



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA

## Tecnología Superior en Electromecánica

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.

**Autor:** Mafla Guerrero Eva Amaranta

**Tutor:** Ing. Culqui Tipán Javier Fernando, Mgtr

Latacunga, 24 de Febrero del 2023

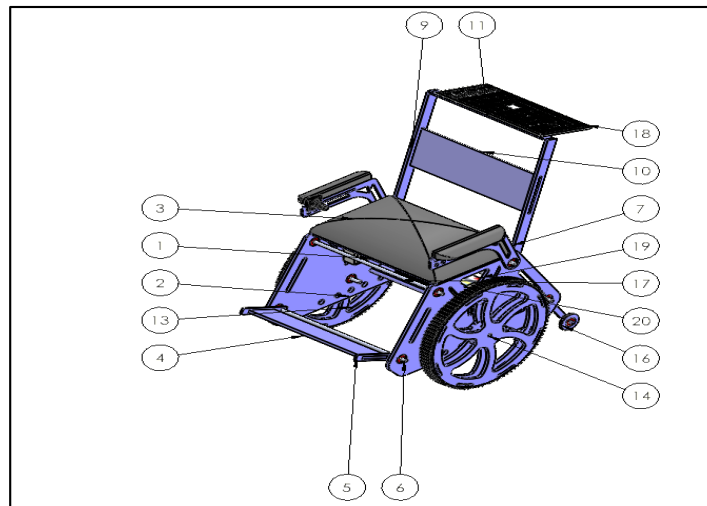
CÓDIGO: GDI.3.1.004

VERSIÓN: 1.0



## Tema de Investigación

**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.**



## Antecedentes

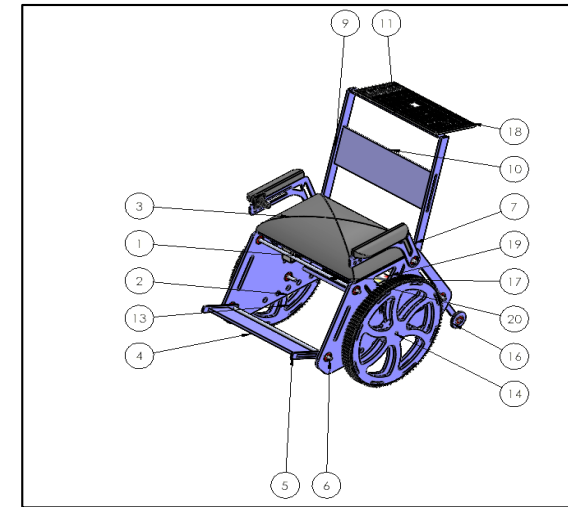
## Origen



## Evolución

De acuerdo al 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.

## Actualidad



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Problemática

Carecen de  
movilidad  
autónoma

Discapacidad  
fisio motora  
total

Muy costoso



## Justificación



No generan contaminación auditiva , debido a que el motor no es muy grande.

Es necesario determinar los análisis de esfuerzo para poder determinar hasta que peso aguantaría la silla de ruedas.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## 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.



## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

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.

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.



## 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.

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.





## 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.



## 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  $4200 \text{ KWh/m}^2$  por año, un valor superior al de España con  $1400 \text{ KWh/m}^2$  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.



# 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.

## 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.

## 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.



## Componentes



**Motor**



**Batería**



**Celdas  
Fotovoltaicas**



## Componentes






*Inversor*






**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Baterías

<u>Criterio de selección</u>	<u>LIFE PO4 DE HIERRO 24V</u> 	<u>BATERÍA LIPO 5000MAH</u> 	<u>LIFE PO4 24 V</u> 
<i>Bajo costo</i>	0	+1	-1
<i>DDurabilidad</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



# Motor

<u>Criterio de selección</u>	<u>MOTOR DC 3800 RPM</u>	<u>MOTOR DC 15000 RPM</u>	<u>Motor reductor</u>
			
