser necesario esto se podría omitir, el alcance de esta investigación es incrementar el costo del mismo por lo que se utilizó el software y hardware que presentan las mejores características para obtener un sistema robusto con pocas pérdidas, eficaz y costo razonable. De igual forma se pretendió realizar el diseño de la silla de ruedas adecuada al motor y panel solar y la realización de una proforma de costos para su aplicación, gracias a este estudio podemos ver su viabilidad.

Palabras clave: Silla de ruedas, Software, Hardware, Panel solar, Movilidad personal.

Abstract

The present work focuses on a study of solar panels for powering electric motors in wheelchairs through the use of electrical, electronic and mechanical devices for people with disabilities. The wheelchair is one of the most frequently used assistive devices to improve personal mobility, a prerequisite for enjoying human rights and a dignified life, and helps people with disabilities to become more productive members of their communities. It is expected that the wheelchair will be made of aluminum because of the circumstance in which it will be able to have a lighter weight, also it would be a robust system and it is expected to put an extra wheel that holds the motor and battery so that it does not cause any extra weight, it is estimated that the maximum speed of the chair will be 5.4 km/h and depending on the capacity of the person would have to have supervision and if not necessary this could be omitted, the scope of this research is to increase the cost of it so we used the software and hardware that have the best features to obtain a robust system with few losses, effective and reasonable cost. In the same way it was intended to design the wheelchair suitable for the motor and solar panel and the realization of a cost proforma for its application, thanks to this study we can see its viability.

Key words: Wheelchair, Software, Hardware, Solar panel, Personal mobility.

Capítulo I

Planteamiento del problema

Tema

Estudio de paneles solares para la alimentación de motores eléctricos en sillas de ruedas mediante la utilización de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para personas con discapacidad para determinar la factibilidad de la implementación de un sistema de energía solar aplicado a una silla de ruedas para ayudar a personas que tienen alguna discapacidad con su movilización.

Antecedentes

En los últimos años, la comprensión de la discapacidad ha pasado de una perspectiva física o médica a otra que tiene en cuenta el contexto físico, social y político de una persona. Hoy en día, se entiende que la discapacidad surge de la interacción entre el estado de salud o la deficiencia de una persona y la multitud de factores que influyen en su entorno. En total, se estima que casi el 12% de la población de América Latina y el Caribe vive con al menos una discapacidad, lo que representa alrededor de 66 millones de personas. (Tunelko, 2012)

Una de las capacidades especiales que se puede mencionar es la que refiere a la movilidad y la marcha ya sea en niños, adultos, adultos mayores o ancianos, ya sea por accidentes o por enfermedades congénitas. La silla de ruedas es uno de los medios de asistencia de uso más frecuente para mejorar la movilidad personal, condición previa para disfrutar de los derechos humanos y una vida digna, y ayuda a las personas con discapacidad a convertirse en miembros más productivos de sus comunidades. (Luzuriaga, Pérez, Sandoval, & Viteri, 2019)

Con el avance de la tecnología, las sillas de ruedas pueden ser eléctricas, por lo que se lograría el objetivo de ser impulsadas por motores que son accionadas por baterías, la persona controla la silla por medio de un joystick el mismo que dependiendo del tipo de silla puede configurar la velocidad, la posición del respaldo, asiento, etc.

Planteamiento del problema

El presente trabajo está enfocado en elaborar un estudio para determinar la factibilidad de la implementación de un sistema de energía solar aplicado a una silla de ruedas para ayudar a personas que tienen alguna discapacidad con su movilización.

En la presente investigación se diseñará un sistema de energía solar aplicado a una silla de ruedas plegable para beneficiar a las personas antes citadas, las mismas que carecen de movilidad autónoma, también, se pueden beneficiar de este prototipo instituciones y organizaciones quienes trabajan con personas que presentan esta situación médica, pues el equipo desarrollado podrá ser replicable con las variaciones requeridas en función de las condiciones de los pacientes. Además, la silla de ruedas motorizada plegable, ofrecerá mayor independencia ya que puede ser transportada con mayor facilidad en vehículos. Por otra parte, en la actualidad adquirir uno de estos dispositivos resulta muy costoso, por lo que se pretende conseguir un dispositivo económico con relación a otros existentes en el mercado, ya que este será manufacturado con materiales y tecnologías existentes en el mercado ecuatoriano y con la incorporación de algunos componentes importados, lo que beneficiará de manera indirecta en el desarrollo económico e industrial del país.

Justificación

En la actualidad el 92% de la generación de energía en el país proviene de centrales hidráulicas, el 7% de térmicas y el 1% de fuentes no convencionales (fotovoltaica, eólica, biomasa, biogás, geotermia, entre otras). Esta producción, marcada por energías amigables con el ambiente, satisface la demanda nacional de electricidad, así como la exportación de electrones a los países vecinos (Colombia y Perú). (Minas, 2022)

La energía renovable que más ha llamado la atención a nivel mundial es la energía solar debido principalmente a que se encuentra en todas partes de manera constante y sin un costo aparente. Además, Ecuador, por su ubicación, es un país con un excelente recurso solar. La irradiación diaria (promedio anual) sobre una superficie horizontal es superior a 4.0 KWh/m^2

al día, en todo el territorio nacional y en algunos sitios es superior a $5 \text{ KWh}/\text{m}^2$ al día (un valor de los más altos en el mundo). (Urdiales, Espinoza , & Garcia, 2015)

Se espera que la silla de ruedas sea de aluminio, por la circunstancia en la que se podrá tener un peso más ligero, además que incluso sería un sistema robusto; también se espera poner una rueda extra que sostenga el motor y la batería para que no cause ningún peso extra, se estima que la velocidad máxima de la silla será 5.4 Km/h y depende de la discapacidad de la persona tendría que tener supervisión y de no ser necesario, esto se podría omitir. El diseño se va a realizar en un software de ingeniería con todas las adecuaciones, se estima realizar una cotización de cada elemento tratando de reducir costos sin afectar la productividad ni la eficiencia del sistema planteado y así cuando se desee implementar, se podrá encontrar todas las especificaciones para realizarlo sin ningún inconveniente y con todos los campos considerados.

Objetivos

Objetivo General

Realizar un estudio de paneles solares para la alimentación de motores eléctricos en sillas de ruedas mediante la utilización de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para personas con discapacidad.

Objetivos específicos

- Identificar la literatura técnica especializada con respecto a los elementos a utilizar en el proyecto.
- Obtener datos de mediciones para determinar los niveles de radiación solar.
- Selección de componentes en base a los datos obtenidos.

Alcance

Generalmente se plantea un sistema lo más eficiente posible, sin embargo, esto incrementa el costo del mismo. Por lo tanto, en este trabajo se utilizará un software y hardware que presenten las mejores características para obtener un sistema robusto con pocas pérdidas, eficaz y costo razonable. De igual forma, se pretende realizar un diseño de la silla de ruedas adecuada al motor y panel solar y realizar una proforma de costos para su aplicación.

Capítulo II:

Marco Teórico

Introducción

Las sillas de ruedas eléctricas, o sillas motorizadas, son aquellas que disponen de un motor y una batería, en este caso se pretende implementar un panel solar junto con un inversor de energía DC-AC, con la finalidad de suministrar energía y así el usuario o el acompañante pueda llevarla sin necesidad de empujarla.

Hoy en día, el mercado de sillas eléctricas es muy amplio. Tanto para personas incapaces de llevar una silla de ruedas manual como para personas que pueden llevarlas, adquieren este tipo de sillas por su comodidad, libertad y la autonomía que otorgan. Las sillas de ruedas eléctricas, van destinados en principio aquellas personas que no pueden manejar una silla manual. Sin embargo, cada día son más las personas, que, aunque manejan una silla de ruedas manual, se deciden por la propulsión de una silla con motor. (Salud, 2018)

En cualquier caso, las personas que más suelen demandar las sillas de eléctricas son personas con lesiones medulares altas que les impide la propulsión de una silla de ruedas manual. En segundo lugar, enfermedades invalidantes del sistema locomotor. Destacan entre estas, la esclerosis múltiple. Seguidamente de cualquier tipo de enfermedad degenerativa que deteriore el sistema locomotor. O también se unen a estas opciones personas que por su edad no son capaces de manejar una silla de ruedas manual. (Rubin, 2019)

El concepto de silla de ruedas se inspiró en el diseño de los techos retráctiles de los coches descapotables. La silla utiliza materiales ligeros y resistentes y células solares de alta eficiencia con paneles solares fabricados a medida que abarcan más de un metro cuadrado cuando se despliega sin aumentar significativamente su longitud, anchura, altura o peso cuando se almacena.

La silla de ruedas puede funcionar durante más de 4½ horas a una velocidad de 5 millas por hora (mph), o su equivalente sería 8 kilómetros por hora (kph) con una batería completamente cargada, un aumento de alcance de más del 40 por ciento con las baterías solas, y puede funcionar indefinidamente a una velocidad de 1.6 Km/h solo con energía solar, sin usar la batería. (Masdar, 2016)

Enfermedades mundiales que afectan la movilidad física-motora

Diecisiete millones de personas en todo el mundo viven con parálisis cerebral, una discapacidad permanente que afecta el movimiento desde una debilidad en una mano hasta una falta casi total de movimiento voluntario. (Alva, 2011)

El Día Mundial de la Parálisis Cerebral se estableció en 2012 con una invitación para que las personas con parálisis cerebral, sin embargo, a principios de septiembre del mismo año, se animó a las personas a conectarse en línea, revisar las ideas enviadas y votar por los conceptos que podrían tener el mayor impacto seleccionó tres ideas para ser preseleccionadas para su desarrollo: una silla de ruedas motorizada plegable, un documental sobre la parálisis cerebral en el siglo XXI y una silla de ruedas con energía solar. (Kids, 2021)

Funcionamiento de paneles solares

Los paneles solares cargan las baterías incluso cuando está nublado y tienen la ventaja añadida de proporcionar sombra al ocupante de la silla de ruedas en los días soleados. La operación de un solo interruptor significa que cualquier persona que pueda usar un joystick puede operar la silla. El diseño general incluye servicios estándar para sillas de ruedas, como cinturón de seguridad, reposabrazos, reposapiés y asientos ajustables. Además, se proporcionan tomas de corriente USB para cargar periféricos modernos como teléfonos móviles, navegación GPS, tabletas y elementos como un ventilador y una luz de lectura. (AutoSolar, 2019)

Radiación solar

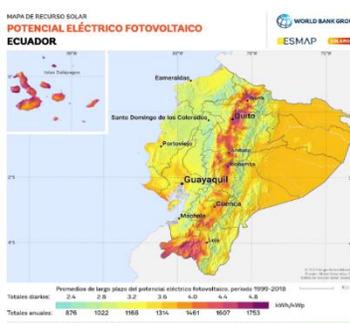
En los últimos años la radiación a nivel mundial ha incrementado significativamente en numerosas zonas, es por eso que en Ecuador no se ha dejado de lado esta investigación, con la finalidad de sacar mayor beneficio de esta temática y no verlo como un problema.

El valor de la radiación solar global en Ecuador según (Velasco & Cabrera, 2015) es de $4200 \text{ KWh}/\text{m}^2$ por año, un valor superior al de España con $1400 \text{ KWh}/\text{m}^2$ por año en la parte peninsular; sin embargo, de acuerdo a (CONELEC, 2007), se presentan variaciones del 30% entre algunos lugares del Ecuador continental, y más del 40% comparado con las islas Galápagos.

La gran variedad de condiciones atmosféricas y topográficas del Ecuador y el amplio rango de latitudes, desde las Galápagos hasta la Amazonia, genera una enorme diversidad de situaciones de radiación que condicionan los cálculos del tamaño de una instalación para que cubra una determinada demanda. Se escogió la provincia de Cotopaxi cantón Latacunga, donde según (Solargis, 2023), debido a su enorme potencial de radiación solar, se concentra $4.786 \text{ KWh}/\text{m}^2$ por día, tal como se muestra en la **Figura 1** para este análisis.