Bajo costo	-1	-1	+1
Durabilidad	+1	+1	+1
Precisión	0	0	+1
Peso bajo	-1	+1	0
Alto torque	+1	+1	+1
Encoder	0	0	0
Disponibilidad de drivers	+1	+1	+1
Disponibilidad mercado local	+1	0	+1
Evaluación	2	3	6



## Panel Solar

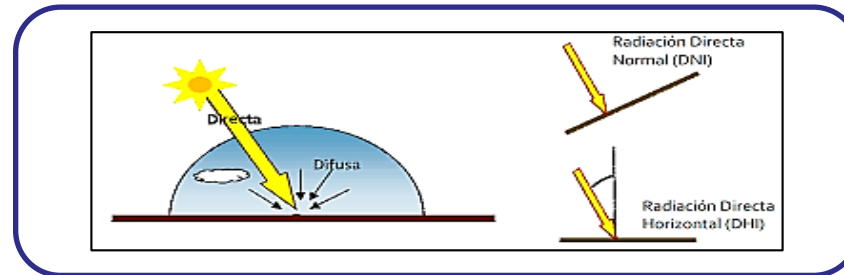
<u>Criterio de selección</u>	<u>30W 12V</u>	<u>100W 12V</u>	<u>100W 12V</u>
	<u>MONOCRISTALINO</u>	<u>MONOCRISTALINO</u>	<u>MONOCRISTALINO</u>
<i>Bajo costo</i>	+1	-1	0
<i>Durabilidad</i>	+1	+1	+1
<i>Precisión</i>	+1	+1	+1
<i>Peso bajo</i>	+1	-1	0
<i>Recargable</i>	+1	+1	+1
<i>Disponibilidad</i>	+1	+1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





## NIVELES DE RADIACION SOLAR

### Radiación directa y Horizontal



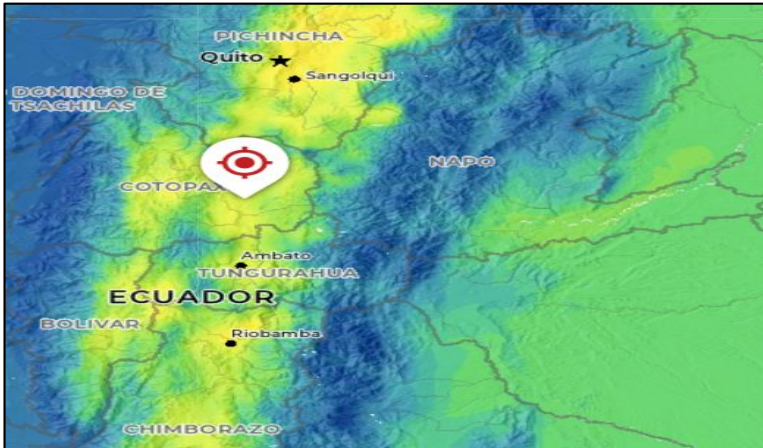
La irradiancia directa horizontal, que es la radiación que llega a un determinado lugar procedente del disco solar, medida sobre una superficie horizontal

La irradiancia directa horizontal, que es la radiación que llega a un determinado lugar procedente del disco solar, medida sobre una superficie horizontal

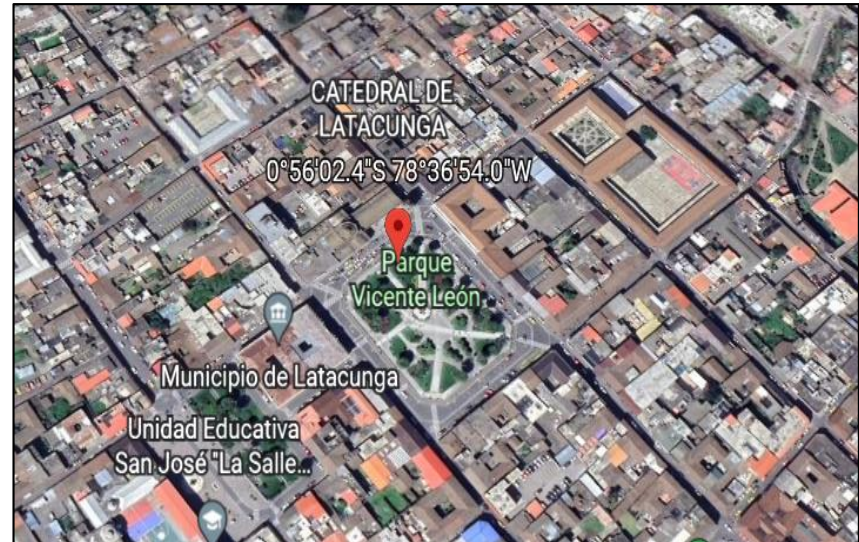


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Ubicación del lugar de estudio



En este proceso se tomó como referencia el parque Vicente León, cuyas coordenadas geográficas son:  $0^{\circ}56'02.4''S$   $78^{\circ}36'54.0''W$



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



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Irradiación en Latacunga-Año 2013 “JRC”

Mes	Irradiación Directa Normal (kWh/m2)	Irradiación Horizontal (kWh/m2)
Enero	157.53	167.57
Febrero	74.51	128.69
Marzo	93.35	154.28
Abril	118.6	153.68
Mayo	112.74	145.6
Junio	159.68	162.25
Julio	139.14	151.09
Agosto	148.44	171.6
Septiembre	137.6	163.05
Octubre	141.87	172.06
Noviembre	142.88	172.26
Diciembre	140.96	166.45



## Irradiación en Latacunga-Año 2014 “JRC”

Mes	Irradiación Directa Normal (kWh/m2)	Irradiación Horizontal (kWh/m2)
Enero	128.14	163.11
Febrero	104.18	140.98
Marzo	106.01	160.79
Abril	107.42	151.13
Mayo	109.66	148.03
Junio	124.11	143.37
Julio	153.96	159.2
Agosto	124.58	159.31
Septiembre	119.99	157.45
Octubre	100.21	149.51
Noviembre	132.98	166.28
Diciembre	144.27	162.93



## Irradiación en Latacunga-Año 2015 “JRC”

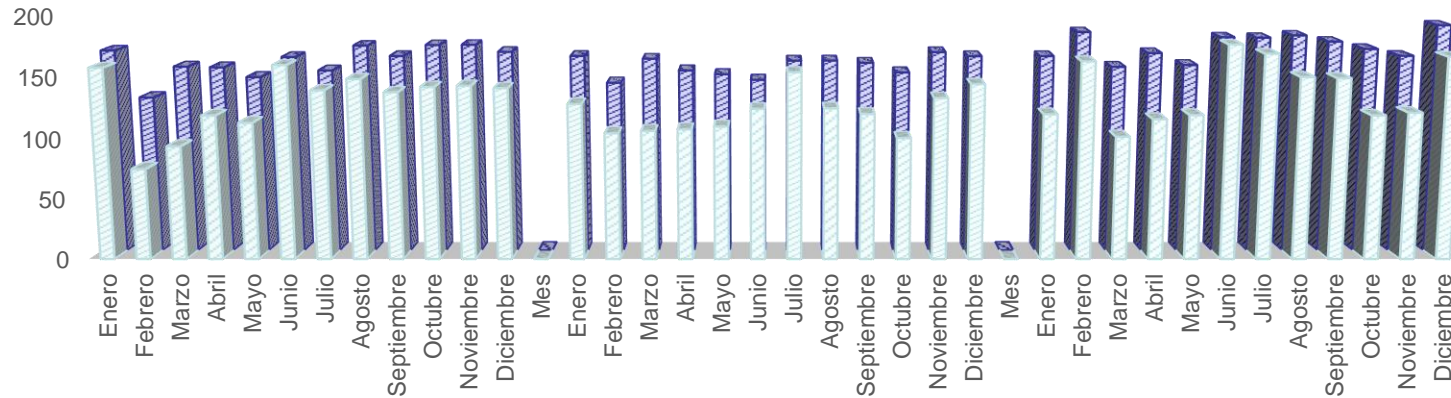
Mes	Irradiación Directa Normal (kWh/m2)	Irradiación Horizontal (kWh/m2)
Enero	119.66	163
Febrero	162.73	182.75
Marzo	101.25	154.09
Abril	115.64	165.49
Mayo	119.03	155.59
Junio	176.23	178.49
Julio	168.77	178.08
Agosto	149.93	180
Septiembre	149.05	174.86
Octubre	118.66	168.85
Noviembre	120.94	163.19
Diciembre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