Figura 1

Potencial eléctrico fotovoltaico Ecuador



Nota. Se puede identificar que la zona de la Sierra maneja índices más elevados de radiación, que van entre 4.4 a $4.8 \text{ KWh}/\text{m}^2$ por día. Obtenido de (Solargis, 2023)

Conceptos Eléctricos

Voltaje

También llamado tensión o diferencia de potencial, es una magnitud física que se encarga de establecer la diferencia de potencial eléctrico que existen entre dos puntos, en el sistema internacional es expresada en volts o voltios en español, su símbolo es la letra V. (Khan, 2022)

Otro concepto nos dice que voltaje es la fuerza que impulsa el movimiento de las cargas y que es causante de la corriente eléctrica además de ser conductor e impulsor de la misma. Donde además se puede expresar matemáticamente el voltaje entre dos puntos como el cambio en energía que experimenta una carga, generando así una descripción intuitiva del voltaje en pocas palabras. Donde una partícula cargada q , un voltaje V corresponde a un cambio en la energía potencial, $\Delta U = qV$, que se indica en la Ecuación 1. (Khan, 2022)

$$V = \frac{\Delta U}{q}$$

Ecuación 1

Amperaje

Es la unidad de intensidad eléctrica, en el sistema internacional es expresada en amperios y su símbolo es la letra A., los amperios miden la intensidad de una corriente eléctrica. A manera general los amperios sirven para indicar la cantidad de energía que se ha movido entre un punto y otro durante un espacio de tiempo. El amperio-hora (símbolo Ah) expresa cuánta energía puede circular por un determinado circuito durante una hora y se calcula con la fórmula de la Ecuación 2. Se usa para medir la capacidad de las baterías eléctricas. (Planas, 2022)

$$I = \frac{P}{V}$$

Ecuación 2

Potencia

La potencia está definida como la tasa a la que la energía (U) se transforma o se transfiere en el tiempo. Se mide la potencia en unidades de Joules/segundo, también conocidas como watts. Además, es la cantidad de energía eléctrica que es consumida por un circuito o un aparato receptor, en la Ecuación 3, se observa cómo calcular la potencia. (Khan, 2022)

$$\text{Potencia} = \frac{dU}{dT} \qquad \text{Ecuación 3}$$

Corriente continua y alterna

La corriente continua (CC) es la corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección, como la que fluye en una linterna o en cualquier otro aparato con baterías es corriente continua; mientras que la corriente alterna (CA) es un tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos.

La corriente que fluye por las líneas eléctricas y la electricidad disponible normalmente en las casas procedente de los enchufes de la pared es corriente alterna. La corriente estándar en la mayor parte del mundo es de 50 ciclos por segundo (es decir, una frecuencia de 50 Hz.); en **Figura 2**, se muestra las diferencias de estos dos tipos de corrientes. (Scientific Committees, 2019)

Paneles Solares

Un panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía del sol para generar calor o electricidad y constan de multitud de celdas, llamadas células fotovoltaicas, que convierten la radiación solar en electricidad como se muestra en la **Figura 3**. (AutoSolar, 2019)

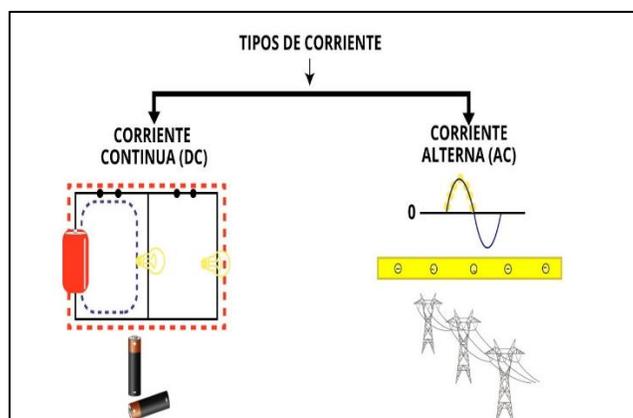
Celda Fotovoltaica

Como se muestra en la **Figura 4**, son celdas que convierten la energía solar en energía eléctrica, al combinar ambas capas se genera un campo eléctrico el cual no deja a los

electrones moverse más que de una manera, generando así una corriente eléctrica la cual puede ser almacenada fácilmente en una batería. (Sostenibilidad, 2021)

Figura 2

Diferencia entre corriente continua y corriente alterna



Nota. Esquema para diferenciar el tipo de corriente existente en el mercado y su aplicación.

Obtenido de (Scientific Committees, 2019)

Figura 3

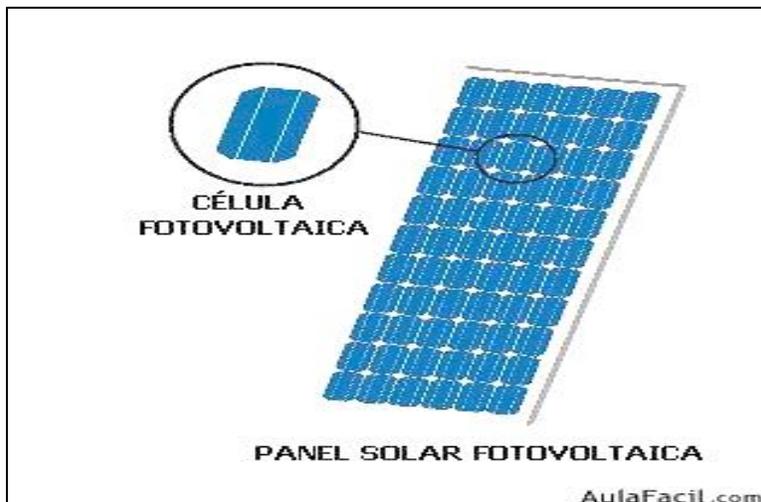
Paneles solares



Nota. Esquema de conexión de paneles solares a una batería. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Figura 4

Celda fotovoltaica



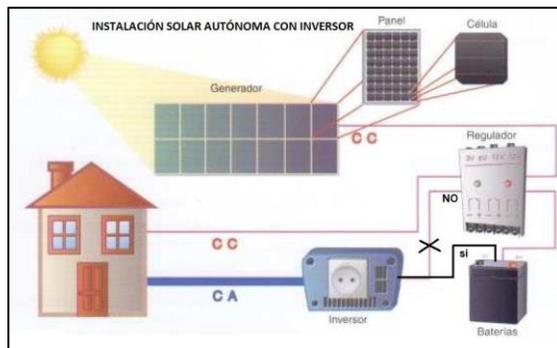
Nota. Identificación de las celdas fotovoltaicas dentro de un panel solar. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Inversor fotovoltaico

Es un dispositivo que transforma un voltaje de corriente continua a un voltaje de corriente alterna. Mientras que el inversor fotovoltaico, también llamado inversor de energía solar, es un elemento imprescindible en las instalaciones fotovoltaicas, tanto en las instalaciones conectadas a la red eléctrica, como en la mayoría de las instalaciones.

Dentro de una instalación solar fotovoltaica (ISFTV) el inversor es el aparato encargado de convertir la corriente continua generada por la instalación fotovoltaica (paneles), en una corriente alterna (AC) igual a la de la red eléctrica y alimentar un sistema como se muestra en la **Figura 5**, con una corriente alterna a 230V de valor eficaz de tensión y 50Hz (hertzios) de frecuencia. De esta forma esta energía generada por los Paneles Solares en corriente continua se puede utilizar para conectar los receptores habituales en una vivienda, que son todos de C.A., o también para enviarla a la red eléctrica y venderla.

Figura 5

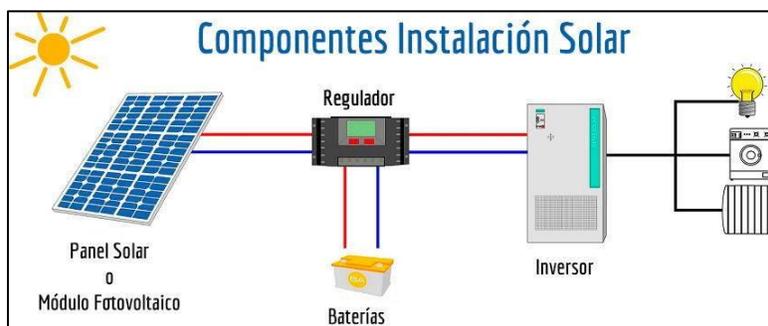
Inversor fotovoltaico

Nota. Identificación de las celdas fotovoltaicas dentro de un panel solar. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Regulador de Carga

Es un dispositivo de control que asegura la correcta alimentación hacia los equipos, evitando así las sobrecargas en los mismos; en una instalación solar se debe mantener un orden específico como se muestra en la **Figura 6**.

Figura 6

Componentes de una instalación solar

Nota. Manera de realizar una instalación solar, desde la adquisición de energía hasta su aplicación. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Variable independiente

El objetivo es aprovechar la gran cantidad de energía que el sol aporta cada día al planeta. La energía solar es un recurso capaz de ser transformado a calor y electricidad por medio de varias tecnologías en diferentes etapas de desarrollo y disponibilidad comercial, donde existen tres formas de utilizar la energía solar como:

1. Fuente de calor
2. Fuente de electricidad
3. Calor pasivo en forma natural.

La conversión de energía solar en energía eléctrica se puede obtener en base a dos procesos: el primero está basado en el denominado "efecto fotovoltaico", o producción de una corriente eléctrica en un material semiconductor como consecuencia de la absorción de radiación luminosa. La luz del sol se transforma directamente en energía eléctrica en las llamadas células solares o fotovoltaicas; y el segundo mediante procesos térmicos. (Cubillos, 2011)

La energía que se aprovecha del sol es llamada como renovable, pues proviene de recursos capaces de renovarse por sí solos o a través de procesos naturales y además pertenece al grupo de energía no contaminante o más conocida como energía verde o energía limpia. Uno de los mercados más desarrollados es Alemania, donde los costos legales y administrativos de las infraestructuras fotovoltaicas de todos los tamaños, están por debajo del 10% de la instalación. La normativa alemana y los procedimientos de la autorización condicionan a que los operadores de redes estén legalmente obligados a aceptar toda solicitud de conexión de energía fotovoltaica. (ONU, 2019)

Ecuador irrumpió en el mercado solar en el año 2000 con la aprobación de una de las primeras tarifas de inyección del mundo, que prometía a los productores de energía solar una tarifa de 52 centavos de dólar por kilovatio hora. Sin embargo, fracasó a la hora de hacer cumplir la legislación y la ley no obtuvo los resultados esperados. En 2009 esta política fue

suspendida, y actualmente se tiene constancia de que en todo el Ecuador sólo hay dos sistemas conectados a la red eléctrica. No obstante, el país ha hecho grandes progresos electrificando sus zonas rurales con energía fotovoltaica. (Comercial, 2022)

Hasta ahora, el enfoque de Ecuador con respecto a la energía solar ha sido completamente desigual: se ha prestado plena atención a las instalaciones rurales aisladas y prácticamente no se ha dado ninguna importancia a los sistemas conectados a la red pública.

Este hecho es comprensible, ya que alrededor del 5,27% en zonas urbanas y el 11% en zonas rurales de ciudadanos ecuatorianos aún viven sin cobertura eléctrica, existen lugares donde no llega y, en muchos casos, no puede llegar la red eléctrica debido a los aspectos económicos y técnicos. Haciendo frente a este reto de llegar a zonas remotas del país, el gobierno y los instaladores de fotovoltaica de Ecuador a través del programa EURO-SOLAR han conseguido llevar la energía solar a 39.629 habitantes, distribuidos en 7 provincias del Ecuador que son: Guayas, Esmeraldas, Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza y Morona Santiago. Además, se están implantando nuevos proyectos y se espera que los mismos cubran más provincias de la amazonia.