# Resumen de irradiación en Latacunga – Años 2013-2015

## IRRADIACIÓN LATACUNGA - AÑOS 2013-2015

■ Irradiación Directa Normal (kWh/m<sup>2</sup>)
 ■ Irradiación Horizontal (kWh/m<sup>2</sup>)



**ESPE**  
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

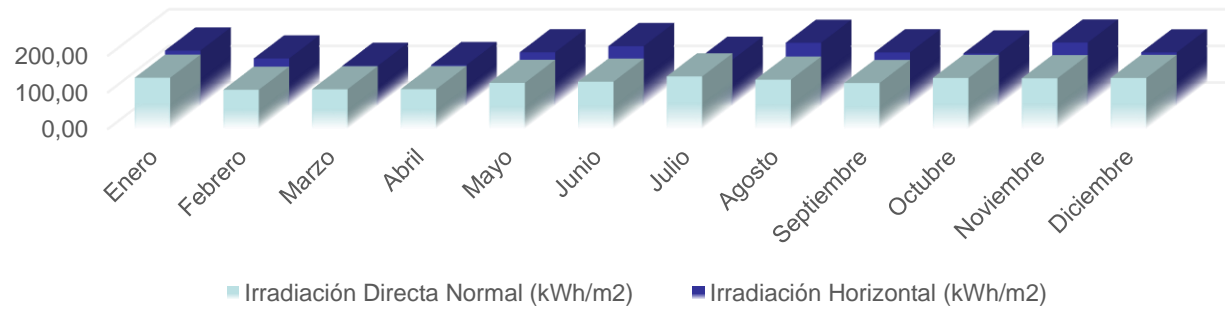
## Datos de radiación según la Solargis y Esmap- Año 2022

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



## Resumen de irradiación en Latacunga – Año 2022 “GSA”

### IRRADIACIÓN LATACUNGA AÑO 2022





## Irradiación en Latacunga – Año 2020 “NASA”

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



## Irradiación en Latacunga – Año 2020 “NASA”

Mes	Irradiación Directa Normal (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Horizontal (kWh/m <sup>2</sup> )
Enero	165.00	195.00
Febrero	105.00	210.00
Marzo	180.00	310.00
Abril	160.00	250.00
Mayo	165.00	175.00
Junio	175.00	225.00
Julio	195.00	325.00
Agosto	250.00	160.00
Septiembre	155.00	210.00
Octubre	205.00	250.00
Noviembre	310.00	340.00
Diciembre	195.00	250.00