Actualmente no se ha implantado ninguna estructura legislativa sólida para garantizar pagos elevados por la energía generada por el sol, es más en la actual regulación 001/13 no se tiene definido ningún precio sobre la generación eléctrica mediante centrales fotovoltaicas, la regulación manifiesta que, durante la vigencia de la Regulación No. CONELEC 004/11 “Tratamiento para la energía producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales”, existió una masiva participación de generadores. (Levitin, 2011)

Ventajas y desventajas del uso de una silla eléctrica

Entre las principales ventajas del uso de una silla de ruedas eléctricas se tiene las siguientes:

- El punto fuerte de las sillas de ruedas eléctricas es la autonomía de movimiento que proporcionan, ya que para recorrer grandes distancias como puede ocurrir en la

ciudad de Latacunga, es difícil no cansarte al utilizar los brazos para impulsarte. También genera más independencia al no necesitar que otra persona empuje la silla.

- Otro aspecto positivo es que además de recorrer grandes distancias también puedes hacerlo por superficies de todo tipo, lo que te permitirá superar las barreras arquitectónicas en las ciudades.
- Los sencillos mecanismos que incluyen las sillas de ruedas eléctricas hacen que el usuario se adapte muy rápido y sepa conducirlas sin dificultad alguna.

Entre las principales desventajas del uso de una silla de ruedas eléctricas se tiene las siguientes:

- El elevado precio puede ser una desventaja, dependiendo de la perspectiva que se utilice, debido a que también puede considerarse como una inversión a largo plazo gracias a la calidad y duración que proporcionará.
- Un aspecto a tener en cuenta es que la autonomía de movimiento en determinados casos puede reducir la oportunidad de practicar actividad física de un modo habitual. Es muy cómodo desplazarse con una silla de este tipo, sin embargo, también se debe compensar con algún ejercicio físico diario, de lo contrario se puede deteriorar la actividad física e incrementar el sedentarismo.

Ventajas y desventajas de usar los paneles solares como alimentador eléctrico.

Entre las principales ventajas de usar los paneles solares como alimentador eléctrico se tienen las siguientes:

- Reduce significativamente la huella de carbono. Es una energía limpia que no genera gases de efecto invernadero ni contaminación durante su uso.
- Se trata de una energía renovable y sostenible.

- Puede calentar, algo que otras energías renovables no ofrecen.
- No requiere de la extracción de materiales de ningún tipo para funcionar. Esto supone un mayor ahorro.
- La luz solar es muy abundante y el uso de paneles solares se puede aprovechar en cualquier lugar. Esto es especialmente útil en zonas en las que resulta complicado crear sistemas de cableado.
- Reduce la dependencia del exterior para este tipo de suministros.
- Conserva los recursos naturales al disminuir la necesidad de los combustibles fósiles.

Entre las principales desventajas de usar los paneles solares como alimentador eléctrico se tienen las siguientes:

- Requiere de instalaciones importantes para producir grandes cantidades de energía que puedan cubrir las necesidades energéticas.
- No es una energía constante. Fluctúa durante el día, mientras que por la noche no está disponible. Esto se evita mediante el almacenamiento de energía.
- Las condiciones atmosféricas como el excesivo calor, la humedad, o periodos con nubes y niebla, pueden afectar negativamente a su rendimiento.

Capítulo III

Niveles De Radiación Solar

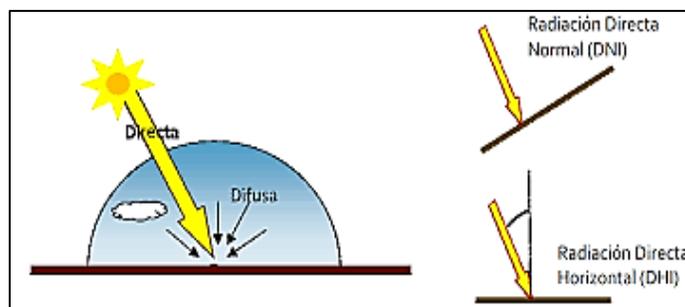
Radiación directa normal y horizontal

En este capítulo se pretende indicar a detalle los efectos de la radiación en el lugar de su aplicación, que en este caso será la ciudad de Latacunga, además, para poder empezar este análisis se realizó una variedad de investigaciones previas, tal es el caso de la radiación existente en la actualidad, y como ha ido evolucionando en los últimos años, es por esta razón que se utilizaron páginas oficiales que permitieron obtener datos comprobables y verificables para este análisis.

Previamente se necesita conocer unos términos a utilizar, como lo es la irradiancia directa normal, que indica la radiación que llega a un determinado lugar procedente del disco solar, medida en la dirección del rayo incidente; además, la irradiancia directa horizontal, que es la radiación que llega a un determinado lugar procedente del disco solar, medida sobre una superficie horizontal como se muestra en la **Figura 7**.

Figura 7

Radiación directa normal y horizontal



Nota. Ilustración que representa la forma en la que la irradiación llega a la superficie terrestre y de qué manera se la podría analizar. Obtenido de (Radiación directa, difusa y reflejada, 2014)

En este proceso se tomó como referencia el parque Vicente León, cuyas coordenadas geográficas son: $0^{\circ}56'02.4''S$ $78^{\circ}36'54.0''W$, como se muestra en la **Figura 8**, además, se encontró la fuente de tres páginas principales, como son “*Photovoltaic Geographical Information System*” de la Comisión Europea, “*Global Solar Atlas*” de SOLARGIS, y “*POWER | Data Access Viewer*” de la NASA, en las que se observa un patrón muy similar en el comportamiento de sus valores obtenidos mes a mes; sin embargo, es importante recalcar que, al ser unos estudios a nivel mundial, muchos de ellos se encuentran desactualizados, o solo brindan información de algunos años en especial.

Figura 8

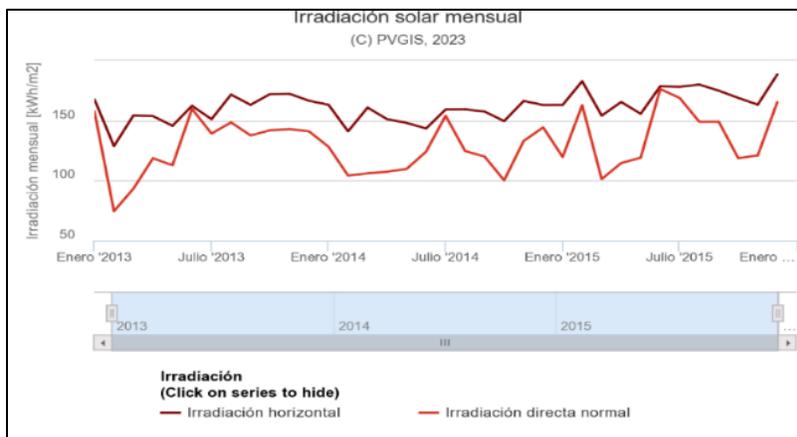
Ubicación de los datos proporcionados por European Commission.



Nota. Especificaciones del lugar de donde se obtendrán los datos a utilizar para la investigación. Obtenido de (Google Earth, 2023)

Datos de radiación según la Comisión Europea

Desde años atrás un estudio realizado por (European Commission, 2022) en un reporte de enero de 2013 hasta julio de 2015, indicó que la irradiación directa normal en enero de 2013 ha sido la más baja registrada, con un valor de $2.48 \text{ KWh}/m^2$ por día, mientras que la muestra tomada en julio de 2015 registró uno de sus picos más altos, con $5.87 \text{ KWh}/m^2$ al mes, lo que demuestra un aumento en los últimos años en la ciudad de Latacunga, además la irradiación horizontal muestra un comportamiento similar, como se observa en la **Figura 9**.

Figura 9*Irradiación solar en Latacunga*

Nota. Niveles de irradiación solar en la ciudad de Latacunga obtenido desde enero de 2013 hasta julio de 2015. Obtenido de (European Commission, 2022).

“JRC PHOTOVOLTAIC” (2022), muestra datos muy bien detallados, como se observa en la **Tabla 1**, **Tabla 2** y **Tabla 3**, que hacen una comparativa entre la irradiación directa normal, con la irradiación horizontal hasta el año 2015, es por esta razón que se decidió considerar los tres últimos años de investigación para poder identificar los meses en que mayor impacto se tuvo, y además de revisar los niveles mensuales de irradiación.

Tabla 1*Irradiación en Latacunga – Año 2013 “JRC”*

Mes	Irradiación Directa Normal (kWh/m ²)	Irradiación Horizontal (kWh/m ²)
Enero	157.53	167.57
Febrero	74.51	128.69
Marzo	93.35	154.28

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m2)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m2)</i>
<i>Mayo</i>	112.74	145.6
<i>Junio</i>	159.68	162.25
<i>Julio</i>	139.14	151.09
<i>Agosto</i>	148.44	171.6
<i>Septiembre</i>	137.6	163.05
<i>Octubre</i>	141.87	172.06
<i>Noviembre</i>	142.88	172.26
<i>Diciembre</i>	140.96	166.45

Nota. Datos de radiación en Latacunga, año 2013. Obtenido de (European Commission, 2022)

Tabla 2

Irradiación en Latacunga – Año 2014 “JRC”

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m2)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m2)</i>
<i>Enero</i>	128.14	163.11
<i>Febrero</i>	104.18	140.98
<i>Marzo</i>	106.01	160.79
<i>Abril</i>	107.42	151.13
<i>Mayo</i>	109.66	148.03
<i>Junio</i>	124.11	143.37
<i>Julio</i>	153.96	159.2
<i>Agosto</i>	124.58	159.31
<i>Septiembre</i>	119.99	157.45

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa</i>	<i>Irradiación Horizontal</i>
	<i>Normal (kWh/m²)</i>	<i>(kWh/m²)</i>
<i>Octubre</i>	100.21	149.51
<i>Noviembre</i>	132.98	166.28
<i>Diciembre</i>	144.27	162.93

Nota. Datos de radiación en Latacunga, año 2014. Obtenido de (European Commission, 2022)

Tabla 3

Irradiación en Latacunga – Año 2015 “JRC”

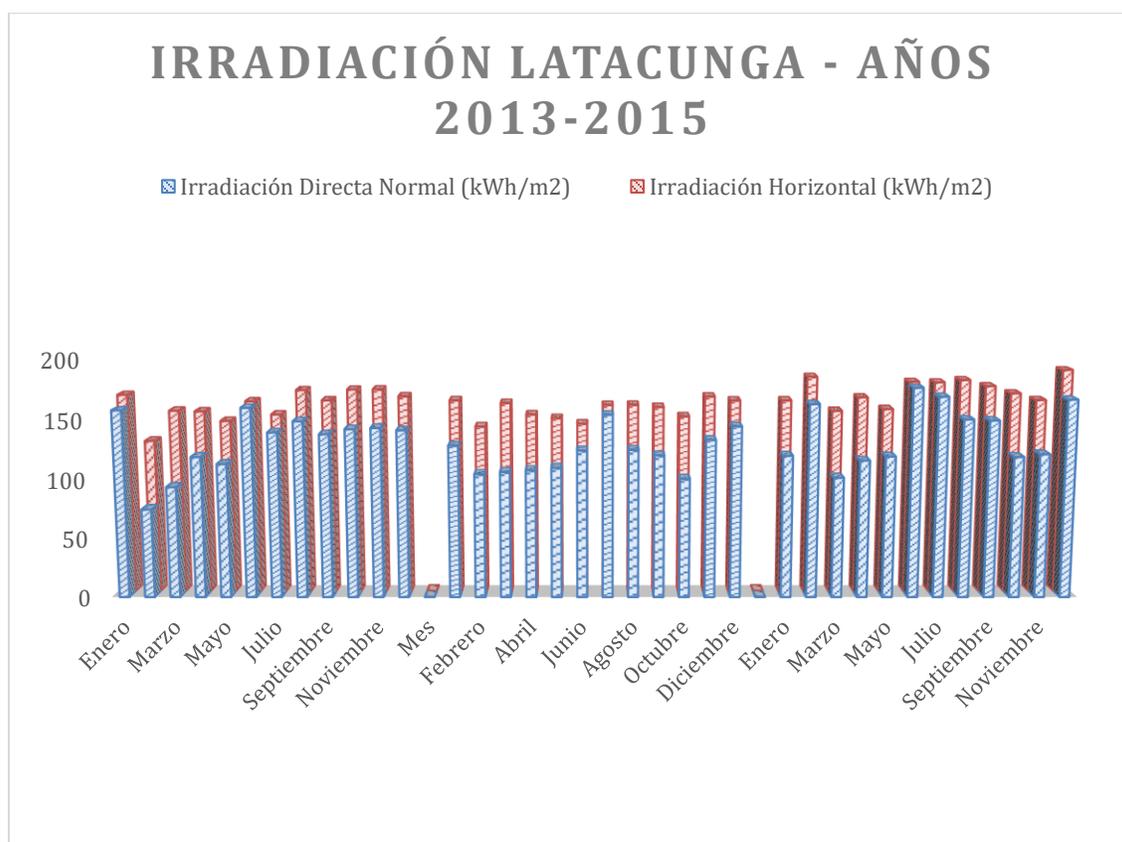
<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa</i>	<i>Irradiación</i>
	<i>Normal (kWh/m²)</i>	<i>Horizontal (kWh/m²)</i>
<i>Enero</i>	119.66	163
<i>Febrero</i>	162.73	182.75
<i>Marzo</i>	101.25	154.09
<i>Abril</i>	115.64	165.49
<i>Mayo</i>	119.03	155.59
<i>Junio</i>	176.23	178.49
<i>Julio</i>	168.77	178.08
<i>Agosto</i>	149.93	180
<i>Septiembre</i>	149.05	174.86
<i>Octubre</i>	118.66	168.85
<i>Noviembre</i>	120.94	163.19
<i>Diciembre</i>	166.4	188.4

Nota. Datos de radiación en Latacunga, año 2015. Obtenido de (European Commission, 2022)

Manteniendo la misma investigación que comprobó que en el año de 2014 y 2015, los meses con más altos niveles se mantenían o existía una ligera variación, sin embargo, se puede deducir que los más altos niveles en estos tres años en el tema de la irradiación directa normal y la irradiación horizontal, fueron en 2015 con un valor de 176.23 kWh/m^2 y 188.40 kWh/m^2 respectivamente, como se muestra en la **Figura 10**.

Figura 10

Resumen de irradiación en Latacunga – Años 2013-2015



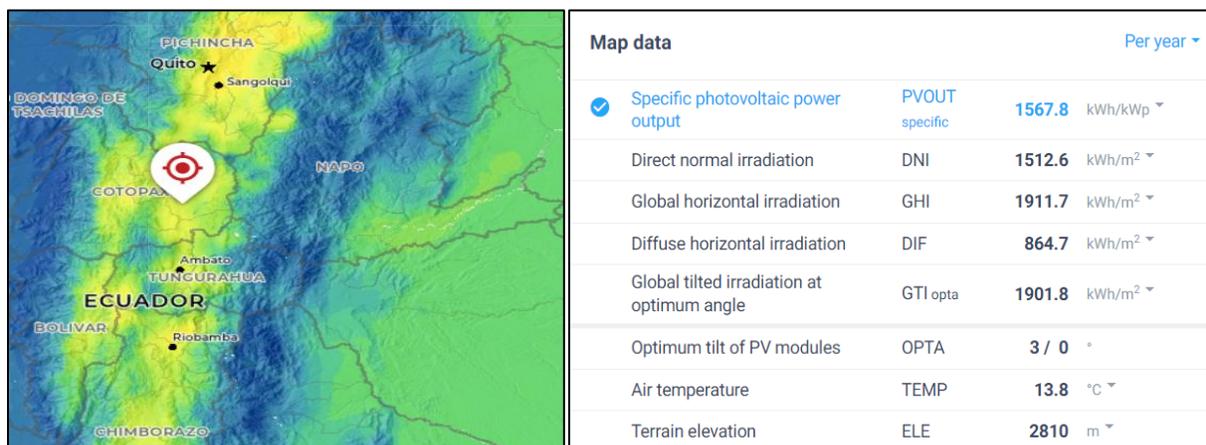
Nota. Ilustración que indica una comparativa dinámica del análisis de datos en tres años consecutivos. Realizado por el autor.

Datos de radiación según la Solargis y Esmap

Adicionalmente, se puede corroborar estos estudios con (Solargis & Esmap, Global Solar Atlas, 2022) en donde muestra que, en Ecuador, toda la zona de la sierra ha incrementado sus índices de radiación, siendo Latacunga una de las ciudades principales en tener estos altos índices; en la **Figura 11**, se puede observar que la irradiación directa normal, en el año 2022 se estableció en 1512.6 kWh/m^2 , con lo que indicaría un valor mensual de 126.05 kWh/m^2 que es un valor inferior al registrado en el año 2015, sin embargo, se puede considerar que a comparación del año 2013, estos índices se mantienen con valores elevados, lo que da una proyección que en los próximos años los niveles se mantendrán, o quizá podrían volver a subir.

Figura 11

Mapa de irradiación solar en Latacunga



Nota. Niveles de irradiación solar en la ciudad de Latacunga, con identificación de puntos específicos con mayor irradiación. Obtenido de (Solargis & Esmap, Global Solar Atlas, 2022)

En “GLOBAL SOLAR ATLAS” (2022), indican datos actualizados de la radiación a nivel mundial; en esta ocasión se realizó el estudio en la ciudad de Latacunga, obteniendo los valores que se observan en la **Tabla 4**, a continuación:

Tabla 4

Irradiación en Latacunga – Año 2022 “GSA”

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m2)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m2)</i>
<i>Enero</i>	139.40	150.30
<i>Febrero</i>	106.60	128.69
<i>Marzo</i>	107.90	108.56
<i>Abril</i>	108.10	110.60
<i>Mayo</i>	125.30	145.60
<i>Junio</i>	128.60	162.50
<i>Julio</i>	143.00	125.20
<i>Agosto</i>	134.10	171.60
<i>Septiembre</i>	125.00	145.35
<i>Octubre</i>	138.80	142.30
<i>Noviembre</i>	137.90	172.26
<i>Diciembre</i>	138.70	145.20

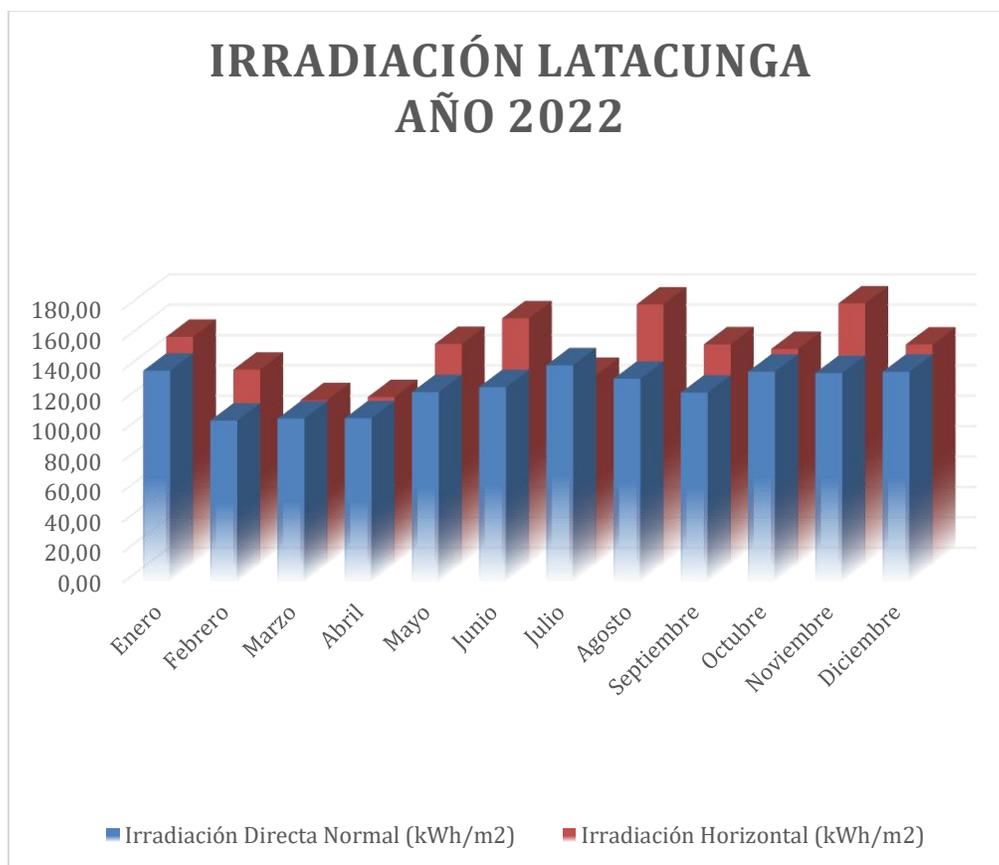
Nota. Datos de radiación en Latacunga, año 2022. Obtenido de (Solargis & Esmap, Global Solar Atlas, 2022)

Al observar los datos, se puede comprobar que existe un patrón en los meses con mayor influencia de irradiación tanto directa normal, como horizontal, por esta razón en la **Figura 12**, se indica de manera gráfica esta diferencia, obteniendo que la irradiación directa

normal y la irradiación horizontal en el año 2022, fue de 143.00 kWh/m^2 y 172.26 kWh/m^2 respectivamente.

Figura 12

Resumen de irradiación en Latacunga – Año 2022 “GSA”



Nota. Ilustración que indica una comparativa dinámica del análisis de datos el año 2022.

Realizado por el autor.

Datos de radiación según la NASA

Como último recurso de investigación, se tomó la información la página de la Predicción de los recursos energéticos mundiales de la NASA (2023), en la que se logró introducir la localización requerida, que en este caso es la ciudad de Latacunga, con un rango de tiempo, que va desde enero de 2020, hasta abril de 2022, obteniendo los datos mostrados en la **Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7.**

Tabla 5

Irradiación en Latacunga – Año 2020 “NASA”

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m2)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m2)</i>
<i>Enero</i>	165.00	195.00
<i>Febrero</i>	105.00	210.00
<i>Marzo</i>	180.00	310.00
<i>Abril</i>	160.00	250.00
<i>Mayo</i>	165.00	175.00
<i>Junio</i>	175.00	225.00
<i>Julio</i>	195.00	325.00
<i>Agosto</i>	250.00	160.00
<i>Septiembre</i>	155.00	210.00
<i>Octubre</i>	205.00	250.00
<i>Noviembre</i>	310.00	340.00
<i>Diciembre</i>	195.00	250.00

Nota. Datos de radiación en Latacunga, año 2020. Obtenido de (NASA, 2023)

Tabla 6*Irradiación en Latacunga – Año 2021 “NASA”*

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m2)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m2)</i>
<i>Enero</i>	180.00	225.00
<i>Febrero</i>	190.00	120.00
<i>Marzo</i>	150.00	280.00
<i>Abril</i>	205.00	175.00
<i>Mayo</i>	165.00	270.00
<i>Junio</i>	250.00	270.00
<i>Julio</i>	220.00	325.00
<i>Agosto</i>	260.00	170.00
<i>Septiembre</i>	200.00	225.00
<i>Octubre</i>	205.00	300.00
<i>Noviembre</i>	205.00	330.00
<i>Diciembre</i>	195.00	310.00

Nota. Datos de radiación en Latacunga, año 2021. Obtenido de (NASA, 2023)

Tabla 7*Irradiación en Latacunga – Año 2022 “NASA”*

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m2)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m2)</i>
<i>Enero</i>	250.00	325.00
<i>Febrero</i>	190.00	125.00

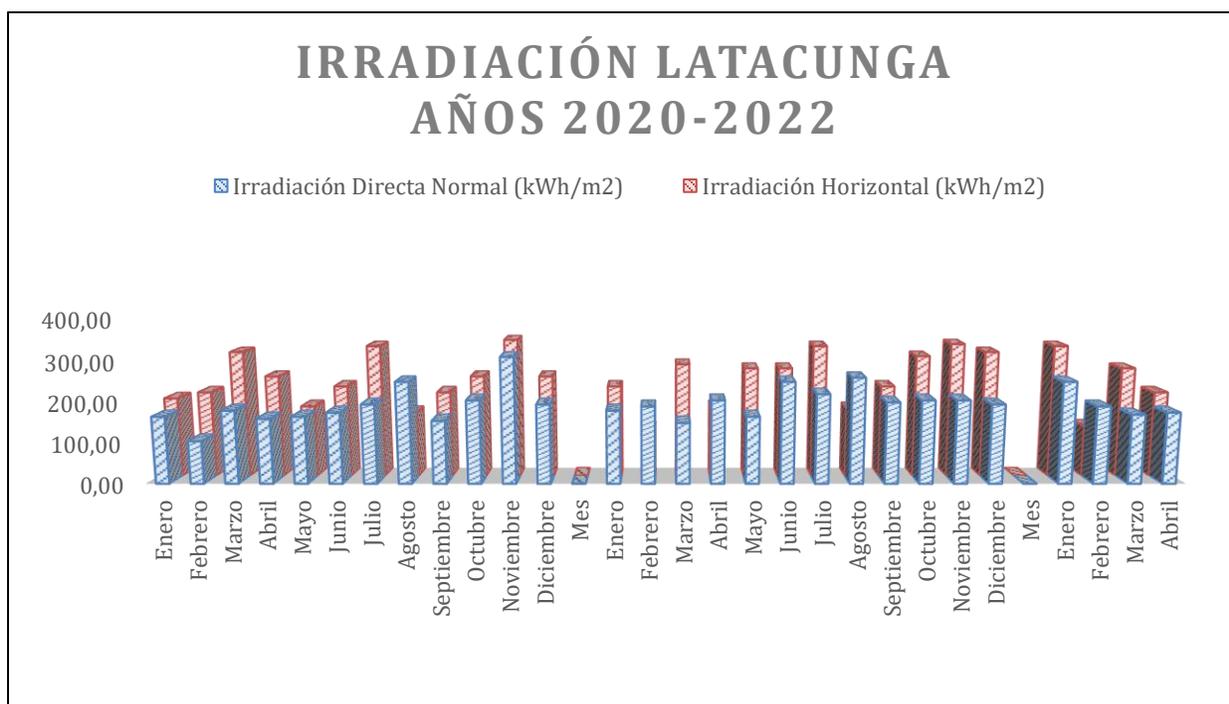
Mes	Irradiación Directa	Irradiación
	Normal (kWh/m ²)	Horizontal (kWh/m ²)
Marzo	170.00	270.00
Abril	175.00	210.00

Nota. Datos de radiación en Latacunga, año 2022. Obtenido de (NASA, 2023)

Donde se puede deducir que los más altos niveles en estos tres años en el tema de la irradiación directa normal y la irradiación horizontal, fue en 2020 con un valor de 310.00 KWh/m^2 y 335.00 KWh/m^2 respectivamente, como se muestra en la **Figura 13**.

Figura 13

Resumen de irradiación en Latacunga – Año 2022 “NASA”



Nota. Ilustración que indica una comparativa dinámica del análisis de datos en tres años consecutivos. Realizado por el autor.

Datos de radiación según Tu tiempo Network

Como se puede evidenciar, mientras más pasan los años, la radiación ha ido incrementando, es por ello, que una silla de ruedas alimentada por paneles solares que aprovecharán este recurso natural, sería muy práctico, sin embargo, se tendría que considerar las principales horas para realizar la carga de las baterías mediante el uso de estos paneles; para ello se debe considerar el índice de rayos ultravioleta en la ciudad de Latacunga que se muestran en la **Figura 14**, **Figura 15**, **Figura 16** y **Figura 17**.

Los datos obtenidos de (Tu Tiempo Network S.L., 2022), donde se ha ido realizando un estudio desde julio de 2022, con la finalidad de obtener la mayor cantidad de datos y comprobar que los niveles de radiación más elevados son en horas de medio día.

Considerando que, así como existen días sin mucho nivel de irradiación; en otros días, estos niveles son altos, por lo que es importante tener en cuenta estos valores al momento de desarrollar un prototipo que se vaya a beneficiar de este factor climático.

Figura 14

Índice de rayos ultravioleta en la ciudad de Latacunga 16 de Julio 2022.



Nota. Pronóstico horario con máximos y mínimos del índice de radiación en la ciudad de Latacunga. Obtenido de (Tu Tiempo Network S.L., 2022)

Figura 15

Índice de rayos ultravioleta en la ciudad de Latacunga 17 de Julio 2022.



Nota. Pronóstico horario con máximos y mínimos del índice de radiación en la ciudad de Latacunga. Obtenido de (Tu Tiempo Network S.L., 2022)

Figura 16

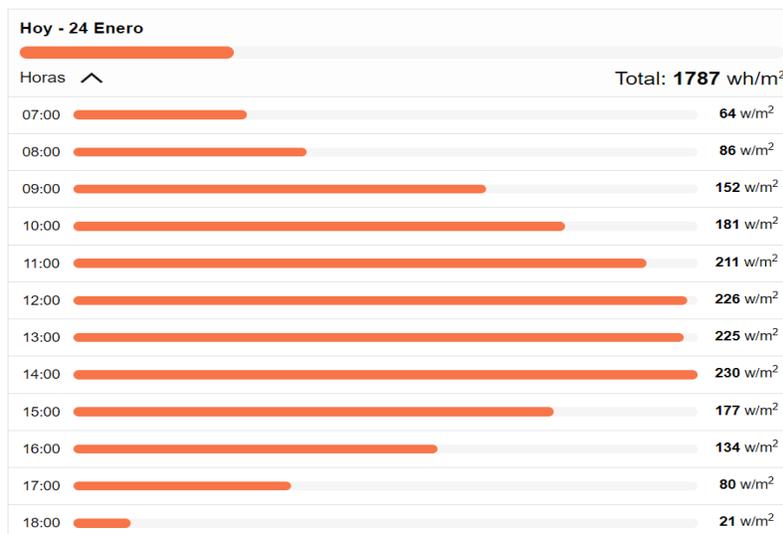
Índice de rayos ultravioleta en la ciudad de Latacunga 18 de Julio 2022.



Nota. Pronóstico horario con máximos y mínimos del índice de radiación en la ciudad de Latacunga. Obtenido de (Tu Tiempo Network S.L., 2022)

Figura 17

Índice de rayos ultravioleta en la ciudad de Latacunga 24 de Julio 2022.



Nota. Pronóstico horario con máximos y mínimos del índice de radiación en la ciudad de Latacunga. Obtenido de (Tu Tiempo Network S.L., 2022)

Considerando los datos obtenidos, se puede interpretar que los picos de rayos ultravioleta que se observan en Latacunga son más factibles utilizarlos para cargar una silla de ruedas, sería entre las 10 am y 14 pm.

Recopilación y análisis de datos obtenidos

Para decidir la página con la que se va a trabajar es importante identificar los parámetros necesarios, en el caso de la información proporcionada por (European Commission, 2022), solo proporciona un rango de información hasta un determinado año, por lo que esta opción será descartada; otra página que no se va a considerar es (NASA, 2023), debido a que proporciona un margen global de datos y no especifica un lugar ni las variables requeridas; sin embargo, los datos proporcionados por (Solargis & Esmap, 2022) son los más cercanos a los reales, y una vez comparados con los datos de (Tu Tiempo Network S.L., 2022), se puede comprobar la veracidad de estos datos para su aplicación y análisis.

Entonces, la **Tabla 8**, indica el valor neto por día que se obtiene de radiación en la ciudad de Latacunga, los mismos datos que servirán para usar de punto de referencia para la carga de baterías de la silla de ruedas alimentada por panel solar.

Tabla 8

Irradiación en Latacunga por día

<i>Diario por Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m2)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m2)</i>
<i>Enero</i>	4.64	5.01
<i>Febrero</i>	3.55	4.29
<i>Marzo</i>	3.59	3.62
<i>Abril</i>	3.61	3.69
<i>Mayo</i>	4.17	4.85
<i>Junio</i>	4.29	5.42
<i>Julio</i>	4.78	4.17
<i>Agosto</i>	4.47	5.72
<i>Septiembre</i>	4.17	4.85
<i>Octubre</i>	4.62	4.74
<i>Noviembre</i>	4.59	5.74
<i>Diciembre</i>	4.62	4.84

Nota. Datos de radiación en Latacunga, año 2022. Obtenido de (Solargis & Esmap, Global Solar Atlas, 2022)

Los datos obtenidos de la **Tabla 8**, se observa una variación considerable día a día en cada mes analizado, sin embargo, en esta ocasión se utilizará la irradiación directo horizontal, debido a que de esta manera el panel solar aprovechará de mejor manera este recurso;

además, se elegirá el valor más bajo con la finalidad de hacer un análisis en el peor de los escenarios que pueda ocurrir en esta ciudad.

El valor con el que se trabajará es de 3.55 KWh/m^2 al día, y considerando la información proporcionada de (Tu Tiempo Network S.L., 2022), se puede establecer que un rango de horas entre las 10h00 de la mañana hasta las 14h00 de la tarde, pues en todas sus inspecciones han coincidido dar los valores más altos, sin considerar días nublados.

Capítulo IV

Diseño mecánico y selección de componentes

En este capítulo se pretende indicar de una manera selectiva los componentes que se usarán en el desarrollo de la silla de ruedas con la implementación de paneles solares.

Requerimientos del sistema

Es importante conocer y tener en claro que este proyecto se enfoca en la futura implementación de un sistema desarrollado en software, sin embargo, se debe considerar que tanto el asiento como el control de mando deben ser ergonómicos, los sistemas, eléctricos deben estar ubicados de manera que no interfieran con el usuario en su uso, su diseño será para su uso en espacios tanto interiores como exteriores. Además, que el material utilizado para la estructura debe ser liviano, para reducir el peso final de la silla, como también tener una gran resistencia ante esfuerzos y una alta durabilidad al paso del tiempo.

A continuación, se muestra en la **Tabla 9**, los principales requerimientos para que el sistema funcione con normalidad dentro de los parámetros especificados:

Tabla 9

Resumen de los requerimientos del sistema

<u>Requerimientos del sistema</u>	VALORES
<i>Peso máximo de usuario</i>	90 kg
<i>Subir pendiente máxima</i>	12%
<i>Peso máximo de la silla</i>	90 kg
<i>Altura promedio del usuario</i>	1.68 m
<i>Altura máxima de escalones</i>	18 cm

<u>Requerimientos del sistema</u>	VALORES
Mínima autonomía	5 km
Velocidad máxima	5.4 Km/h

Nota: Tabla de los requerimientos necesarios al momento de analizar el diseño. Realizado por el autor.

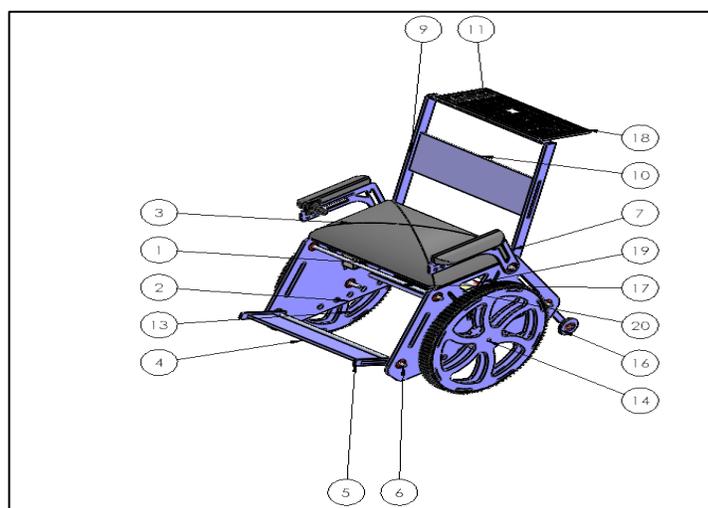
Diseño de la silla de ruedas

En este caso se ha incorporado un diseño basado en sillas de ruedas tradicionales, sin embargo, tendrá un enfoque moderno, que permita al usuario mayor libertad, comodidad y facilidad de su uso cotidiano.

En la **Figura 18**, se puede observar al prototipo base que se utilizará para la implementación de paneles solares, y, por ende, de todo el material tanto eléctrico, como electrónico a utilizar.

Figura 18

Modelo preliminar de la silla de ruedas a utilizar.



Nota. Se utilizará este diseño preliminar, con la finalidad de desarrollar un prototipo diferente y que se ajuste a las necesidades del usuario. Realizado por el autor.

En la **Tabla 10**, se mostrará una descripción individual de todos los componentes, así como de la cantidad de piezas utilizadas para su ensamblaje.

Tabla 10

Partes del ensamblaje

<u>Ítem No.</u>	PARTE	CANTIDAD
1	Base Cojín	1
2	Estructura Lateral	2
3	Cojín Silla	1
4	Apoya Pies	1
5	Soporte Apoya Pies	2
6	Eje Apoyo Estructural	4
7	Soporte de Brazo	2
8	Soporte de Brazo Acolchonado	2
9	Soporte Vertical Espalda	2
10	Soporte Horizontal Espalda 2	1
11	Soporte Horizontal Espalda	1
12	Rodamiento	12
13	Rueda Principal	2
14	Eje de Transmisión	2
15	Soporte Rueda Secundaria	2
16	Rueda Secundaria	2
17	Base Batería	
18	Panel Solar	1

<u>Ítem No.</u>	PARTE	CANTIDAD
19	Batería de Carga	2
20	Motor Reductor	2
21	Joystick 1.0	1

Nota. Tabla de las partes necesarias para reconstruir el modelo ensamblado. Realizado por el autor.

Cálculo de fuerza requerida

En una superficie plana, para obtener la fuerza máxima necesaria y poder desplazar la silla de ruedas con la persona se utilizará las leyes de newton, donde las fuerzas que rigen en el cuerpo mostradas en la **Figura 19**. Para ello, en la **Tabla 11** se determinó el peso máximo que puede llegar a tener la silla de ruedas, con este dato se determinará la fuerza máxima necesaria.

Es importante considerar que cuando el caucho va a mantener contacto con el cemento, el coeficiente de fricción cinético es 0,8. (Serway & Jewett, 2008)

Para conocer la fuerza máxima que soportará el sistema, es importante determinar el peso total de todos los componentes y del usuario. Este total se observa en la **Tabla 11**, y será la carga que soportará la estructura.

Tabla 11 Cálculo del peso total del sistema

Cálculo del peso total del sistema

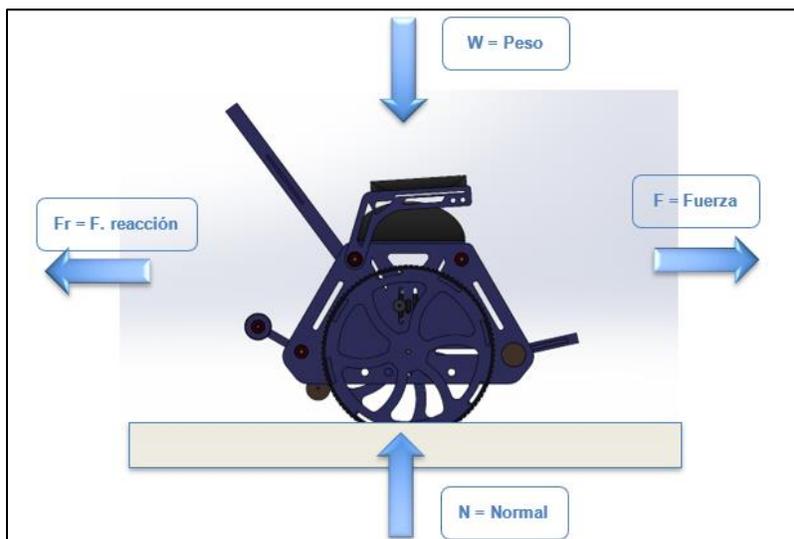
<u>Abreviatura</u>	SIGNIFICADO	VALOR	UNIDAD
<i>PE</i>	Peso Estructura	784	N
<i>PU</i>	Peso Usuario	882	N
<i>PB</i>	Peso baterías	127.4	N

<u>Abreviatura</u>	SIGNIFICADO	VALOR	UNIDAD
<i>PC</i>	Peso componentes	9.81	N
<i>PM</i>	Peso Motores	166.6	N
<i>PT</i>	Peso Total	1973.3	N

Nota. Con este peso se podrá partir hacia un análisis de cálculos más minuciosos. Realizado por el autor.

Figura 19

Esquema de fuerzas sobre una silla de ruedas.



Nota. Esquema de fuerzas sobre una silla de ruedas en un plano horizontal. Realizado por el autor.

Donde:

- W = Peso total
- F = La fuerza necesaria
- Fr = La fuerza de fricción

- N = Normal
- U_c = Coeficiente de fricción cinética
- $\sum F_x =$ = Sumatoria de fuerzas en el eje x
- $\sum F_y =$ Sumatoria de fuerzas en el eje y
- m = masa
- g = gravedad

$$\sum F_x = 0$$

Ecuación 4

Al realizarse la sumatoria de fuerzas en X se tiene

$$F - F_r = 0$$

$$F = F_r$$

Se reemplaza el coeficiente de fricción

$$F_r = U_c * N$$

Ecuación 5

Y al realizarse la sumatoria de fuerzas en Y se tiene

$$\sum F_y = 0$$

Ecuación 6

Al realizarse la sumatoria de fuerzas en Y se tiene

$$W - N = 0$$

$$W = N = m * g$$

Ecuación 7

Reemplazando la ecuación 4 en la 2 los valores, siendo $U_c = 0.57$

$$F - F_r = 0$$

$$F = F_r = U_c * W$$

$$F = F_r = 0.8 * 1973.3 \text{ N}$$

$$\underline{F = 1578.64 \text{ [N]}}$$

Selección del tipo de motor

Dentro del mercado internacional existen a la venta sillas de rueda impulsadas por un sin número de motores, ya sean motor a pasos, servo motores o motores DC con escobillas, sin embargo, es necesario considerar que los componentes a utilizar se consigan con facilidad dentro del mercado local.

De los cálculos realizados se obtuvo que la fuerza necesaria es de 15578.64 N, entonces, debido a que se divide en 4 ruedas, la fuerza sería de 281.2 N por cada una. Al multiplicarse este valor por el diámetro en metros de cada rueda que es de 0.216 m, se obtiene que el torque por rueda sería de 73 Nm. Dado que solo las ruedas motrices son las traseras, el toque final solo para las ruedas motrices sería 146 Nm. Para ello se seleccionó un motor de 12 V con un torque nominal de 150 Nm.

Finalmente, se verifica que el motor seleccionado cumpla con los requisitos de torque y potencia los cuales están distribuidos entre las cuatro ruedas, cabe recalcar que como se mencionó anteriormente, los motores serán distribuidos entre sus dos ruedas principales, por lo que se acordará el uso de únicamente dos motores para la tracción, y las otras llantas que estarán en contacto con el piso indicaran un soporte para el usuario.

En la **Tabla 12** se realiza una comparación de estas tres alternativas calificándolas con un valor de “+1”, “0” y “-1”. Esta alternativa de selección se considera debido a la facilidad con la que se puede filtrar las características de los diferentes componentes acorde a las necesidades de trabajo.

Tras haber culminado el análisis correspondiente, se pudo determinar que el motor que más se acopla a las necesidades del prototipo es el motor reductor, debido a los beneficios que otorga al proyecto.

Tabla 12

Selección de motores de la silla de ruedas

<u>CRITERIO</u>	<u>MOTOR DC</u>	<u>MOTOR DC</u>	<u>MOTOR</u>
<u>DE</u>	<u>3800 RPM</u>	<u>15000 RPM</u>	<u>REDUCTOR</u>
<u>SELECCIÓN</u>			
<i>Bajo costo</i>	-1	-1	+1
<i>Durabilidad</i>	+1	+1	+1
<i>Precisión</i>	0	0	+1
<i>Peso bajo</i>	-1	+1	0

<u>CRITERIO</u>	<u>MOTOR DC</u>	<u>MOTOR DC</u>	<u>MOTOR</u>
<u>DE</u>	<u>3800 RPM</u>	<u>15000 RPM</u>	<u>REDUCTOR</u>
<u>SELECCIÓN</u>			
<i>Alto torque</i>	+1	+1	+1
<i>Encoder</i>	0	0	0
<i>Disponibilidad de drivers</i>	+1	+1	+1
<i>Disponibilidad mercado local</i>	+1	0	+1
<i>Evaluación</i>	2	3	6

Nota. Se indica la comparativa entre los motores más utilizados en el mercado para el desarrollo del prototipo indicado. Realizado por el autor.

Selección del tipo de motor reductor

Una vez revisado los datos obtenidos en la **Tabla 12**, se puede identificar que la mejor opción es elegir un Motor Reductor con las características necesarias para este proyecto, es por eso que en esta ocasión se elegirá un motor de engranaje de 24 V, con caja de cambios de metal de alta torsión reversible, sus especificaciones se detallan en la **Tabla 13**.

Tabla 13

Especificaciones técnicas del motor seleccionado

<u>Detalle</u>	VALOR
<i>Voltaje:</i>	24 V
<i>Torsión máxima:</i>	10
<i>Velocidad nominal RPM:</i>	50 RPM
<i>Torsión nominal Kg*cm:</i>	3.4 kg*cm
<i>Corriente clasificada A:</i>	≤1.6 A

<u>Detalle</u>	VALOR
Corriente de parada A:	10 A
Marca	ViaGasaFamido

Nota. Con este peso se podrá partir hacia un análisis de cálculos más minuciosos. Realizado por el autor.

Selección de baterías

A partir de estos datos, es importante seleccionar la batería que utilizará la silla de ruedas para obtener una autonomía casi eficiente, según sea la necesidad del diseño, para lo que es indispensable conocer los amperios que consumirá el motor y que con ayuda de la Ecuación 8, se podrá conocer.

$$\frac{\text{Empuje en Libras}}{\text{Voltaje del motor}} * 12 = \text{Amperios que consume} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$\text{Amperios} = \frac{160 \text{ libras de empuje}}{24 \text{ V}} * 12 = 80 \text{ A}$$

Bajo esta consideración se aplica la fórmula de la Ecuación 9, donde A es el consumo en amperios; % de P, es el porcentaje de potencia a utilizar del motor; por lo que se detalla su estructura en.

$$\text{Batería necesaria} = A * \% P * \text{horas de funcionamiento} * 1,3 \quad \text{Ecuación 9}$$

$$\text{Batería necesaria} = 10 \text{ A} * 0.75 * 3 \text{ horas} * 1,3$$

$$\text{Batería necesaria} = 29.25 \text{ Ah}$$

Por lo que se puede establecer un criterio de selección para la mejor opción de la batería a utilizar, en la **Tabla 14** se mencionan las características principales a considerar con

enfoque de las principales características.

Tabla 14

Selección de baterías para la silla de ruedas

<u>Criterio</u> <u>de</u> <u>selección</u>	<u>LIFE PO4 DE</u> <u>HIERRO 24V</u>	<u>BATERÍA LIPO</u> <u>5000MAH</u>	<u>LIFE PO4</u> <u>24 V</u>
<i>Bajo costo</i>	0	+1	-1
<i>Durabilidad</i>	+1	+1	+1
<i>Precisión</i>	+1	+1	+1
<i>Peso bajo</i>	0	+1	-1
<i>Recargable</i>	+1	-1	+1
<i>Disponibilidad mercado local</i>	+1	0	+1
<i>Evaluación</i>	4	3	2

Nota. Se indica la comparativa entre las baterías más utilizadas en el mercado para el desarrollo del prototipo indicado. Realizado por el autor.

Según la evaluación realizada, se puede determinar que la mejor opción en baterías sería la LIFE PO4 de Hierro de 24V sería la opción más viable, por esta razón se procederá a seleccionar el panel solar en base a esta batería; además, un dato adicional es que esta batería está diseñada para recibir energía solar, debido a que están diseñadas de tal manera que a diferencia de una batería tradicional de rápida descarga, estas baterías se descargarán más lentamente, proporcionando más autonomía al sistema.

Selección de celdas fotovoltaicas

Uno de los factores que influyen es la potencia generada por cada panel y la tecnología utilizada, es por este motivo que en la **Tabla 15**, se presenta una variedad de paneles solares disponibles en el mercado, para obtener la mejor adaptación al sistema.

Tabla 15

Selección de panel solar para la silla de ruedas

<u>Criterio</u> <u>de</u> <u>selección</u>	<u>30W 12V</u>	<u>100W 12V</u>	<u>100W 12V</u>
	<u>MONOCRISTALINO</u>	<u>MONOCRISTALINO</u>	<u>MONOCRISTALINO</u>
			
<i>Bajo costo</i>	+1	-1	0
<i>Durabilidad</i>	+1	+1	+1
<i>Precisión</i>	+1	+1	+1
<i>Peso bajo</i>	+1	-1	0
<i>Recargable</i>	+1	+1	+1
<i>Disponibilidad</i>	+1	+1	+1
<i>Evaluación</i>	6	2	4

Nota. Se indica la comparativa entre los paneles solares más utilizadas en el mercado para el desarrollo del prototipo indicado. Realizado por el autor.

En este caso, el panel solar que más se adecuó al proyecto es el que se observa en la **Figura 20**, donde se detallarán sus funcionalidades, y a continuación en la **Tabla 16**, se mostrarán las especificaciones técnicas de este panel solar.

Tabla 16

Especificaciones técnicas del panel solar seleccionado

<u>Detalle</u>	SIMBOLO	VALOR
<i>Max Power</i>	(Pmax)	30W
<i>Max Power Voltage</i>	(Vmp)	18V
<i>Max Power Current</i>	(Imp)	2.78A
<i>Open Circuit Voltage</i>	(Voc)	21.6V
<i>Short Circuit Current</i>	(Isc)	2.64A
<i>Power Tolerance</i>		±3%
<i>Nominal Operating Cell</i>	Temp(NOCT)	113±3°F

Nota. Peso para hacer un análisis de cálculos más detallado. Realizado por el autor.

Figura 20

Panel solar seleccionado



Nota. Panel solar seleccionado con el respectivo controlador de carga y sus cables de operación. Obtenido de (Planas, 2022)

Selección del inversor

Según las especificaciones técnicas del fabricante del panel solar, establece como recomendación utilizar el “Renogy Wanderer Li controlador de carga solar de 30 A, 12 V PWM, conexión de polo negativo a tierra, con función de sensor de temperatura apto para baterías de litio, selladas, de gel y celdas húmedas”, como se indica en la

Figura 21,

En este modelo se optimiza para baterías de 12 V: compatible con las baterías de 12 V en el mercado, incluso con las baterías de litio. Los indicadores LED te permiten ajustar los tipos de batería y comprobar el estado de carga con facilidad.

Este detalle será de mucha utilidad para poder controlar el nivel de carga de la batería y poder observar cuando es un mejor momento de aprovechar los recursos naturales.

Figura 21

Selección del inversor



Nota. Inversor establecido por el fabricante para un mejor funcionamiento del sistema de carga del panel solar. Obtenido de (Planas, 2022)

Análisis de costo - beneficio

Bajo la consideración de componentes ya seleccionados, se puede realizar un análisis de costos, con la finalidad de verificar que tan factible sería implementar este prototipo en la ciudad de Latacunga, por lo que en la **Tabla 17**, se muestra un detalle de costos específicos de cada uno de los componentes a implementar.

Tabla 17

Análisis de costos de materiales a implementar

<u>Detalle</u>	VALOR
<i>Batería</i>	\$ 650.00
<i>Panel Solar</i>	\$ 113.00
<i>Motores</i>	\$ 86.00
<i>Inversor</i>	\$ 45.00
<i>Electrónica</i>	\$ 60.00
<i>Aluminio</i>	\$ 350.00
<i>Mano de Obra</i>	\$ 446.00
<i>Total</i>	\$ 1750.00

Nota. Detalle de costos de los materiales implementados en el desarrollo de este proyecto.

Realizado por el autor.

Según (Made-in-china, 2023) el valor de una silla de ruedas eléctrica, está dependiendo de sus necesidades y requerimientos entre \$550.00 hasta un valor de \$7,500.00 dólares americanos, este valor es libre de impuestos de importación debido a que ninguna página brinda una información real del costo de sus sillas de ruedas eléctricas; a esto se debería incrementar el equipamiento de la alimentación con paneles solares, y su costo subiría.

Entonces, según los valores obtenidos comercialmente, sí es factible implementar este sistema, debido a que se puede cubrir las necesidades de cada persona, y únicamente

modificar ciertos parámetros, a un precio relativamente accesible al público.

Análisis de esfuerzo y deformación

Para empezar el análisis de esfuerzo y deformación, se utilizó el software ANSYS con licencia estudiantil, donde es indispensable entender las limitaciones que se tendrá al utilizar este software y conocer que ANSYS es el Software líder de simulación CAE multi físico para análisis y simulación por elementos finitos (FEA).

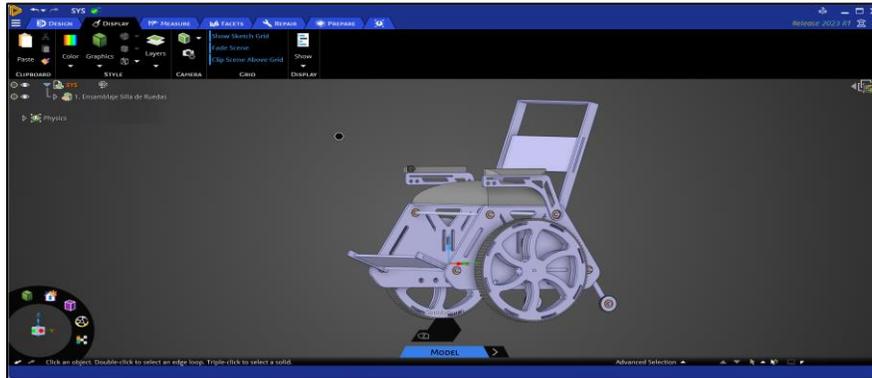
En la **Figura 22**, se observa el modelo 3D de la silla de ruedas que se va a analizar, en este caso se desarrolla la geometría de la estructura en el caso de tener modificaciones

Sin embargo, por las limitaciones mencionadas anteriormente por la licencia estudiantil del software ANSYS, se procedió a realizar únicamente el análisis de la parte de la estructura que estará sujeta a esfuerzos, como se observa en la **Figura 23**, además se seleccionó como material, una aleación de Aluminio 6061 – T6, que según en análisis, necesidades y demanda fue el que mejor se adecuó al desarrollo de este proyecto. Seguidamente se generó una malla, los cálculos por elementos finitos se resuelven sobre una malla, que divide la geometría del objeto de estudio en elementos, con unos determinados nodos en la estructura, como se observa en la

Figura 24.

Figura 22

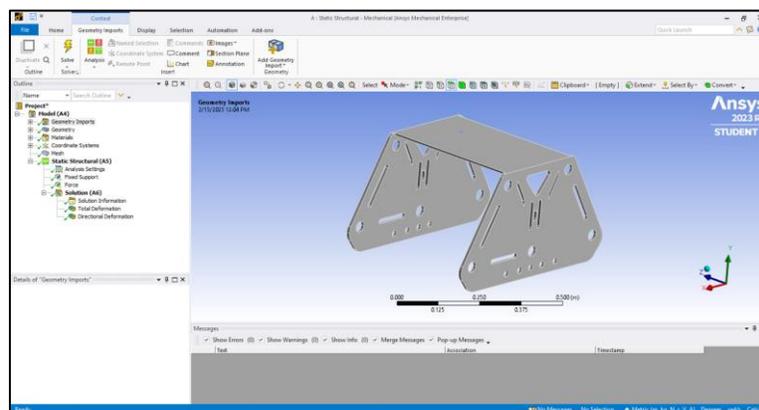
Análisis de geometría del archivo 3D



Nota. Análisis de esfuerzos de la silla de ruedas en el software ANSYS. Realizado por el autor.

Figura 23

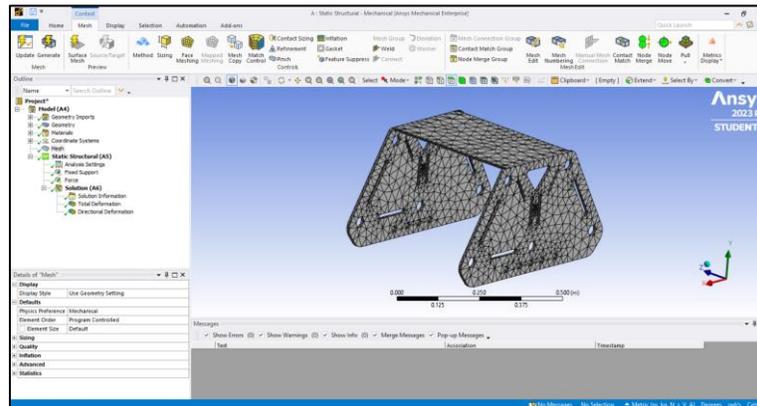
Selección de material de la estructura



Nota. Análisis de esfuerzos de la silla de ruedas en el software ANSYS. Realizado por el autor

Figura 24

Desarrollo del mallado de la estructura

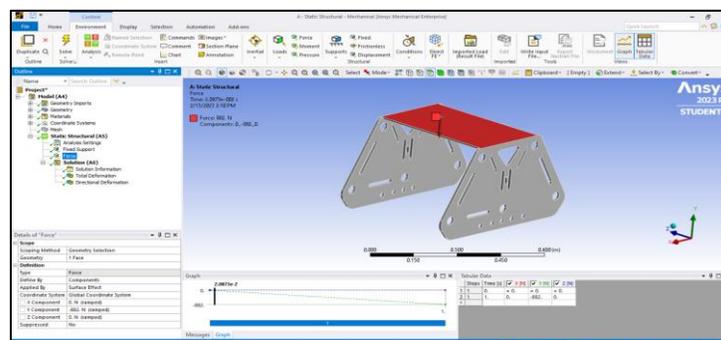


Nota. Análisis de esfuerzos de la silla de ruedas en el software ANSYS. Realizado por el autor

Para continuar el análisis de esfuerzo y deformación, se agregó la fuerza que ejercerá una persona al permanecer sentada en la silla, por lo que se utilizó la información detallada en la **Tabla 9**, para aplicar el peso máximo que soportará la silla, en la , se observa que la fuerza a producir será de -882 N, y será aplicada en el lugar que está destinado para que una persona se siente, y considerando como soportes rígidos a las estructuras laterales .

Figura 25

Desarrollo del mallado de la estructura



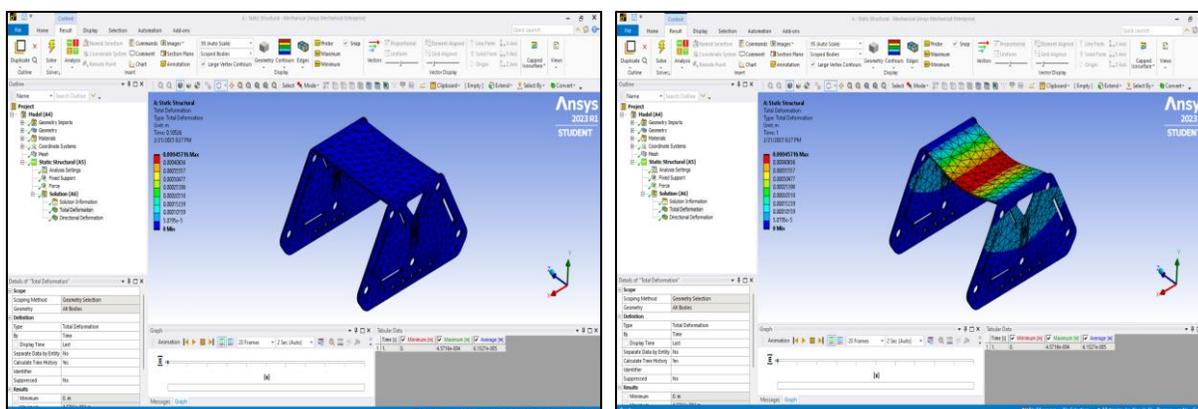
Nota. Análisis de esfuerzos de la silla de ruedas en el software ANSYS. Realizado por el autor

Una vez indicada la fuerza a la que se someterá el prototipo, se realizó un análisis de deformaciones totales, donde se puede observar en la **Figura 26**, que la deformación máxima que sufre la base de la silla donde se ubicará la persona es de 0.44 mm, lo que indica que el diseño de la estructura es eficiente.