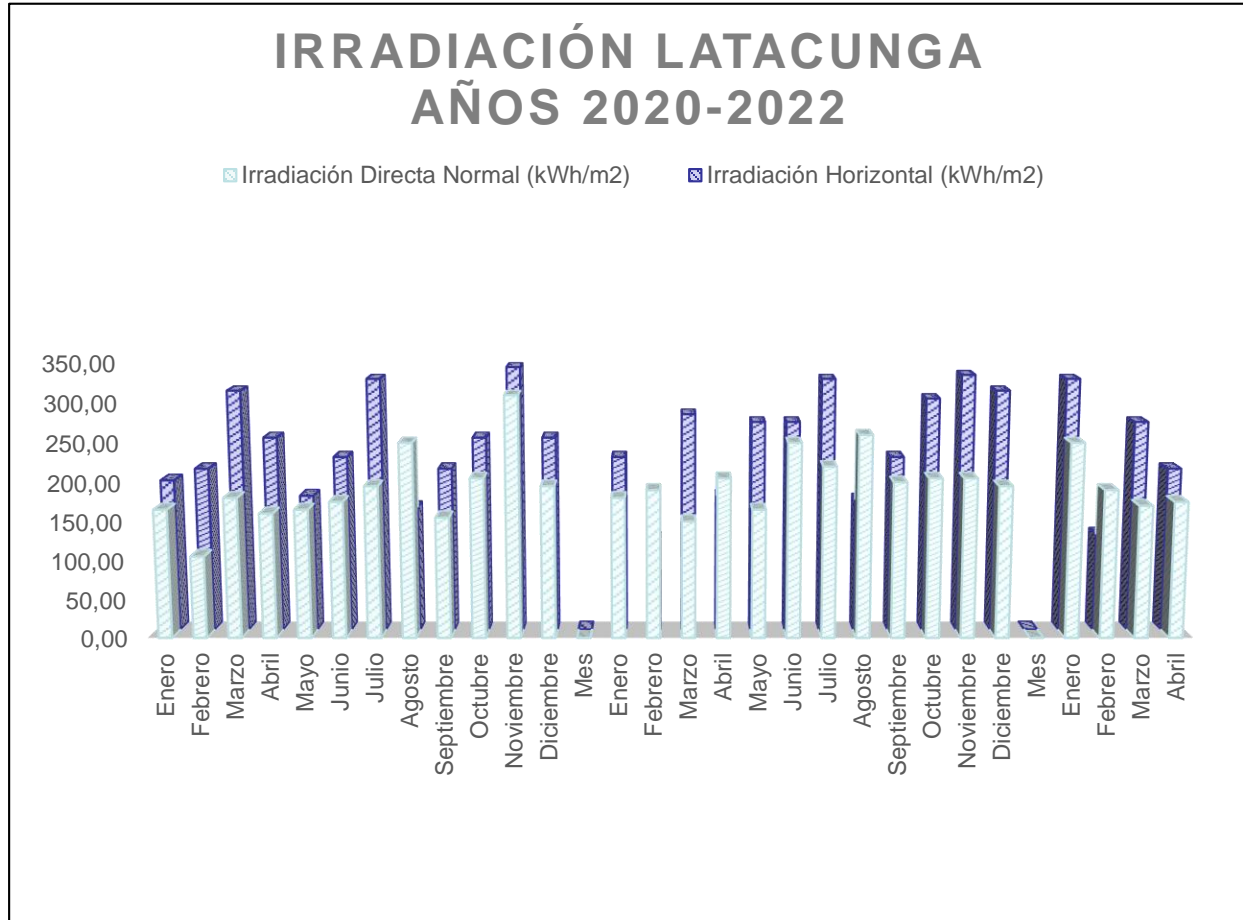


## Irradiación en Latacunga – Año 2021 “NASA”

Mes	Irradiación Directa Normal (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Horizontal (kWh/m <sup>2</sup> )
Enero	180.00	225.00
Febrero	190.00	120.00
Marzo	150.00	280.00
Abril	205.00	175.00
Mayo	165.00	270.00
Junio	250.00	270.00
Julio	220.00	325.00
Agosto	260.00	170.00
Septiembre	200.00	225.00
Octubre	205.00	300.00
Noviembre	205.00	330.00
Diciembre	195.00	310.00

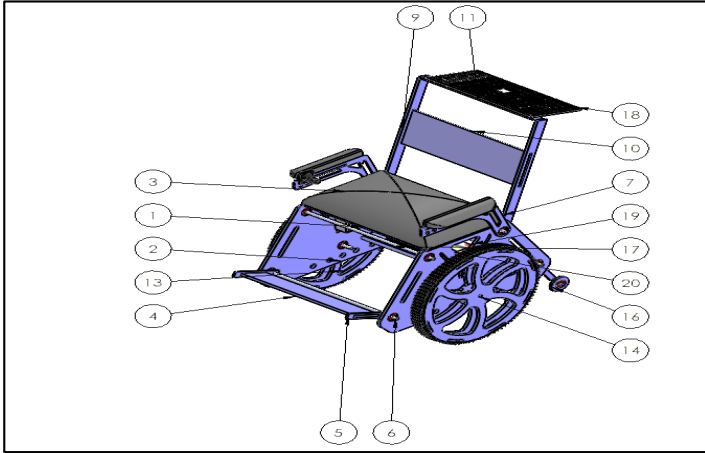


# Resumen de irradiación en Latacunga – Año 2022 “NASA”



# Diseño Mecánico

## Partes del ensamblaje



Ítem No.	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
19	Batería de Carga	2
20	Motor Reductor	2
21	Joystick 1.0	1