Adicionalmente, se realizó un análisis de deformación direccional, para verificar que tan adecuadas son las estructuras laterales para el estudio realizado, en la **Figura 27**, se puede observar el análisis de esta deformación direccional que es casi despreciable con un valor de 0.0015 mm, por lo que se comprueba la eficacia del sistema en relación a la necesidad del usuario a utilizar este prototipo.

Figura 26

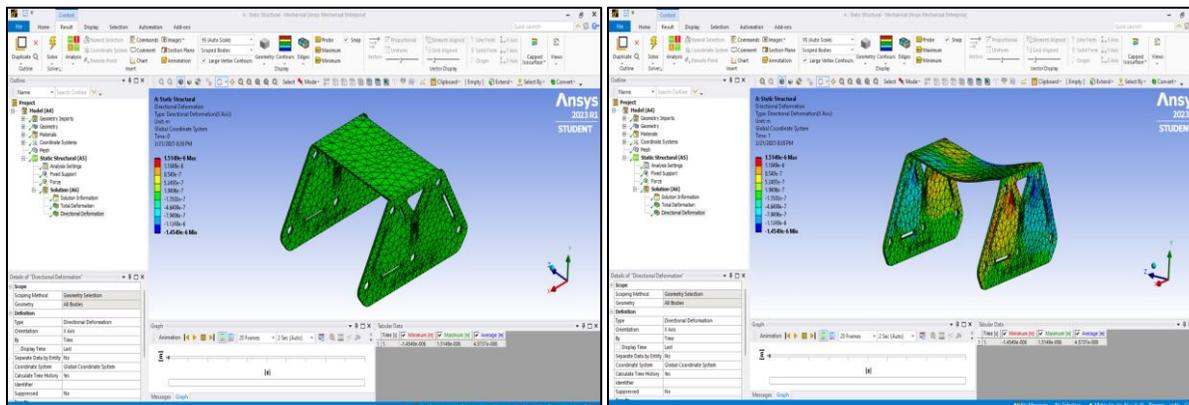
Deformación total de la estructura



Nota. Análisis de la deformación total de la estructura, indicando una comparativa entre el comienzo y final de la deformación. Realizado por el autor

Figura 27

Deformación direccional de la estructura



Nota. Análisis de la deformación direccional de la estructura, indicando una comparativa entre el comienzo y final de la deformación. Realizado por el autor

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se realizó un estudio de paneles solares para la alimentación de motores eléctricos en sillas de ruedas mediante la utilización de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para personas con discapacidad.

Al investigar sobre los parámetros necesarios para la elaboración del prototipo se identificó que la implementación de los paneles solares va acorde con los motores y las baterías implementadas, y requieren de un análisis con igual atención que el diseño de la silla de ruedas para personas con discapacidad.

Para el diseño de la parte eléctrica y electrónica fue necesaria una profunda

investigación sobre la existencia de este tipo de dispositivos dentro del mercado local e internacional para llegar a conocer sus parámetros de funcionamiento y demás características. La empresa americana (Salud, 2018) es una de las pocas que se dedican a la fabricación de este tipo de sillas de ruedas. En particular tienen un modelo de silla de ruedas impulsada por un motor a pasos, cuyas características se han tomado como referencia para el diseño de la silla de ruedas presentada en este trabajo.

La radiación solar es un factor muy importante para el desarrollo de este prototipo, por lo que se realizó una investigación con la ayuda de aplicaciones y páginas dedicadas a recopilar este tipo de información, como se muestra en el capítulo III, llegando a la conclusión que en los últimos años la radiación solar ha ido incrementando y específicamente en horarios entre las 10h00 hasta las 14h00 serán los valores más óptimos de carga.

La investigación también se enfocó en una selección de componentes más exhaustiva, con la finalidad de implementar los mejores materiales en relación costo – beneficio, para que en el momento del desarrollo del prototipo sea accesible para más personas.

Dentro del análisis de la radiación se observó que el comportamiento del sol y el clima es variable como lo ha demostrado el estudio realizado en la **Tabla 4**, es por esta consideración que se puede concluir que la radiación siempre será un factor que el usuario no podrá controlar, sin embargo, los bancos de carga que en este caso representan las baterías incorporadas en el sistema ayudarán a que este comportamiento no sea un factor de desventaja dentro del prototipo.

Acorde al diseño de la silla se concluyó que la mejor opción para su diseño, es la incorporación de las ruedas secundarias en la parte trasera de la misma, debido a que los motores generarán una salida de la silla que si no es controlada podría hacer que la persona que este usando este sistema sufra un percance y cayera debido a la inercia que generaría el torque de los motores.

Por último, se puede concluir que este tipo de sillas de ruedas impulsadas con motores

y alimentadas con paneles solares, sin duda alguna beneficiarán a un gran número de personas, sin embargo, hay otro porcentaje de personas que podrían llegar a la depresión al sentir que ya no pueden ni utilizar sus brazos para este propósito.

Recomendaciones

Considerando lo anteriormente mencionado, el diseño de la silla de ruedas eléctrica, alimentada por paneles solares debe tratar de implementar en lo posible la existencia de bancos de carga, ya que de no hacerlo se verían afectados parámetros de trabajo, debido a que no se puede asegurar que todos los días será el mismo valor en la radiación.

Verificar el estado de los componentes, evitar el contacto con superficies mojadas, incluso evitar ocupar esta silla en lugares que se tenga mayor incidencia de lluvias, debido a que podría afectar a la parte eléctrica del proyecto, alterando su funcionamiento.

Previo al uso de la silla de ruedas, es indispensable verificar el nivel de carga de las baterías, para evitar que se quede sin energía en zonas de difícil acceso, o quizá en algún lugar que nadie lo pueda ayudar; además, verificar las distancias de recorrido para evitar esto.

Se recomienda que las personas que vayan a usar este tipo de silla de ruedas, sean

aquellas que hayan sufrido lesiones severas y no tengan mucha movilidad en sus brazos, debido a que si una persona que únicamente no puede mover sus piernas usa este aparato se podría deprimir y causar más enfermedades.

Bibliografía

- Alva, M. F. (2011). *Las personas con discapacidad en América Latina: Del reconocimiento jurídico a la desigualdad real*. Santiago de Chile: Naciones Unidas CEPAL.
- AutoSolar. (11 de Septiembre de 2019). *Inventan el primer motor fotovoltaico del mundo*.
Obtenido de <https://autosolar.pe/actualidad-de-energia-solar/inventan-el-primer-motor-fotovoltaico-del-mundo>
- Comercial, R. (16 de MAyo de 2022). *Paneles solares: una oportunidad sostenible que Ecuador puede aprovechar*. Obtenido de https://www.primicias.ec/nota_comercial/hablemos-de/cambio/buenaspracticas/paneles-solares-una-oportunidad-sostenible-que-ecuador-puede-aprovechar/#gsc.tab=0
- CONELEC. (2007). *Atlas solar del Ecuador*. 30-35.
- Cubillos, A. (2011). *Energía y medio ambiente. Una ecuación difícil para América Latina : los*

- desafíos del crecimiento y desarrollo en el contexto del cambio climático*. Santiago de Chile: IDEA-USACH.
- European Commission. (01 de 03 de 2022). *Photovoltaic Geographical Information System*.
Obtenido de https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#MR
- Google Earth. (27 de 01 de 2023). *Google Earth*. Obtenido de
<https://www.google.com/intl/es/earth/>
- Khan, A. (05 de 06 de 2022). *Cantidades eléctricas fundamentales: corriente, voltaje, potencia*.
Obtenido de <https://es.khanacademy.org/science/physics/circuits-topic/circuits-resistance/a/ee-voltage-and-current>
- Kids, E. (Octubre de 2021). *Conmemoraciones de fechas especiales*. Obtenido de
<https://encourage-kids.org/es/october-awareness/>
- Levitin, M. (Enero de 2011). *Luz en la mitad del mundo*. Obtenido de
https://www.codesolar.com/Energia-Solar/Solar_Noticias_News/2011/110109_Photon_Luz_en%20la_mitad_del_mundo_Ecuador.html
- Luzuriaga, E., Pérez, L. F., Sandoval, V., & Viteri, C. (Mayo de 2019). *Educación Inclusiva y Especial*. Obtenido de https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/Modulo_Trabajo_EI.pdf
- Made-in-china. (15 de 01 de 2023). *Doblador de discapacitados motorizado eléctrico*. Obtenido de https://es.made-in-china.com/co_topmedi-wheelchair/product_Topmedi-Cheapest-Handicapped-Folding-Motorized-Automatic-Power-Electric-Wheelchair-for-Disabled_osshuniug.html
- Masdar. (2016). *Silla de ruedas que funciona con energía solar*. Obtenido de Diario Ecología:
<https://diarioecologia.com/silla-de-ruedas-que-funciona-con-energia-solar/>
- Minas, M. d. (15 de 06 de 2022). *ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES*. Obtenido de

- <https://www.recursosyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>
- NASA. (15 de 01 de 2023). *NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources*. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- ONU. (Diciembre de 2019). *Qué son las Energías Renovables*. Obtenido de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>
- Planas, O. (23 de 08 de 2022). *Energía Solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica/intensidad-de-corriente/amperio>
- Radiación directa, difusa y reflejada*. (08 de 083 de 2014). Obtenido de itectura Conceptos Diseño bioclimático: <https://pedrojherandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>
- Rubin, M. (2019). *Esclerosis lateral amiotrófica y otras enfermedades de las neuronas motoras*. New York Presbyterian Hospital-Cornell Medical Center.
- Salud, L. b. (9 de Abril de 2018). *Sillas de ruedas eléctricas o motorizadas*. Obtenido de <https://www.sci-geriatria.com/noticias/sillas-de-ruedas-electricas-o-motorizadas/>
- Scientific Committees. (03 de 05 de 2019). *Corriente alterna y corriente continua*. Obtenido de https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/campos-electromagneticos/glosario/abc/corriente-alterna.htm
- Serway, R., & Jewett, J. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. México: Cengage Learning Editores.
- Solargis. (27 de 01 de 2023). *Mapas de recursos solares de Ecuador*. Obtenido de <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/ecuador>
- Solargis, & Esmap. (Junio de 2022). *Global Solar Atlas*. Obtenido de <https://globalsolaratlas.info/map?c=-0.887111,-78.892822,9&s=-0.929822,-78.608551&m=site>
- Sostenibilidad. (Enero de 2021). *Baterías Solares y su importancia al instalar paneles solares*.

Tu Tiempo Network S.L. (2022). *Radiación solar Latacunga*. Obtenido de

<https://www.tutiempo.net/radiacion-solar/latacunga.html>

Tunelko, F. (Diciembre de 2012). Discapacidad en América Latina y el Caribe, desafíos para las políticas públicas. *Notas de la Cepal*.

Urdiales, L., Espinoza, J., & Garcia, M. (2015). Energías Renovables en el Ecuador: Situación Actual, Tendencias y Perspectivas. En *Energía solar en el Ecuador* (págs. 330-383).

Cuenca: Gráficas Hernández.

Velasco, G., & Cabrera, E. (2015). Generación solar fotovoltaica dentro del esquema de generación distribuida para la provincia de Imbabura. 1-2.

Anexos