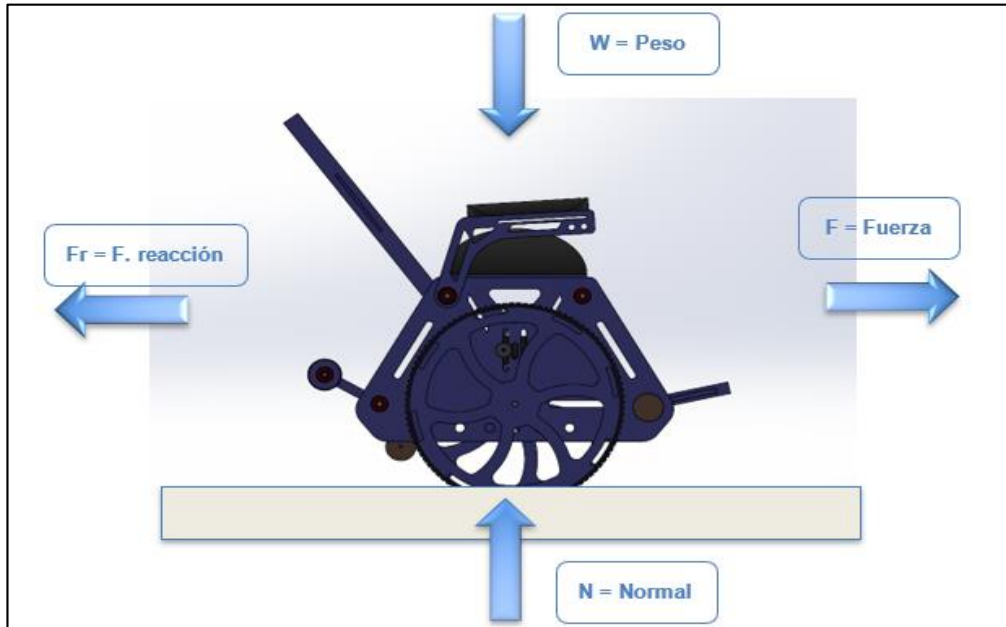


## Calculo del peso total del sistema

<u>Abreviatura</u>	SIGNIFICADO	VALOR	UNIDAD
PE	Peso Estructura	784	N
PU	Peso Usuario	882	N
PB	Peso baterías	127.4	N
PC	Peso componentes	9.81	N
PM	Peso Motores	166.6	N
PT	Peso Total	1973.3	N



## Esquema de fuerzas sobre una silla de ruedas.



Donde:

- $W = \text{Peso total}$
- $F = \text{La fuerza necesaria}$
- $Fr = \text{La fuerza de fricción}$
- $N = \text{Normal}$
- $U_c = \text{Coeficiente de fricción cinética}$
- $\sum F_x = \text{Sumatoria de fuerzas en el eje x}$
- $\sum F_y = \text{Sumatoria de fuerzas en el eje y}$
- $m = \text{masa}$
- $g = \text{gravedad}$



# Esquema de fuerzas sobre una silla de ruedas.

Al realizarse la sumatoria de fuerzas en X se tiene

$$F - F_f = 0$$

$$F = F_f$$

Se reemplaza el coeficiente de fricción

$$F_f = U_c * N$$

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  $U_c = 0.57$

$$F - F_f = 0$$

$$F = F_f = U_c * W$$

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

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





# Análisis de costo - beneficio

*Análisis de costos de materiales a implementar*

<u>Detalle</u>	VALOR
Batería	\$ 650.00
Panel Solar	\$ 113.00
Motores	\$ 86.00
Inversor	\$ 45.00
Electrónica	\$ 60.00
Aluminio	\$ 350.00

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



## 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.



## 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.



**MUCHAS GRACIAS  
POR VUESTRA  
ATENCIÓN.**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA