



## **Análisis del performance del prototipo Swincar eléctrico unipersonal todo terreno**

Amores Gordón, Yolanda Nataly y Berzosa Vera, Gilmar Alexander

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc.

16 de febrero del 2023

Latacunga



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Reporte de verificación de contenido

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

**AMORES\_BERZOSA DOCUMENTO DE TITULACIÓN**

**3%** Similitudes

**< 1%** Texto entre comillas  
**< 1%** similitudes entre comillas  
**< 1%** idioma no reconocido

Nombre del documento: AMORES\_BERZOSA DOCUMENTO DE TITULACIÓN.docx  
ID del documento: 6558a76da305a73d18dd7bcba06310cafa0f65  
Tamaño del documento original: 21,67 Mo

Depositante: LEONIDAS ANTONIO QUIROZ ERAZO  
Fecha de depósito: 15/02/2023  
Tipo de carga: Interface  
Fecha de fin de análisis: 15/02/2023

Número de palabras: 34.361  
Número de caracteres: 188.242

Ubicación de las similitudes en el documento:

**Fuentes principales detectadas**

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.espe.edu.ec   Análisis, diseño y optimización del bastidor y la carrocería... <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/80803/biblioteca/2100002926/447-ESPE-MAA0732.pdf">http://repositorio.espe.edu.ec/80803/biblioteca/2100002926/447-ESPE-MAA0732.pdf</a> 36 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: + 1% (229 palabras)
2	repositorio.espe.edu.ec   Análisis de la aleación de aluminio 7075 sometida a trata... <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/80803/biblioteca/2100002926/447-ESPE-MAA0632.pdf">http://repositorio.espe.edu.ec/80803/biblioteca/2100002926/447-ESPE-MAA0632.pdf</a> 35 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: + 1% (109 palabras)
3	repositorio.espe.edu.ec   Investigación de la durabilidad y tiempo de vida útil de las... <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/80803/biblioteca/2100002926/447-ESPE-MAA0666.pdf">http://repositorio.espe.edu.ec/80803/biblioteca/2100002926/447-ESPE-MAA0666.pdf</a> 35 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: + 1% (104 palabras)
4	repositorio.espe.edu.ec   Implementación de un sistema de entrenamiento y prueba... <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/80803/biblioteca/2100002926/447-ESPE-MAA0713.pdf">http://repositorio.espe.edu.ec/80803/biblioteca/2100002926/447-ESPE-MAA0713.pdf</a> 28 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: + 1% (102 palabras)
5	www.salnicar.es   La araña eléctrica Salnicar desafiará las pendientes más pronunci... <a href="https://www.salnicar.es/la-ara%C3%B1a-electrica-salnicar-desafiar%C3%A1-las-pendientes-m%C3%A1s-pronunciadas-de-las-">https://www.salnicar.es/la-ara%C3%B1a-electrica-salnicar-desafiar%C3%A1-las-pendientes-m%C3%A1s-pronunciadas-de-las-</a>	< 1%		Palabras idénticas: + 1% (107 palabras)

**Fuentes con similitudes fortuitas**

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario - m3c3r1 El documento pertenece de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: + 1% (17 palabras)
2	salnicar.es   Legistación y homologación Coche Araña   Distribuidor Oficial <a href="http://salnicar.es/legislacion-y-homologacion/">http://salnicar.es/legislacion-y-homologacion/</a>	< 1%		Palabras idénticas: + 1% (18 palabras)
3	www.salnicar.es   Modelo e Spider - Salnicar <a href="https://www.salnicar.es/la-ara%C3%B1a-electrica-salnicar-modelo-e-spider-023.html">https://www.salnicar.es/la-ara%C3%B1a-electrica-salnicar-modelo-e-spider-023.html</a>	< 1%		Palabras idénticas: + 1% (17 palabras)
4	espea.espech.edu.ec   Construcción e implementación de un banco didáctico del si... <a href="http://papers.espech.edu.ec/80803/biblioteca/2100002926/447-ESPE-MAA070063.pdf">http://papers.espech.edu.ec/80803/biblioteca/2100002926/447-ESPE-MAA070063.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: + 1% (15 palabras)
5	www.autodesk.com   Autodesk CTD   Buy Computational Fluid Dynamics Simulation... <a href="https://www.autodesk.com/products/ctd/overview">https://www.autodesk.com/products/ctd/overview</a>	< 1%		Palabras idénticas: + 1% (11 palabras)

**Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://shop.seaify.es/Salnicar-E-Spider>
- <https://www.alibaba.com/product-detail/Conversion-Bike-Kit-500W-1500W-48V-6241092355.html>
- [https://arsculo.mercadolibre.com.ec/MEC-321144608-distribuidores-de-seguridad-universales-gise-juego-sobreruedas-\\_JM?position=10&search\\_jaxa=stac&type=item...](https://arsculo.mercadolibre.com.ec/MEC-321144608-distribuidores-de-seguridad-universales-gise-juego-sobreruedas-_JM?position=10&search_jaxa=stac&type=item...)
- <https://www.autodesk.com/solutions/finite-element-analysis>
- <https://www.autodesk.com/solutions/cad-design>

Ing. Quiroz Erazo Leonidas Antonio Msc.

Director



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Ingeniería Automotriz**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación, "**Análisis del performance del prototipo Swincar eléctrico unipersonal todo terreno**", fue realizado por los Señores **Amores Gordón Yolanda Nataly** y **Berzosa Vera Gilmar Alexander**, 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, 16 de febrero de 2023**

**Ing. Quiroz Erazo Leonidas Antonio Msc.**

C.C.: 050250999-5



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Ingeniería Automotriz**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Amores Gordón Yolanda Nataly**, con cédula de ciudadanía n° 1804769378 y **Berzosa Vera Gilmar Alexander**, con cédula de ciudadanía n° 2100426960, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Análisis del performance del prototipo Swincar eléctrico unipersonal todo terreno**, es de nuestra 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, 16 de febrero de 2023**



.....  
**Amores Gordón Yolanda Nataly**

C.C.: 1804769378



.....  
**Berzosa Vera Gilmar Alexander**

C.C.: 2100426960



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Ingeniería Automotriz**

**Autorización de Publicación**

Nosotros, **Amores Gordón Yolanda Nataly**, con cédula de ciudadanía n° 1804769378 y **Berzosa Vera Gilmar Alexander**, con cédula de ciudadanía n° 2100426960, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Análisis del performance del prototipo Swincar eléctrico unipersonal todo terreno** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 16 de febrero de 2023



.....  
**Amores Gordón Yolanda Nataly**

C.C.: 1804769378



.....  
**Berzosa Vera Gilmar Alexander**

C.C.: 2100426960

### **Dedicatoria**

Este trabajo de titulación está dedicado a mis padres, el pilar fundamental de mi vida y el apoyo más grande; a mi papito Pin que desde donde esté sé que está orgulloso del esfuerzo y dedicación que ha llevado este proyecto; a mi mamá evita a quien dedico este trabajo como regalo de su centenario; a mi novio Ronnie quien me ha acompañado en los momentos de subida y bajada durante el transcurso de la titulación.

**Yoly**

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis amados padres Tomas y Rebeca, que con su sacrificio, sus virtudes, valores y apoyo incondicional pude culminar este proyecto. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar.

A mis hermanas Tatiana y Emmily, por brindarme siempre su apoyo durante mi carrera universitaria y a toda mi familia por estar siempre pendientes de mí.

***Gilmar***

### **Agradecimiento**

Agradezco a mis padres con profunda devoción, a mi mami Marina y mi papi Folter por la paciencia y el apoyo que me brindaron durante toda la época universitaria, por todas las veces que me han visto decaer y me han empujado a levantarme, sin ellos nada de esto sería posible, gracias mamá y papá; a mi novio Ronnie por su grata compañía y la comprensión que me ha dado durante este proyecto, gracias por ser ese rayito de sol cuando todo parecía estar sombrío; a mis amigos, gracias por todas las aventuras y por ser ese escape cuando nos sentíamos abrumados, un agradecimiento especial al Sambo Mejía quien estuvo con nosotros desde el inicio del proyecto y quien está aquí para verlo culminar, gracias amigo Felipe; por último pero no menos importante quiero agradecer a nuestro tutor de tesis y docentes universitarios, por todo el camino que hemos recorrido juntos y por el ejemplo de la camaradería inculcado en un Automotriz.

**Yoly**



### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por brindarme buena salud y bienestar que me ha permitido alcanzar el sueño de ser un profesional. A mis padres Tomas y Rebeca quienes a pesar de los duros momentos que vivimos siempre estuvieron ahí de manera incondicional apoyándome y alentándome a seguir adelante. El más sincero agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe sede Latacunga, en especial a los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona de bien para la sociedad.

***Gilmar***

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenido.....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de Publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>7</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>8</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>9</b>
<b>Índice de contenidos .....</b>	<b>10</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>16</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>19</b>
<b>Índice de ecuaciones .....</b>	<b>22</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>23</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>24</b>
<b>Capítulo I: Generalidades .....</b>	<b>25</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>25</b>
<i><b>Prototipo Swincar .....</b></i>	<i><b>25</b></i>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>28</b>
<b>Descripción detallada del proyecto.....</b>	<b>30</b>
<b>Justificación e importancia .....</b>	<b>32</b>

Objetivos.....	33
<i>Objetivo general</i> .....	33
<i>Específicos</i> .....	33
Metas.....	33
Hipótesis.....	34
VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
<i>Variable Independiente</i> .....	34
<i>Variable Dependiente</i> .....	34
Capítulo II: Marco teórico.....	35
Swincar E-Spider.....	35
Principio de funcionamiento.....	36
Normativas.....	36
<i>NTE INEN 2656: 2016</i> .....	36
<i>NTE INEN 1323: 2009</i> .....	37
<i>Norma 3.1 - IC</i> .....	37
Ley de ohm.....	37
Potencia eléctrica.....	37
Subsistema de control electrónico.....	38
Fusible.....	39
Subsistema de potencia.....	40
Subsistema de energía.....	41

Subsistema de suspensión .....	41
Subsistema de frenos .....	43
Subsistema de dirección .....	43
Cinturón de Seguridad .....	44
Análisis de fuerzas .....	44
<i>Peso de un cuerpo</i> .....	45
Movimiento del vehículo.....	46
<i>Torque</i> .....	47
CAD/CFD .....	48
<i>CAD</i> .....	48
<i>CFD</i> .....	48
<i>FEA</i> .....	48
Factor de seguridad .....	48
Tensión de Von Misses .....	48
Desplazamiento .....	49
WLTP .....	49
Capítulo III: Diseño del prototipo Swincar.....	50
Parámetros de diseño .....	50
Modelado del prototipo .....	50
<i>Chasis</i> .....	50
<i>Brazo de anclaje</i> .....	55

<i>Brazo araña</i> .....	61
<i>Soporte de unión</i> .....	67
<i>Brazo inferior</i> .....	73
<i>Piso</i> .....	78
<b>Análisis del Swincar con la normativa INEN 1323.2009</b> .....	79
<b>Construcción del prototipo</b> .....	86
<i>Chasis</i> .....	86
<i>Brazo de anclaje</i> .....	87
<i>Brazo araña</i> .....	88
<i>Soporte de unión</i> .....	89
<i>Brazo inferior</i> .....	90
<i>Piso</i> .....	91
<b>Montaje de los elementos estructurales</b> .....	93
<i>Diagrama de flujo del proceso de montaje de los elementos construidos</i> .....	93
<b>Implementación de sistemas</b> .....	93
<i>Sistema de propulsión eléctrica</i> .....	93
<i>Subsistema de energía</i> .....	100
<i>Sistema de suspensión</i> .....	101
<i>Sistema de dirección</i> .....	103
<i>Sistema de frenos</i> .....	109
<b>Seguridad activa y pasiva</b> .....	111

<i>Selección del neumático</i> .....	111
<i>Cinturón de seguridad</i> .....	111
Ficha Técnica Prototipo Swincar .....	113
Capítulo IV: Pruebas y análisis de resultados .....	115
Prueba de ruta .....	115
Prueba acorde a grado de aceleración .....	117
Protocolo WLTC .....	119
<i>Fase Low</i> .....	119
<i>Fase Middle</i> .....	127
Pruebas De Carga Y Descarga De Batería .....	134
<i>Prueba De Carga</i> .....	134
<i>Prueba de Descarga</i> .....	135
Capítulo V: Marco administrativo .....	137
Recursos.....	137
<i>Recursos Humanos</i> .....	137
<i>Recursos financieros</i> .....	138
<i>Recursos Tecnológicos</i> .....	139
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones .....	141
Conclusiones.....	141
Recomendaciones.....	145
Bibliografía .....	146

**Anexos.....153**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Elementos de control electrónico</i> .....	38
<b>Figura 2</b> <i>Relación de transmisión</i> .....	44
<b>Figura 3</b> <i>Diagrama de cuerpo libre de fuerzas sobre una rueda</i> .....	46
<b>Figura 4</b> <i>Chasis 3D</i> .....	50
<b>Figura 5</b> <i>Factor de seguridad del chasis</i> .....	53
<b>Figura 6</b> <i>Desplazamiento máximo del chasis</i> .....	54
<b>Figura 7</b> <i>Tensión máxima en el chasis</i> .....	54
<b>Figura 8</b> <i>Brazo de anclaje 3D</i> .....	55
<b>Figura 9</b> <i>Diagrama de cuerpo libre del brazo de anclaje</i> .....	57
<b>Figura 10</b> <i>Factor de seguridad del brazo de anclaje</i> .....	60
<b>Figura 11</b> <i>Desplazamiento máximo del brazo de anclaje</i> .....	60
<b>Figura 12</b> <i>Tensión máxima en el brazo de anclaje</i> .....	61
<b>Figura 13</b> <i>Brazo araña 3D</i> .....	62
<b>Figura 14</b> <i>Diagrama de cuerpo libre del brazo araña</i> .....	63
<b>Figura 15</b> <i>Factor de seguridad del brazo araña</i> .....	66
<b>Figura 16</b> <i>Desplazamiento máximo del brazo araña</i> .....	66
<b>Figura 17</b> <i>Tensión máxima en el brazo araña</i> .....	67
<b>Figura 18</b> <i>Soporte de unión 3D</i> .....	68
<b>Figura 19</b> <i>Diagrama de cuerpo libre del soporte de unión</i> .....	69
<b>Figura 20</b> <i>Factor de seguridad del soporte de unión</i> .....	71
<b>Figura 21</b> <i>Desplazamiento del soporte de unión</i> .....	72
<b>Figura 22</b> <i>Tensión máxima en el soporte de unión</i> .....	72
<b>Figura 23</b> <i>Brazo inferior 3D</i> .....	73
<b>Figura 24</b> <i>Diagrama de cuerpo libre del brazo inferior</i> .....	74
<b>Figura 25</b> <i>Factor de seguridad del brazo inferior</i> .....	76



<b>Figura 26</b> <i>Desplazamiento del brazo inferior</i> .....	77
<b>Figura 27</b> <i>Tensiones en el brazo inferior</i> .....	77
<b>Figura 28</b> <i>Piso 3D</i> .....	78
<b>Figura 29</b> <i>Área frontal del estudio aerodinámico</i> .....	79
<b>Figura 30</b> <i>Comportamiento Aerodinámico del Prototipo Swincar</i> .....	80
<b>Figura 31</b> <i>Pruebas ASD</i> .....	83
<b>Figura 32</b> <i>Pruebas LRFD</i> .....	85
<b>Figura 33</b> <i>Método de manufactura del chasis</i> .....	87
<b>Figura 34</b> <i>Método de manufactura del brazo de anclaje</i> .....	88
<b>Figura 35</b> <i>Método de manufactura del brazo araña</i> .....	89
<b>Figura 36</b> <i>Método de manufactura del soporte de unión</i> .....	90
<b>Figura 37</b> <i>Método de manufactura del brazo inferior</i> .....	91
<b>Figura 38</b> <i>Método de manufactura del piso</i> .....	92
<b>Figura 39</b> <i>Diagrama de cuerpo libre para el prototipo</i> .....	94
<b>Figura 40</b> <i>Diagrama de conexión eléctrica</i> .....	99
<b>Figura 41</b> <i>Conexiones eléctricas</i> .....	100
<b>Figura 42</b> <i>Batería Ion-Litio</i> .....	100
<b>Figura 43</b> <i>Simulación de suspensión comprimida y expandida</i> .....	101
<b>Figura 44</b> <i>Características y dimensiones del conjunto muelle y amortiguador</i> .....	102
<b>Figura 45</b> <i>Amortiguador implementado</i> .....	103
<b>Figura 46</b> <i>Engranajes de dirección</i> .....	104
<b>Figura 47</b> <i>Columna de dirección</i> .....	104
<b>Figura 48</b> <i>Cables de dirección</i> .....	105
<b>Figura 49</b> <i>Esquema electro-hidráulico</i> .....	109
<b>Figura 50</b> <i>Esquema electro-hidráulico con freno desactivado</i> .....	110
<b>Figura 51</b> <i>Esquema electro-hidráulico con freno activado</i> .....	110

<b>Figura 52</b> <i>Sistema de freno del prototipo Swincar</i> .....	111
<b>Figura 53</b> <i>Cinturón de seguridad</i> .....	112
<b>Figura 54</b> <i>Prototipo Swincar</i> .....	113
<b>Figura 55</b> <i>Sistema de recorrido de prueba de ruta</i> .....	116
<b>Figura 56</b> <i>Medición de grados de aceleración</i> .....	118
<b>Figura 57</b> <i>Sistema de recorrido de prueba de la fase LOW</i> .....	119
<b>Figura 58</b> <i>Velocidad vs Tiempo</i> .....	121
<b>Figura 59</b> <i>Potencia vs Velocidad (Motor izquierdo)</i> .....	122
<b>Figura 60</b> <i>Potencia vs Velocidad (Motor derecho)</i> .....	123
<b>Figura 61</b> <i>Potencia motor izquierdo vs Potencia motor derecho</i> .....	124
<b>Figura 62</b> <i>Sistema de recorrido de prueba de la fase Middle</i> .....	127
<b>Figura 63</b> <i>Velocidad vs Tiempo</i> .....	129
<b>Figura 64</b> <i>Potencia vs Velocidad (Motor izquierdo)</i> .....	130
<b>Figura 65</b> <i>Potencia vs Velocidad (Motor derecho)</i> .....	130
<b>Figura 66</b> <i>Potencia motor izquierdo vs Potencia motor derecho</i> .....	131
<b>Figura 67</b> <i>Cargador de batería</i> .....	134

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Características Swincar E-Spider</i> .....	35
<b>Tabla 2</b> <i>NTE INEN 2656: 2016 Clasificación vehicular</i> .....	36
<b>Tabla 3</b> <i>Corriente nominal normalizada para fusibles</i> .....	39
<b>Tabla 4</b> <i>Intensidad de corriente efectiva de protección</i> .....	40
<b>Tabla 5</b> <i>Coefficiente de fricción al iniciar el movimiento</i> .....	42
<b>Tabla 6</b> <i>Coefficientes de fricción en movimiento</i> .....	42
<b>Tabla 7</b> <i>Factores de seguridad</i> .....	48
<b>Tabla 8</b> <i>Características del tubo estructural redondo</i> .....	51
<b>Tabla 9</b> <i>Cargas aplicadas al chasis</i> .....	52
<b>Tabla 10</b> <i>Características del tubo estructural rectangular</i> .....	55
<b>Tabla 11</b> <i>Características del perfil laminado UPN 120</i> .....	56
<b>Tabla 12</b> <i>Cargas aplicadas en el brazo de anclaje</i> .....	56
<b>Tabla 13</b> <i>Casos de estudio del brazo de anclaje</i> .....	59
<b>Tabla 14</b> <i>Características del tubo estructural rectangular</i> .....	62
<b>Tabla 15</b> <i>Cargas aplicadas al brazo araña</i> .....	64
<b>Tabla 16</b> <i>Casos de estudio del brazo araña</i> .....	65
<b>Tabla 17</b> <i>Características del tubo estructural rectangular</i> .....	68
<b>Tabla 18</b> <i>Cargas que soporta el soporte de unión</i> .....	69
<b>Tabla 19</b> <i>Casos de estudio del soporte de unión</i> .....	70
<b>Tabla 20</b> <i>Cargas que soporta el brazo inferior</i> .....	74
<b>Tabla 21</b> <i>Casos de estudio del brazo inferior</i> .....	75
<b>Tabla 22</b> <i>Características de la plancha de tol</i> .....	78
<b>Tabla 23</b> <i>Valores obtenidos del estudio aerodinámico</i> .....	80
<b>Tabla 27</b> <i>Valores obtenidos para las cargas según el caso de estudio</i> .....	81
<b>Tabla 25</b> <i>Resultados de pruebas ASD</i> .....	82

<b>Tabla 26</b> <i>Pruebas LRFD</i> .....	83
<b>Tabla 27</b> <i>Resumen de los componentes diseñados</i> .....	85
<b>Tabla 28</b> <i>Datos para determinar el torque del motor</i> .....	95
<b>Tabla 29</b> <i>Resultados para cada coeficiente de resistencia a la rodadura</i> .....	96
<b>Tabla 30</b> <i>Características técnicas del motor</i> .....	97
<b>Tabla 31</b> <i>Características y dimensiones del controlador</i> .....	97
<b>Tabla 32</b> <i>Características de la batería</i> .....	101
<b>Tabla 33</b> <i>Características técnicas del amortiguador</i> .....	103
<b>Tabla 34</b> <i>Fuerza requerida en el volante para cada tipo de terreno, situación en reposo</i> .....	107
<b>Tabla 35</b> <i>Fuerza requerida en el volante para cada tipo de terreno, situación en movimiento</i>	108
<b>Tabla 36</b> <i>Porcentaje de diferencia de aplicación de fuerza para condiciones de movimiento</i> ..	108
<b>Tabla 37</b> <i>Especificaciones del neumático</i> .....	111
<b>Tabla 38</b> <i>Características del cinturón de seguridad</i> .....	112
<b>Tabla 39</b> <i>Ficha técnica del prototipo Swincar</i> .....	113
<b>Tabla 40</b> <i>Prueba de ruta</i> .....	115
<b>Tabla 41</b> <i>Velocidad y potencia acorde al grado de aceleración</i> .....	118
<b>Tabla 42</b> <i>Datos sintetizados obtenidos de la fase Low</i> .....	120
<b>Tabla 43</b> <i>Análisis de puntos críticos entre el motor derecho y el izquierdo en fase Low</i> .....	124
<b>Tabla 44</b> <i>Análisis de autonomía por motor ciclo Low</i> .....	125
<b>Tabla 45</b> <i>Análisis de autonomía general fase Low</i> .....	126
<b>Tabla 46</b> <i>Datos de la prueba de la fase Middle</i> .....	128
<b>Tabla 47</b> <i>Análisis de puntos críticos entre motor derecho y motor izquierdo en fase Middle</i> ...	132
<b>Tabla 48</b> <i>Análisis de autonomía por motor ciclo Middle</i> .....	132
<b>Tabla 49</b> <i>Análisis de autonomía general ciclo Middle</i> .....	133
<b>Tabla 50</b> <i>Prueba de descarga</i> .....	135
<b>Tabla 51</b> <i>Recursos humanos</i> .....	137

**Tabla 52** *Recursos financieros del proyecto* .....138

**Tabla 53** *Recursos tecnológicos*.....139

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>Ecuación 1</b> <i>Ley de Ohm</i> .....	37
<b>Ecuación 2</b> <i>Potencia Eléctrica</i> .....	38
<b>Ecuación 3</b> <i>Relación de intensidades de corriente</i> .....	39
<b>Ecuación 4</b> <i>Relación de intensidad de corriente efectiva e intensidad de corriente máxima</i> .....	40
<b>Ecuación 5</b> <i>Relación de engranajes</i> .....	43
<b>Ecuación 6</b> <i>Potencia mecánica</i> .....	43
<b>Ecuación 7</b> <i>Velocidad final de un cuerpo</i> .....	45
<b>Ecuación 8</b> <i>Desplazamiento de un cuerpo</i> .....	45
<b>Ecuación 9</b> <i>Peso de un cuerpo</i> .....	46
<b>Ecuación 10</b> <i>Coeficiente de Rodadura</i> .....	47
<b>Ecuación 11</b> <i>Torque</i> .....	47

## Resumen

El trabajo de titulación “Análisis del performance del prototipo Swincar eléctrico unipersonal todo terreno” es un transporte de personas con capacidades limitadas en sus extremidades inferiores, se diseñó un prototipo Swincar en software de elementos finitos y generar un estudio que demuestre la viabilidad de selección de materiales adecuados y disponibles en el mercado nacional, cada componente de los sistemas vehiculares el factor de seguridad es mayor a 1.5; valores de tensión no superaran el límite elástico del material  $2.5 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2}\right)$ , evidenciando la resistencia de la estructura acorde a los parámetros de cargas establecidas y al valor estandarizado para el acero A36. La selección del sistema de potencia BEV que incluyen dos motores eléctricos de 75 Nm de torque y 1500 W de potencia con una fuente de energía del sistema de alimentación que incorpora 2 baterías con capacidad 13 Ah, con gobierno por controlador que trabaja con una intensidad de corriente de  $36 \pm 1$  A accionados por mandos de accionamiento de aceleración ubicados en el volante para los fines de conducción establecidos. Cuenta con sistemas automotrices complementarios como: dirección que disminuye la fuerza requerida optimizando la maniobrabilidad del prototipo; frenos de tipo electrohidráulico de discos tipo convencional con DOT 3 y suspensión independiente para soportar una masa máxima de 305 Kg. Se aplica un protocolo WLTC en zona rural y urbana obteniendo autonomías promedio del prototipo Swincar de 29 Km en condiciones Off Road y una velocidad máxima de 30 km/h con el grado culminante del acelerador como máximo desplazamiento de  $60^\circ$ , el rango para una condición de manejo seguro tiene un valor máximo de 12 km/h en terreno plano o asfalto, que garantiza la estabilidad en conducción del prototipo Swincar.

*Palabras clave:* Swincar, WLTC (World Harmonized Light-duty Vehicle Test Procedure), performance, BEV (Battery Electric Vehicle)

### Abstract

The degree work "Analysis of the performance of the prototype Swincar electric unipersonal all-terrain" is a transport of people with limited capabilities in their lower extremities, a Swincar prototype was designed in finite element software and generated a study that demonstrates the feasibility of selection of suitable materials and available in the domestic market, each component of the vehicle systems safety factor is greater than 1.5; stress values will not exceed the elastic limit of the material  $2.5 \times 10^8$  (N/m<sup>2</sup>), evidencing the resistance of the structure according to the established load parameters and the standardized value for A36 steel. The selection of the BEV power system includes two electric motors of 75 Nm of torque and 1500 W of power with an energy source of the power system that incorporates 2 batteries with a capacity of 13 Ah, with a governor by the controller that works with a current intensity of  $36 \pm 1$  A driven by acceleration drive controls located on the steering wheel for the established driving purposes. It has complimentary automotive systems such as steering that reduce the force required to optimize the prototype's maneuverability; conventional electrohydraulic disc brakes with DOT 3 and independent suspension to support a maximum mass of 305 kg. A WLTC protocol is applied in rural and urban areas obtaining an average autonomy of the Swincar prototype of 29 Km in Off-Road conditions and a maximum speed of 30 km/h with a maximum accelerator degree of 60°, the range for a safe driving condition has a maximum value of 12 km/h in flat terrain or asphalt, which guarantees the driving stability of the Swincar prototype.

*Keywords:* Swincar, WLTC (World Harmonized Light-duty Vehicle Test Procedure), performance, BEV (Battery Electric Vehicle).



## Capítulo I

### Generalidades

#### Antecedentes

##### *Prototipo Swincar*

(Automagazine, 2015) informa que “en el Ecuador no se han construido prototipos Swincar, a finales de octubre del año 2015 se pretendía incluir en el mercado un ‘coche araña’ con brazos que se mueven de forma independiente y que le permiten abordar terrenos difíciles”.

Se tiene un vehículo totalmente eléctrico, mientras que la gran mayoría de los quads tienen motores de combustión. El “Swincar” no es ruidoso ni contamina y tiene la capacidad de recorrer superficies extremas lo que significa que tú puedes hacer cosas con el ‘Swincar’ que no puedes hacer con el resto. (Jammes, 2015)

L6e corresponde a un Cuatriciclo ligero de cuatro ruedas con una velocidad máxima del vehículo por construcción  $\leq 45$  km/h y masa en orden de marcha  $\leq 425$  kg, si el sistema de propulsión es eléctrico la potencia máxima debe ser  $\leq 4$  kW, además debe estar equipado con un máximo de dos plazas de asiento, incluida la plaza de asiento del conductor. (España, 2013) (Swincar, s.f.) habla acerca de la homologación obtenida por Swincar desde Julio de 2017 denominada como MAGA (vehículo agrícola), homologación que permite circular por la vía pública en Francia.

MAGA es el acrónimo de "máquina agrícola autopropulsada". Es un tipo de vehículo que designa maquinaria agrícola. Los vehículos MAGA deben tener un documento de matrícula y estar equipadas con placas de matrícula. Esta obligación afecta a todos los MAGA cuya entrada en circulación data del 1 de enero de 2010 dado que su velocidad máxima la cual está limitada a 45 km/h. (Cartegrise, 2016)

Según (Spidercar, s.f.), el prototipo Swincar también obtuvo la homologación europea (168/2013/ CE) para cuatriciclo ligero (L6e). Dicha homologación permite circular al coche araña por todo el continente europeo bajo la legislación.

El Instituto Francés de Diseño (IFD) concedió el distintivo JANUS de la industria 2018, a Swincar por su cuatriciclo eléctrico pendular Swincar E-spider. El IFD promueve proyectos que forman parte de un enfoque de “vida mejor”. Desde 1951 selecciona productos y servicios que favorecen el respeto por el usuario y su entorno. (IFD, 2018)

Este vehículo eléctrico personal todo terreno llamado Swincar es muy ingenioso y fue diseñado y construido por la empresa Mecanroc ubicada en Francia. El quad tiene cualidades que lo vuelven un 4x4 en toda regla. Su apariencia no es la de los típicos vehículos todo-terreno que se ha visto en las calles, ya que puede hacer cosas que los vehículos normales no pueden lograr. (Lofgren, 2015)

El Swincar tiene cuatro ruedas independientes montadas en “patas” parecidas a las de una araña y el asiento del conductor está suspendido como si fuera una hamaca. Subir o bajar en un ángulo de 70° no es ningún problema. La posición de las “patas” se acondiciona con facilidad a la forma del terreno, así pasa de un tipo de terreno a otro sin ningún problema y comodidad para el conductor. Todo esto lo logra sin causar la contaminación de los vehículos todo-terreno tradicionales, pues usa motores eléctricos en cada una de sus ruedas. (Lofgren, 2015)

Swincar 'Spider Electric' es un vehículo con capacidades excepcionales para el transporte por cualquier superficie, solo comparable con algunos vehículos todo terreno. La peculiar araña eléctrica está hecha de materiales ligeros como el aluminio mecanizado, cuando circula el movimiento de vaivén sin fricción es ayudado por rodamientos sellados que pivotan los travesaños del chasis. El concepto utiliza una suspensión totalmente independiente para funcionar a un nivel completamente nuevo, que incorpora la inclinación giroscópica del conductor para mantener su centro de gravedad adaptable al terreno circundante. Este

intercambio de cinemática permite un óptimo ángulo durante los giros y así se consigue la corrección de la inclinación en las pistas más extremas. (Designboom, 2015)

El prototipo Swincar se encontraría dentro de la categoría L, subcategoría L6 al ser de tipo Cuadriciclo/Cuadrón con una descripción de vehículos de cuatro ruedas, diseñados para velocidades que no superen los 45 km/h, con un motor eléctrico de potencia máxima de 4 kW y que su peso en orden de marcha < 425 kg y equipado con un máximo de dos plazas de asiento, incluida la plaza de asiento del conductor. (INEN, 2016, pág. 4)

Las especificaciones técnicas relativas a la autonomía y velocidad máxima dependen de factores externos como el terreno o la conducción. Las baterías de ion Litio se encargan de proporcionar la energía necesaria para los motores del Swincar E-Spider, el consumo de intensidad de corriente de las baterías para el prototipo se encuentra habitualmente en parámetros que van de 8 a 20 Ah con un tiempo de carga de 4 a 6 horas para su funcionamiento, así alcanza velocidades entre 25 y 40 Km/h y se tiene una autonomía promedio de 40 Km. (Rodríguez, 2020)

En el Ecuador existe una población de aproximadamente 70509 personas con capacidades especiales de tipo físicas en un grado del 30% al 49% y con edad de 19 a 64 años, edad legal en la que se puede obtener una licencia de conducción en el país. (Conadis, 2021)

La conducción es particularmente agradable gracias al sistema de control electrónico del prototipo el cual se coloca en la parte delantera, así los mandos están situados en torno al volante, y se facilita enormemente su manejo con el fin de suplir la necesidad de las personas con capacidades especiales de tipo físicas en sus extremidades inferiores, así brinda ergonomía y seguridad en la conducción (Swincar, s.f.)

El programa de vehículos exonerados en el Ecuador busca contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad permanente a través del otorgamiento de un descuento preferencial de acuerdo al grado de discapacidad que tenga, en el caso de las

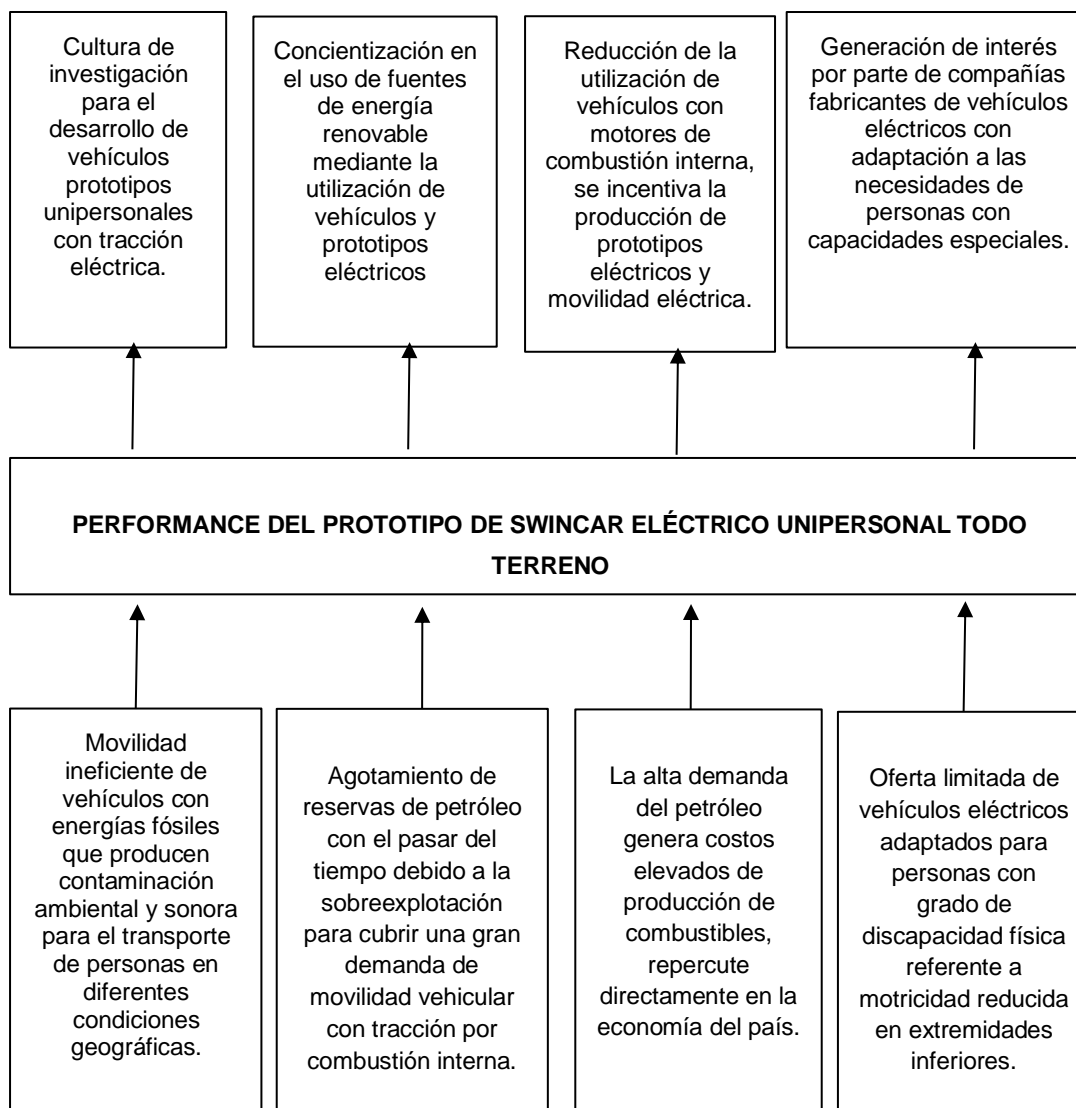
personas con un grado del 30% al 49% el porcentaje que aplica el beneficio es aproximadamente del 60%.

Entre los beneficios están la exención de restricciones a la circulación durante horarios de Pico y Placa, utilización de parqueaderos preferenciales, la eliminación y/o reducción en el pago de matrícula y otros. El programa aplica para la mayoría de concesionarios entre ellos, Nissan, Renault, Volkswagen, Toyota, etc.

### **Planteamiento del problema**

La movilidad a través de vehículos con tracción por combustibles líquidos o alternativos generan aspectos que inciden en las condiciones de respeto a la naturaleza, así como generan un entorno vehicular que produce altos niveles de congestión en rutas urbanas y extra urbanas con tiempos medios de uso prolongados de este tipo de motores con medios de transmisión de energía.

Un prototipo Swincar permitirá cambiar la relación de la movilidad con el entorno con más capacidad, seguridad y respeto a la naturaleza. Su tecnología patentada de equilibrio pendular permite cruces extremos al mismo tiempo que una práctica suave, intuitiva, silenciosa y no contaminante con el fin de facilitar la movilidad en zonas de difícil acceso con vehículo.



El sistema de tracción por combustión interna genera emisiones y altos niveles de ruidos que se convierten en contaminantes del ambiente y entorno, el prototipo Swincar, al ser un modelo con tracción eléctrica, se convierte en un ejemplar amigable con el medio ambiente.

Con el desarrollo del prototipo Swincar se genera una opción idónea para que las personas con capacidades especiales, específicamente con motricidad reducida en las extremidades inferiores, tengan la oportunidad de acceder a su utilización, esto se debe a que el control del prototipo está situado en el volante.

Actualmente en el país la movilidad vehicular se encuentra estancada en la utilización de combustibles fósiles en su gran mayoría, así se genera un proceso acelerado de contaminación ambiental debido a las emisiones de gases nocivos producidos por los motores de combustión interna. Es así que resulta fundamental incentivar una cultura de investigación para el análisis de performance de prototipos unipersonales con tracción eléctrica con el fin de fomentar el cuidado del medio ambiente gracias a la utilización de energía limpia. Además, se podría obtener un mayor interés por parte de compañías de vehículos y prototipos eléctricos, de modo que se genere plazas de trabajo y ayude a mejorar la economía y el desarrollo del país.

Entonces el problema a investigar es el “Performance del prototipo de Swincar eléctrico unipersonal todo terreno”.

### **Descripción detallada del proyecto**

La presente investigación acerca de “ANÁLISIS DEL PERFORMANCE DEL PROTOTIPO DE SWINCAR ELÉCTRICO UNIPERSONAL TODO TERRENO”, considera las siguientes actividades:

Se realizó la fundamentación científica a través de fuentes Bibliográficas confiables mediante bases de datos digitales, normativas y artículos referentes a prototipos eléctricos.

Se diseñó la estructura del prototipo Swincar en un software de elementos finitos referenciando la normativa INEN 2656: 2016 para valores de carga viva y carga muerta, los resultados obtenidos incluyen los parámetros de tensión de von Mises, desplazamientos y factor de seguridad.

Se seleccionó el material adecuado para la construcción de la estructura del prototipo, referidos en catálogos acorde a la disponibilidad en el país.

Se realizó la selección de los sistemas automotrices mecánicos, eléctricos y electrónicos ensamblados en el prototipo unipersonal Swincar.

Se consideró aspectos de seguridad activa y pasiva, así como confort del conductor del vehículo.

Se seleccionó el subsistema de suspensión independiente constituido por muelles y amortiguadores, así se permite una conducción suave, cómoda y segura.

Se diseñó un subsistema de dirección mecánico para el control integral de las cuatro ruedas.

Se implementó un subsistema de frenos para controlar y reducir su velocidad de manera parcial o total mediante un sistema cerrado por fluido incompresible presurizado de disco en las dos ruedas posteriores.

Se realizó la selección del subsistema de control electrónico para el prototipo Swincar que gestionó el correcto funcionamiento del sistema de tracción eléctrico según las necesidades de conducción.

Se realizó el montaje de los sistemas en la estructura, así como el sistema integrado de control y potencia para tracción en función de la potencia nominal requerida para el correcto funcionamiento.

Se implementó el subsistema de potencia a través de motores eléctricos que garantizaron aspectos de torque y potencia con la tracción necesaria para una movilidad eficiente.

Se implementó un subsistema de energía a través de una batería de ion litio con una capacidad de 13 Ah y un tiempo de carga de 6 horas para la alimentación de los motores eléctricos del prototipo.

Se determinó la autonomía en diferentes ciclos de conducción del protocolo WLTC, se consideró la relación peso – potencia y peso – velocidad a través de un análisis de consumo de energía con velocidad del vehículo vs voltaje utilizado de la batería, estado de carga de las baterías acorde a la capacidad A-h del pack.

### **Justificación e importancia**

Las emisiones contaminantes crecen día a día con el uso de combustibles fósiles. Una gran alternativa son los vehículos eléctricos, y para modelos todoterreno, el prototipo Swincar, primer prototipo realizado en el país, es ideal debido a la tracción eléctrica que posee, es decir que ha reducido las emisiones a cero y el nivel de ruido es prácticamente nulo, es por eso que se considera un prototipo ideal para recorridos por la naturaleza y apto para personas con sensibilidad auditiva.

El desarrollo turístico del país crece día tras día, en cada una de las regiones existen diferentes senderos para la exploración y muchos de ellos son de difícil acceso vehicular, por lo que los turistas optan por hacer uso de buggies o cuadrones que utilizan motores de combustión interna que generan emisiones contaminantes, por estas razones es importante el análisis de performance de vehículos de desarrollo turístico ecológico, para evitar contaminación ambiental y sonora, el prototipo Swincar brinda esta opción ecológica y también la oportunidad de ser parte de esta experiencia a las personas que poseen capacidades especiales.

La movilidad que generan los vehículos con energías fósiles resulta ineficiente y contaminante, por lo que el prototipo Swincar es ideal ejemplar para incentivar la creación de una cultura de investigación que tenga como prioridad de automoción, el análisis de performance de vehículos y prototipos eléctricos que generen tendencia en la utilización diaria, desarrollo tecnológico y creación de fuentes de desarrollo.



## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Analizar el performance del prototipo de Swincar eléctrico unipersonal todo terreno.

### ***Específicos***

- Fundamentar bibliográficamente, mediante fuentes confiables, el análisis del performance del prototipo de Swincar eléctrico unipersonal todo terreno monoplaça.
- Realizar el modelado y simulación de la estructura del prototipo Swincar en un software de elementos finitos para determinar el torque requerido con el fin de obtener una correcta movilidad de acuerdo a los parámetros de carga viva y carga muerta referidos en la normativa INEN 2656: 2016.
- Seleccionar e implementar los sistemas automotrices mecánicos, eléctricos y electrónicos para el prototipo unipersonal Swincar con la consideración de aspectos de seguridad activa y pasiva con el fin de obtener una movilidad eficiente.
- Implementar un subsistema de potencia de un valor máximo de 4KW, a través de motores eléctricos alimentados por una batería de ion litio, con una eficiencia máxima del 90% acorde a los cumplimientos de la normativa INEN 2656: 2016.
- Determinar la autonomía del prototipo dados los parámetros concernientes a los diferentes ciclos de conducción, a través de un análisis de consumo de energía acorde a la capacidad A-h del pack de baterías.

### **Metas**

Diseñar una estructura resistente para prototipo Swincar de modo que se cumplan los parámetros requeridos con la utilización de materiales de construcción existentes en el país.

Implementar sistemas automotrices mecánicos, eléctricos y electrónicos que permitan obtener una movilidad eficiente de modo que se alcancen aspectos de seguridad activa y pasiva.

Instalar un subsistema de potencia de 3KW, a través de motores eléctricos alimentados por dos baterías de ion litio, de manera que se consiga una eficiencia máxima del 90%.

### **Hipótesis**

Se alcanzará una velocidad promedio de 30 km/h y una autonomía media de 20 km mediante la implementación de un subsistema de energía a través de una batería de ion litio con una capacidad de 13 Ah y con un tiempo de carga de 6 horas para la alimentación de los motores eléctricos del prototipo.

### **Variables de la investigación**

#### ***Variable Independiente***

Prototipo Swincar diseñado que presenta al público tendencias en tecnología y diseño futuristas de automóviles

#### ***Variable Dependiente***

Performance del monoplaza todo terreno, es la relación que hay entre la distancia que el prototipo recorrerá y la cantidad de energía utilizada para recorrer dicha distancia

## Capítulo II

### Marco teórico

#### Swincar E-Spider

Swincar E-spider es un vehículo basado en la morfología de una araña para transitar por todo tipo de terrenos. Se conoce con el nombre de coche pendular: las ruedas no están fijas en un eje vertical, sino que se mueven de forma independiente sobre un eje situado por encima del centro de gravedad de las propias ruedas. Su aspecto y movimiento es muy similar al de las patas de una araña (Pascual Estapé, 2020). Posee varias cualidades que lo hacen un coche único, Tabla 1.

**Tabla 1**

*Características Swincar E-Spider*

<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Largo	2.05	<i>m</i>
Ancho	1.37	<i>m</i>
Alto	1.35	<i>m</i>
Distancia entre ejes	1.50	<i>m</i>
Distancia al suelo	0.26	<i>m</i>
Peso con baterías	234.00	<i>kg</i>
Potencia nominal total	4.16	<i>kW</i>
Par máximo total	350.00	<i>Nm</i>
Baterías	4.00	<i>kWh</i>
Autonomía	4.00	<i>h</i>
Cargador externo	2.50	<i>h</i>

*Nota.* La tabla presenta las dimensiones y prestaciones del Swincar E-Spider original. Adaptado de Seafly Barcelona, 2021 (<https://shop.seafly.es/Swincar-E-Spider>)

## Principio de funcionamiento

La cabina y las ruedas se articulan sobre ejes longitudinales permitiendo la inclinación en las curvas o la corrección del desnivel en terrenos con peralte. Este movimiento pendular es factible debido a un centro de gravedad del habitáculo situado por debajo de su eje de balanceo, un eje de inclinación oblicuo de las ruedas y un mecanismo de dirección concéntrico al eje de la cabina, que permite corregir los virajes inducidos y dota a la dirección de independencia respecto a la inclinación (Swincar, s.f.).

## Normativas

### ***NTE INEN 2656: 2016***

Establece la clasificación de los vehículos motorizados y no motorizados, mediante características generales de diseño y uso. Esta norma se aplica a todos los vehículos diseñados para circulación terrestre (INEN, 2016), Anexo A. Los aspectos orientados a la investigación se describen en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*NTE INEN 2656: 2016 Clasificación vehicular*

<b>Propiedad</b>	<b>Característica</b>
Subcategoría	L6
Versión	Monoplaza
Carga muerta	425 <i>Kg</i> como máximo
Carga viva	90 <i>Kg</i> como máximo
Potencia nominal máxima	4 <i>kW</i>

*Nota.* Propiedades para la subcategoría vehicular L6. Tomado de Clasificación vehicular, INEN, 2016 (p. 4).

**NTE INEN 1323: 2009**

Establece los requisitos generales para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías de buses para todas sus modalidades. Incluye el análisis de cargas para evidenciar la resistencia del diseño de una estructura (INEN, 2009), Anexo B.

**Norma 3.1 - IC**

Analiza el radio de giro necesario para diferentes velocidades de los vehículos, valores requeridos en la carga de giro necesario en la norma INEN 1323:2009 (Ministerio de Transportes, 2020), Anexo C.

**Ley de ohm**

Relaciona la intensidad de corriente ( $I$ ), la tensión eléctrica ( $V$ ) y la resistencia al flujo de electrones (*Ohmios*) en un circuito eléctrico (Boylestad, 2003). Matemáticamente se expresa en la Ecuación 1.

**Ecuación 1**

*Ley de Ohm*

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

Donde:

- $I$ : Intensidad de corriente (*Amperios*)
- $V$ : Tensión eléctrica (*Voltios*)
- $R$ : Resistencia (*Ohmios*)

**Potencia eléctrica**

Es un indicador de cuánto trabajo puede realizarse en una fracción de tiempo determinada (Boylestad, 2003). Matemáticamente se expresa en la Ecuación 2.

## Ecuación 2

### Potencia Eléctrica

$$P = V * I$$

Donde:

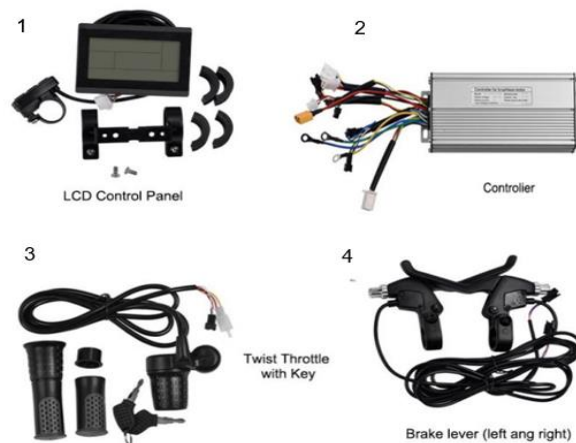
- **P**: Potencia (*Watts*)
- **V**: Tensión eléctrica (*Voltios*)
- **I**: Intensidad de corriente (*Amperios*)

### Subsistema de control electrónico

Se encarga de gestionar el correcto funcionamiento de los motores según las necesidades de conducción a través de la señal de sensores (Bosch, 2018), Figura 1.

### Figura 1

#### Elementos de control electrónico



*Nota.* La figura muestra los elementos del subsistema. 1) la pantalla LCD de control, 2) el módulo controlador, 3) los mandos de aceleración y 4) los mandos para el freno. Adaptado de Conversion

Ebike Kit, Alibaba, 2021 ([https://www.alibaba.com/product-detail/Conversion-Ebike-Kit-500W-1500W-48V\\_62410922555.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Conversion-Ebike-Kit-500W-1500W-48V_62410922555.html)).

**Fusible.** Elementos de protección de un circuito en caso de existir sobrecargas (Martínez, et al, 2011).

Para el dimensionamiento de los fusibles se analiza la máxima intensidad de corriente que puede soportar un conductor, Ecuación 3.

### Ecuación 3

*Relación de intensidades de corriente*

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Donde:

- ***I<sub>b</sub>***: Intensidad de corriente de diseño del circuito correspondiente (*Amperios*)
- ***I<sub>n</sub>***: Intensidad de corriente nominal del fusible (*Amperios*), Tabla 3.
- ***I<sub>z</sub>***: *Intensidad de corriente* máxima admisible del conductor protegido, Anexo D.

### Tabla 3

*Corriente nominal normalizada para fusibles*

Valores nominales normalizados de intensidad de corriente para fusibles (A)							
2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

*Nota.* Los valores de intensidad de corriente de fusibles mostrados son los disponibles en el mercado. Tomado de Cálculo de fusibles de una instalación eléctrica en baja tensión, por A. Martínez, et al, 2011 (p. 3)

El cable utilizado debe soportar un valor de sobrecarga máximo de 145 % de la intensidad de corriente, Ecuación 4.

#### Ecuación 4

Relación de intensidad de corriente efectiva e intensidad de corriente máxima

$$I_f \leq 1.45 * I_z$$

Donde:

- ***I<sub>f</sub>***: Intensidad de corriente que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección (*Amperios*), Tabla 4.

#### Tabla 4

Intensidad de corriente efectiva de protección

<b><i>I<sub>n</sub></i> (A)</b>	<b>Tiempo convencional (<i>h</i>)</b>	<b>Intensidad de corriente convencional de fusión (A)</b>
$I_n \leq 4$	1.00	$2.10 * I_n$
$4 < I_n \leq 16$	1.00	$1.90 * I_n$
$16 < I_n \leq 63$	1.00	$1.60 * I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2.00	$1.60 * I_n$
$160 < I_n \leq 400$	3.00	$1.60 * I_n$
$400 < I_n$	4.00	$1.60 * I_n$

*Nota.* La tabla presenta las desigualdades que condicionan la intensidad de corriente efectiva de un fusible. Tomado de “Cálculo de fusibles de una instalación eléctrica en baja tensión”, por A. Martínez, et al, 2011, p. 4

#### Subsistema de potencia

Se encarga de proporcionar el movimiento al vehículo a través de un motor eléctrico que permite la marcha del vehículo hacia adelante o hacia atrás (Bosch, 2018).



## **Subsistema de energía**

Consta de una batería recargable que permite realizar el proceso de carga y descarga un número de veces considerable (Quintero, Che, Auciello, & de Obaldía, 2021).

**Batería de ion-Litio.** Son dispositivos diseñados para almacenar energía eléctrica que se emplean como un sistema de alimentación (Rodríguez Cea, 2017).

**Capacidad de una batería.** Se mide en Amperios hora, corresponde a la cantidad de intensidad de corriente que una batería pueda generar y suministrar en un tiempo determinado (Quintero, Che, Auciello, & de Obaldía, 2021).

**Estado de carga (SOC).** Se define como la relación entre la capacidad actual y la capacidad nominal. Las unidades de SOC son puntos porcentuales (0% = vacío; 100% = lleno) (BSLBATT, 2020).

**Estado de descarga (DSOC).** Establece una relación entre la capacidad de la batería, el tiempo que tarda su descarga y la intensidad de consumo (Maldonado Solado & Martínez Taipe, 2018)

## **Subsistema de suspensión**

**Parámetros de selección de neumáticos.** Analiza la carga que resistirá (índice de carga) y cuál será su velocidad máxima de trabajo (índice de velocidad). Se tiene en cuenta el tipo de terreno en el cual va a desplazarse el vehículo (GoodYear, 2022).

**Índice de carga del neumático.** Es el peso máximo que resistirá un neumático individualmente, tiene una denominación numérica (GoodYear, 2022). Anexo E.

**Índice de velocidad de un neumático.** Es un código alfanumérico con diferentes velocidades por cada nomenclatura (GoodYear, 2022), Anexo F.

**Labrado del neumático.** Es el diseño o patrón que existe en la banda de rodadura (Neumarket, 2018). Anexo G.

**Fricción del terreno.** Todos los terrenos pueden variar el coeficiente de fricción aumentado la fuerza necesaria para empezar el movimiento. El coeficiente aumentará en

respuesta a mayores cargas, mayores velocidades y menor presión de llanta. (Bosch, 2018),

Tabla 5.

### Tabla 5

*Coefficiente de fricción al iniciar el movimiento*

<b>Superficie</b>	<b>Coefficiente de fricción (<math>\mu</math>)</b>
Asfalto seco	0.85
Asfalto mojado	0.60
Concreto	0.80
Grava	0.60
Tierra	0.68
Tierra mojada	0.55

*Nota.* El coeficiente de fricción varía en función del giro del neumático. Adaptado de Theory of Ground Vehicles, Edición 5, por J.Y Wonj, 2022 (p. 29), Wiley.

Cuando existe un movimiento inicial, el coeficiente de fricción disminuye, así se facilita el movimiento de un neumático en contacto con una superficie, Tabla 6.

### Tabla 6

*Coefficientes de fricción en movimiento*

<b>Superficie</b>	<b>Coefficiente de fricción (<math>\mu</math>)</b>
Asfalto seco	0.75
Asfalto mojado	0.52
Concreto	0.70
Grava	0.55
Tierra	0.65
Tierra mojada	0.45

*Nota.* El coeficiente de fricción varía en función del giro del neumático. Adaptado de Theory of Ground Vehicles, Edición 5, por J.Y Wonj, 2022 (p. 29), Wiley.

### Subsistema de frenos

Permite al conductor realizar la detención total o parcial del vehículo mediante una fuerza ejercida en el pedal que produce presión en el líquido de freno y genera un recorrido hacia las pastillas las cuales se friccionan con el disco (Vázquez Vega, y otros, 2022).

### Subsistema de dirección

Relación de engranajes reductores de velocidad y amplificador de torque. Con base en la velocidad angular, radio y número de dientes (Shigley, 2012). Ecuación 5.

#### Ecuación 5

*Relación de engranajes*

$$e = \frac{r_1}{r_2} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Donde:

- $r$ : radio ( $m$ )
- $n$ : Número de dientes
- $w$ : Velocidad angular  $\left(\frac{Rad}{s}\right)$

Para encontrar la potencia de una rueda dentada se utiliza la Ecuación 6.

#### Ecuación 6

*Potencia mecánica*

$$P = T * w$$

Donde:

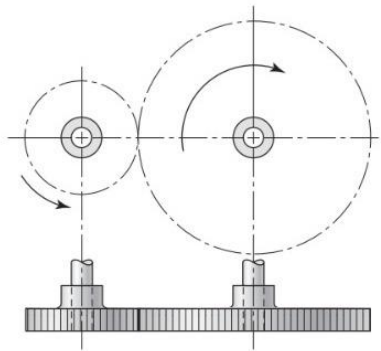
- $P$ : Potencia mecánica  $\left(\frac{N.m}{s}\right)$
- $T$ : Torque ( $N.m$ )

- $w$ : Velocidad angular  $\left(\frac{Rad}{s}\right)$

Se tiene en cuenta que las transmisiones de potencia son iguales tanto en el engrane receptor como en el conductor, Figura 2.

## Figura 2

*Relación de transmisión*



*Nota.* Relación de torque  $T_1 * w_1 = T_2 * w_2$  para lograr una transmisión reductora de velocidad multiplicadora de torque. Tomado de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Edición 9, por Budynas, R. & Nisbett, K., 2011 (p. 648).

## Cinturón de Seguridad

Cinta de aseguramiento de una persona al asiento de un vehículo para disminuir el riesgo de lesiones y muerte en caso de accidente (ENDESA, 1980).

## Análisis de fuerzas

Para el estudio del movimiento se utiliza la fórmula de velocidad final de un cuerpo en cinemática, Ecuación 7.

**Ecuación 7***Velocidad final de un cuerpo*

$$V_f = V_o + a \cdot t$$

Donde:

- $V_f$ : velocidad final  $\left(\frac{m}{s}\right)$
- $V_o$ : velocidad inicial  $\left(\frac{m}{s}\right)$
- $a$ : aceleración  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$
- $t$ : tiempo transcurrido (s)

Para el desplazamiento, Ecuación 8

**Ecuación 8***Desplazamiento de un cuerpo*

$$x = x_o + v_o \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Donde:

- $x$ : desplazamiento final (m)
- $v_o$  velocidad inicial  $\left(\frac{m}{s}\right)$

***Peso de un cuerpo***

Relaciona la masa de un cuerpo y la fuerza gravitatoria que se ejerce sobre él.

Matemáticamente se expresa en la Ecuación 9. Sobre el planeta tierra se toma en cuenta un

valor de  $9.81 \left(\frac{m}{s^2}\right)$  (Beer & Johnston, 2010).

### Ecuación 9

*Peso de un cuerpo*

$$W = m * g$$

Donde

- **W:** Peso ( $N$ )
- **m:** masa del cuerpo ( $kg$ )
- **g:** gravedad ( $\frac{m}{s^2}$ )

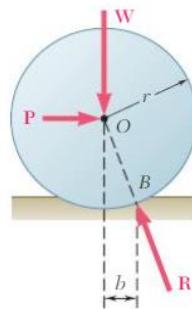
### Movimiento del vehículo

Bajo la acción del peso, el neumático y el suelo se deforman ligeramente y ocasionan el contacto sobre el área para así iniciar el movimiento de un vehículo (Beer & Johnston, 2010).

El diagrama de cuerpo libre para el inicio del movimiento se representa en la Figura 3.

### Figura 3

*Diagrama de cuerpo libre de fuerzas sobre una rueda*



*Nota.* Se muestra el diagrama de cuerpo libre para que un vehículo pueda iniciar el movimiento.

Tomado de Mecánica vectorial para ingenieros, Edición 9, por F.P Beer; E.R. Johnston; D.F. Mazurek; J.T. DeWolf, 2010 (p. 444).

Para la interacción matemática de fuerzas en el diagrama de cuerpo libre se contempla el coeficiente de rodadura, Ecuación 10.

**Ecuación 10**

*Coeficiente de Rodadura*

$$P * r = W * b$$

Donde:

- ***r***: radio de la rueda (*m*)
- ***b***: distancia horizontal entre O y B (*m*)

*b* recibe el nombre de coeficiente de resistencia a la rodadura, su unidad es en pulgadas o milímetros, Anexo H.

*Torque*

Fuerza que actúa sobre un elemento hacia un punto perpendicular de aplicación (Serway, 2012). Matemáticamente el torque se representa en la Ecuación 11.

**Ecuación 11**

*Torque*

$$T = F * d$$

Donde:

- ***T***: Torque (*N \* m*)
- ***F***: fuerza (*N*)
- ***d***: distancia (*m*)

## **CAD/CFD**

### **CAD**

Herramienta para el diseño, creación y modificación de piezas mecánicas en 2D y 3D. (Autodesk, 2022).

### **CFD**

Herramienta para el análisis del flujo de un fluido a través de superficies de un objeto, determinando la aerodinámica del mismo (Autodesk, 2022)

### **FEA**

Herramienta que analiza el comportamiento de cuerpos sólidos mediante la aplicación de cargas para comprobar el diseño de un elemento o sistema mecánico (Autodesk, 2022).

## **Factor de seguridad**

Relaciona la carga máxima que resiste un material con la carga de trabajo normal la cual debe ser menor. (Beer & Johnston, 2010).

Valores permitidos de factor de seguridad en metales dúctiles, Tabla 7.

### **Tabla 7**

*Factores de seguridad*

<b>Tipo o clase de carga</b>	<b>Acero &amp; Metales dúctiles</b>	<b>Hierro fundido &amp; Metales frágiles</b>	<b>Madera de construcción</b>
Carga muerta o carga variables bajo análisis por fatiga	1.5 – 2	5 – 6	7

*Nota.* Valores mínimos recomendados. Adaptado de Diseño de elementos de máquinas, por L. V. Vanegas, 2018 (p. 82).

## **Tensión de Von Misses**

Valor escalar utilizado para predecir la deformación irre recuperable de los materiales cuando se aplican cargas al elemento de estudio. Esta tensión se relaciona con el límite elástico de los materiales. (Beer & Johnston, 2010).



**Desplazamiento**

Grado de deformación de elemento tras aplicar las cargas de trabajo normal (Callister Jr & Rethwisch, 2018).

**WLTP**

Procedimiento de prueba de vehículos ligeros armonizados a nivel mundial (WLTP). Se divide en cuatro fases con diferentes velocidades, paradas, aceleración y fases de frenado.

El protocolo WLTC estandariza: Low, para velocidades bajas con un tiempo de 589 segundos y Middle, para velocidades medias en 433 segundos (WLTPfacts, 2022)

## Capítulo III

### Diseño del prototipo Swincar

#### Parámetros de diseño

El diseño de la estructura consideró el factor de seguridad, tensiones máximas y desplazamientos máximos de las piezas mecánicas involucradas en el prototipo.

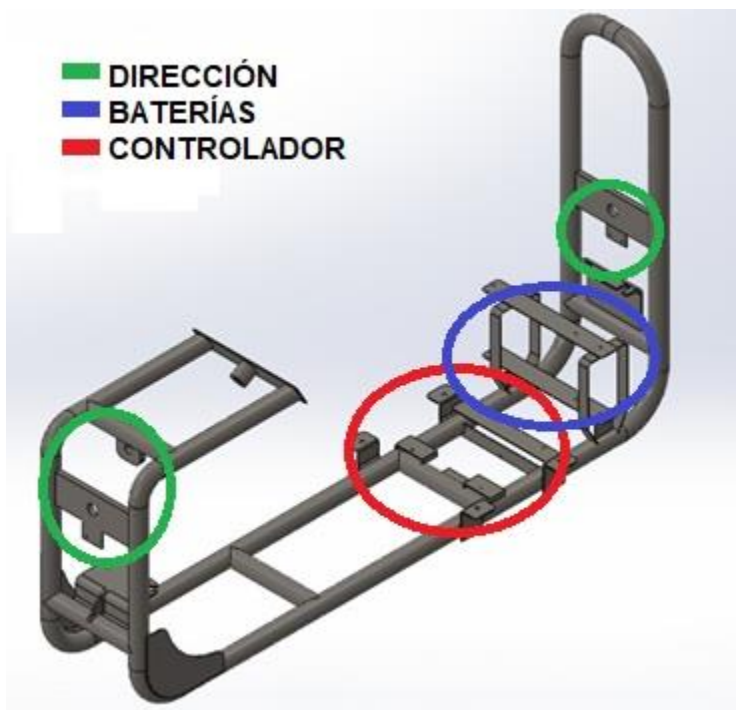
#### Modelado del prototipo

##### *Chasis*

**Diseño del chasis.** Se efectuó el modelo del chasis 3D, contemplando las ubicaciones de los sistemas automotrices, en la zona inferior se encuentra las baterías y los controladores; y en los sectores frontal y posterior el sistema de dirección, Figura 4.

#### Figura 4

##### *Chasis 3D*



*Nota.* La zona del asiento se encuentra inmediatamente superior al controlador.

**Selección del material.** Tubo estructural redondo de 40 x 1.5 (mm) con propiedades para el chasis, Tabla 8.

**Tabla 8**

*Características del tubo estructural redondo*

<b>Tubo estructural redondo 40x1.5(mm)</b>		
<b>Especificaciones generales</b>	Norma	NTE INEN 2415
	Calidad	ASTM A36 / JIS G 3132
	Acabado	Acero negro
<b>Dimensiones</b>	Diámetro (mm)	40.00
	Sección transversal (mm <sup>2</sup> )	172.00
	Espesor (mm)	1.50
	Peso ( $\frac{kg}{m}$ )	1.35

*Nota.* Las especificaciones completas del material se encuentran en el Anexo I.

**Análisis estático del chasis.** Para el análisis se utiliza el peso efectuado por la carga gravitacional en la estructura del chasis con un valor de 170.59 N y las cargas puntuales de los sistemas involucrados en el chasis, Tabla 9.

**Tabla 9***Cargas aplicadas al chasis*

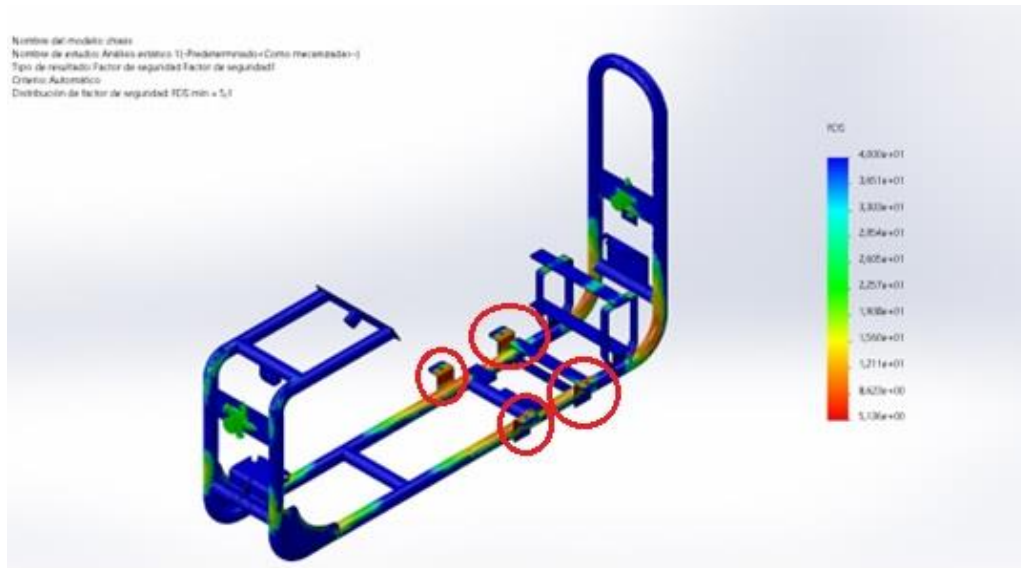
<b>Cantidad</b>	<b>Pieza o sistema</b>	<b>Masa individual (kg)</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Fuerza gravitacional (N)</b>
1	Equipaje	5.00	5.00	49.05
1	Carga viva	70.00	70.00	686.70
1	Piso	0.49	0.49	4.90
1	Asiento	4.67	4.68	45.90
2	Batería	5.00	10.00	98.10
2	Controlador	0.25	0.50	4.91
1	Volante	0.50	0.50	4.91
1	Engrane	1.82	1.82	17.85
1	Piñón	0.09	0.09	0.84
1	Flecha dirección posterior	0.37	0.37	3.65
1	Base volante	1.16	1.16	11.37
4	Brazo de dirección, unibolas	0.57	2.29	22.45
1	Kit Ejes, crucetas dirección	2.12	2.12	20.80
1	Pernos, tuercas, cableado eléctrico, extras	1.00	1.00	9.81
<b>Total</b>			<b>100.02</b>	<b>981.23</b>

## Factor de seguridad

El chasis tiene un factor de seguridad mínimo de 5.1 en la zona del asiento del conductor superando el valor mínimo de 1.5 para aleaciones de acero, Figura 5.

### Figura 5

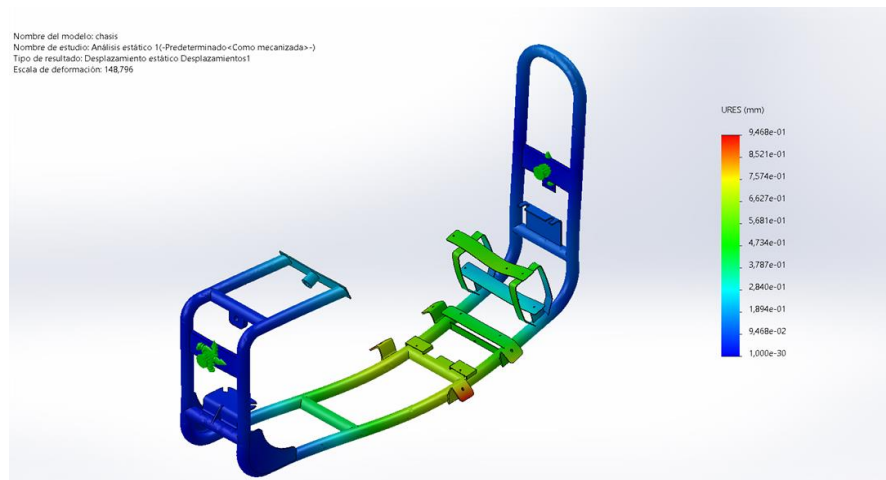
#### *Factor de seguridad del chasis*



*Nota.* Los círculos rojos señalan la zona crítica del diseño con el menor valor de factor de seguridad.

## Desplazamiento máximo

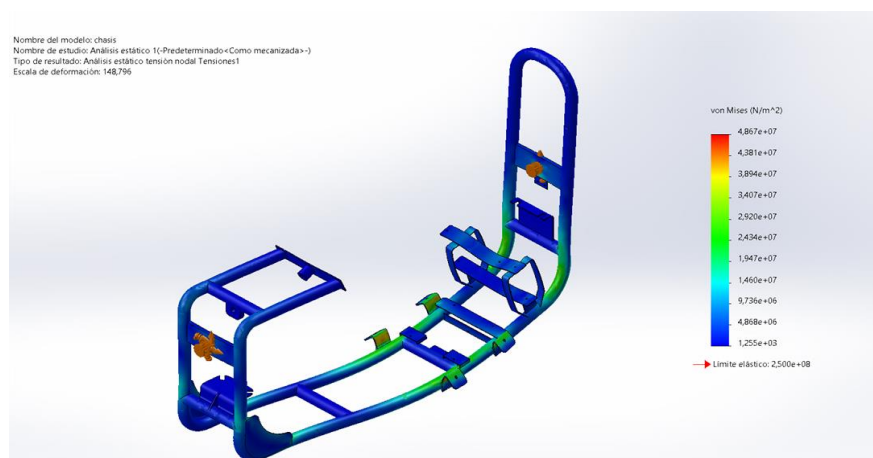
El valor generado por las cargas es de 0.94 mm en la zona del asiento donde incide una mayor carga puntual, Figura 6.

**Figura 6***Desplazamiento máximo del chasis*

*Nota.* El máximo desplazamiento se genera en las bases del asiento.

**Tensión máxima**

El material seleccionado para el chasis tiene un límite elástico de  $2,5 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2}\right)$  y la máxima tensión generada por las cargas de los sistemas automotrices es de  $4,8 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2}\right)$ .

**Figura 7***Tensión máxima en el chasis*

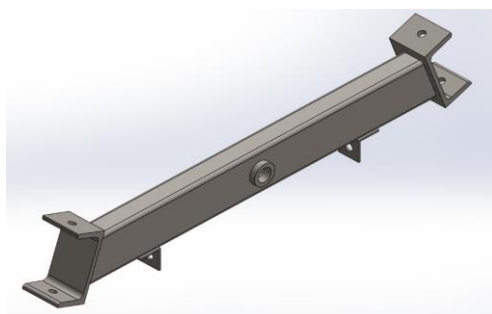
*Nota.* La tensión máxima se genera en las bases del asiento.

### Brazo de anclaje

**Diseño del brazo de anclaje.** Se genera un diseño simétrico y se ubican las bases para los cables de dirección y el soporte del brazo araña, Figura 8.

### Figura 8

*Brazo de anclaje 3D*



*Nota.* El brazo de anclaje es igual para la parte frontal y posterior.

**Selección del material.** Tubo estructural rectangular **70x40 (mm)** con cualidades inherentes a los brazos de anclaje frontal y posterior, Tabla 10.

**Tabla 10**

*Características del tubo estructural rectangular*

<b>Tubo estructural rectangular 70x40 (mm)</b>		
<b>Especificaciones generales</b>	Norma	NTE INEN 2415
	Calidad	ASTM A36 / JIS G 3132
	Acabado	Acero negro
<b>Dimensiones</b>	Sección transversal ( $mm^2$ )	855.00
	Espesor (mm)	4.00
	Peso ( $\frac{kg}{m}$ )	6.71

*Nota.* Las especificaciones completas del material se encuentran en el Anexo I.

El tubo estructural se suelda al perfil laminado UPN 120, sus cualidades se presentan

Tabla 11.

**Tabla 11**

*Características del perfil laminado UPN 120*

<b>Perfil laminado UPN 120</b>		
<b>Especificaciones generales</b>	Norma	NTE INEN 1623
	Calidad	ASTM A36 / ASTM A653
	Acabado	Acero negro
<b>Dimensiones</b>	Sección transversal ( $cm^2$ )	13.22
	Espesor ( $mm$ )	6.00
	Peso $\frac{kg}{6m}$	62.25

*Nota.* Las especificaciones completas del material se encuentran en el Anexo I.

**Análisis estático del brazo de anclaje.** Se analizaron las cargas que soportará el brazo de anclaje para su análisis, Tabla 12.

**Tabla 12**

*Cargas aplicadas en el brazo de anclaje*

<b>Cargas laterales</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Cargas de unión lateral</b>	<b>Masa individual (Kg)</b>	<b>Fuerza (N)</b>
1	Brazo superior	3.73	36.58
1	Unión de brazos inferiores	3.09	30.37
1	Brazo inferior posterior	4.61	45.23
1	Neumáticos posteriores (motor)	10.00	98.10



<b>Cargas laterales</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Cargas de unión lateral</b>	<b>Masa individual (Kg)</b>	<b>Fuerza (N)</b>
1	Pernos, tuercas, cableado eléctrico, extras	0.50	4.91
	Total	21.94	215.19

<b>Cargas centrales</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Cargas centrales</b>	<b>Masa Individual (Kg)</b>	<b>Fuerza (N)</b>
0.50	Cargas de chasis	50.01	490.61

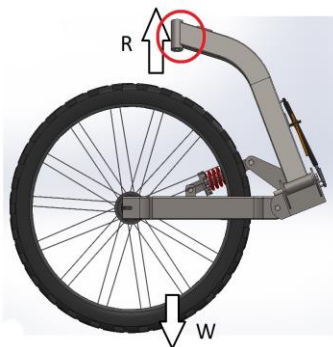
*Nota.* Las cargas laterales y centrales aplicadas en los elementos intervienen en los estudios de manera conjunta, enlazando cada pieza estructural de manera consecutiva.

Para la carga de impacto se analizó el movimiento máximo del brazo de anclaje de  $0.35m$  y se utilizó un tiempo de 0.25 segundos el cual representa un golpe efusivo de aceleración sobre el prototipo Swincar.

La fuerza de reacción se obtiene con las cargas que estarán en movimiento y se analiza la distancia máxima de recorrido en el tiempo establecido. Las cargas se ubican en un diagrama de cuerpo libre, Figura 9.

### Figura 9

*Diagrama de cuerpo libre del brazo de anclaje*



*Nota.* El círculo rojo detalla las piezas mecánicas unidas al brazo de anclaje que generaran una carga de impacto.

$$\sum f_y = m \cdot a$$

$$-R + W = m \cdot a$$

$$-R + 215.192 = (21.936) \cdot a$$

Con la ecuación 7 determinamos la velocidad inicial a la que el cuerpo se mueve al momento del impacto

$$V_f = V_o + a \cdot t$$

$$V_o = -a \cdot (0.25)$$

Con la ecuación 8 obtenemos el valor de la aceleración a la que se encuentra el sistema de movimiento, necesaria para determinar las fuerzas de reacción

$$X = X_o + V_o \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$0.35 = (-0.25 \cdot a)(0.25) + \frac{1}{2} a \cdot (0.25)^2$$

$$a = -11.2 \frac{m}{s^2}$$

$$-R + 215.192 = (21.936) \cdot (-11.2)$$

$$R = 460.875 \text{ N}$$

La aceleración determinada se utilizará en las piezas a analizar debido a que el movimiento es de un cuerpo conjunto.

El análisis de cargas se realiza con 3 casos de estudio, Tabla 13.

**Tabla 13***Casos de estudio del brazo de anclaje*

	<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Caso 1</b>	Cargas	Laterales y centrales	-
	Puntos de fijación	Uniones laterales	-
	Fuerzas de reacción	0	No existe fuerzas de reacción
	<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Caso 2</b>	Cargas	Laterales y centrales	-
	Puntos de fijación	Unión central	-
	Fuerzas de reacción	0	No existe fuerzas de reacción
	<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Caso 3</b>	Cargas	Laterales y centrales	-
	Puntos de fijación	Unión lateral (1 extremo)	Unión lateral (1 extremo)
	Fuerzas de reacción	460.88 N	Fuerza de reacción sobre el lateral sin fijación

*Nota.* Los casos de estudio permiten disminuir la probabilidad de fallo del brazo de anclaje.

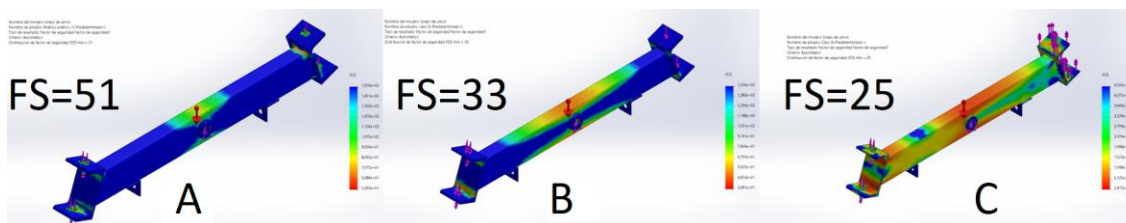
#### **Factor de Seguridad.**

El factor de seguridad mínimo del brazo de anclaje es de 25 correspondiente al caso C, valor que supera con creces el valor de 1.5 necesario para aceros dúctiles.

El valor es individual para la pieza mas no para el sistema completo, es necesario un estudio completo basado en la normativa INEN 1323:2009, Figura 10.

## Figura 10

### Factor de seguridad del brazo de anclaje



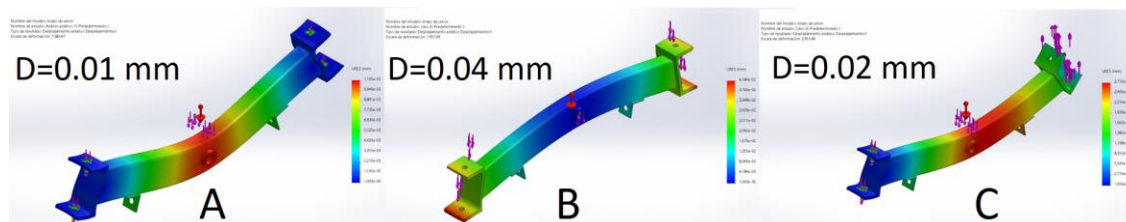
Nota. A) Caso 1: Factor de seguridad uniforme exceptuando la zona central, B) Caso 2: Factor de seguridad mínimo se distribuye en la zona central del brazo, y C) Caso 3: Factor de seguridad mínimo se genera en la zona central y en los laterales de unión.

### Desplazamiento máximo

El valor máximo generado entre los casos de estudio es de  $0.04 \text{ mm}$  en la zona lateral del brazo de anclaje, Figura 11.

## Figura 11

### Desplazamiento máximo del brazo de anclaje



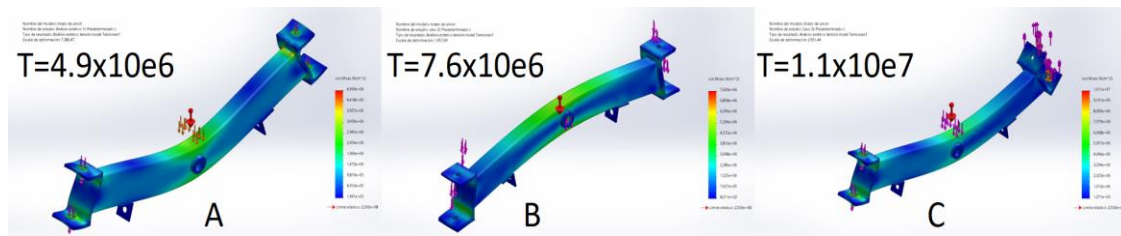
Nota. A) Caso 1: Desplazamiento máximo es en la zona central, B) Caso 2: Las uniones laterales tienen a deformarse hacia el parte inferior, y C) Caso 3: La zona central del brazo genera el mayor desplazamiento.

### Tensión máxima

La máxima tensión generada en el brazo de anclaje es de  $1.1 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2}\right)$ , el límite elástico del acero ASTM A36 de  $2.5 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2}\right)$ , Figura 12.

**Figura 12**

*Tensión máxima en el brazo de anclaje*

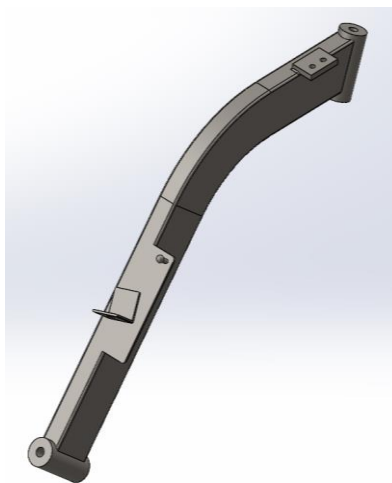


*Nota.* A) Caso 1: Zona crítica en la parte central del brazo, B) Caso 2: Los valores críticos se generan en las zonas laterales de la pieza, y C) Caso 3: Las tensiones aumentan en la zona central y lateral de fijación.

El valor de tensión máxima encontrado en la pieza es de  $1.1 \times 10^7 \left( \frac{N}{m^2} \right)$  y un desplazamiento de  $0.04 \text{ (mm)}$  dan como resultado un factor de seguridad mínimo de 25 que se interpreta como un correcto funcionamiento de la pieza en cada caso.

### **Brazo araña**

**Diseño del brazo araña.** Se realizó un diseño simétrico que detalla las uniones hacia el brazo de anclaje y el brazo inferior; las placas de unión de los brazos de dirección se sueldan en forma espejo entre el brazo izquierdo y el derecho, Figura 13.

**Figura 13***Brazo araña 3D*

*Nota.* La placa superior del brazo araña posee dos diferentes perforaciones para acoplarse a diferentes brazos de dirección del mercado.

**Selección del material.** Se utilizó un tubo estructural rectangular de **70x30(mm)** para el diseño del brazo araña, Tabla 14.

**Tabla 14***Características del tubo estructural rectangular*

<b>Tubo estructural rectangular 70x30 (mm)</b>		
<b>Especificaciones generales</b>	Norma	NTE INEN 2415
	Calidad	ASTM A36 / JIS G 3132
	Acabado	Acero negro
<b>Dimensiones</b>	Sección transversal (mm <sup>2</sup> )	374.00
	Espesor (mm)	2.00

---

**Tubo estructural rectangular 70x30 (mm)**


---

Peso $\frac{kg}{m}$	2.93
---------------------	------

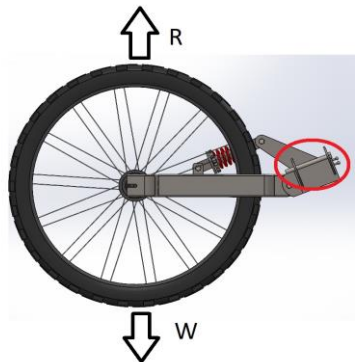
---

*Nota.* Las especificaciones completas del material se encuentran en el Anexo I.

**Análisis estático del brazo araña.** Se analiza la fuerza de reacción para generar una carga de impacto con el valor  $-11.2 \left(\frac{m}{s^2}\right)$  de la aceleración obtenida en la ecuación de movimiento de los brazos de anclaje, Figura 14.

**Figura 14**

*Diagrama de cuerpo libre del brazo araña*



*Nota.* Piezas mecánicas que generaran una carga de impacto sobre el brazo araña.

$$\sum f_y = m \cdot a$$

$$-R + W = m \cdot a$$

$$-R + 178.611 = (18.207) \cdot (-11.2)$$

$$R = 382.529 \text{ N}$$

Una vez obtenida la fuerza de reacción, es necesario utilizar las cargas aplicadas al brazo araña para analizar los casos de estudio, Tabla 15.

**Tabla 15***Cargas aplicadas al brazo araña*

<b>Cargas inferiores</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Cargas Unión lateral</b>	<b>Masa Individual (kg)</b>	<b>Fuerza (N)</b>
1	Unión de brazos inferiores	3.09	30.37
1	Brazo inferior posterior	4.61	45.23
1	Neumáticos posteriores (motor)	10.00	98.10
1	Pernos, tuercas, cableado eléctrico, extras	0.50	4.91
	<b>Total</b>	<b>18.27</b>	<b>178.61</b>
<b>Cargas superiores</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Cargas centrales</b>	<b>Masa Individual (Kg)</b>	<b>Fuerza (N)</b>
1	Cargas distribuidas en los brazos	33.70	330.61
1	Brazo de anclaje	6.60	64.82

*Nota.* Las cargas laterales y centrales aplicadas en los elementos intervienen en los estudios de manera conjunta, enlazando cada pieza estructural de manera consecutiva.

Se analizan 3 casos de estudio necesarios para prevenir posibles fallas en el diseño de la pieza, Tabla 16.



**Tabla 16***Casos de estudio del brazo araña*

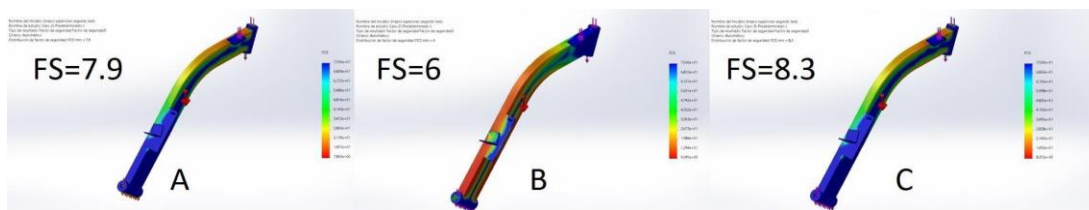
	<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Caso 1</b>	Cargas	Superiores e inferiores	-
	Puntos de fijación	Superior	-
	Fuerzas de reacción	0	No existe fuerzas de reacción
	<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Caso 2</b>	Cargas	Superiores e inferiores	-
	Puntos de fijación	Inferior	-
	Fuerzas de reacción	0	No existe fuerzas de reacción
	<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Caso 3</b>	Cargas	Superiores e inferiores	-
	Puntos de fijación	Superior	-
	Fuerzas de reacción	382.529 N	Fuerza de reacción sobre la unión inferior

**Factor de seguridad**

El factor de seguridad mínimo encontrado en el brazo araña es de 6 para las condiciones del Caso B, valor que cumple con el factor de seguridad mínimo para aceros, Figura 15.

## Figura 15

### Factor de seguridad del brazo araña



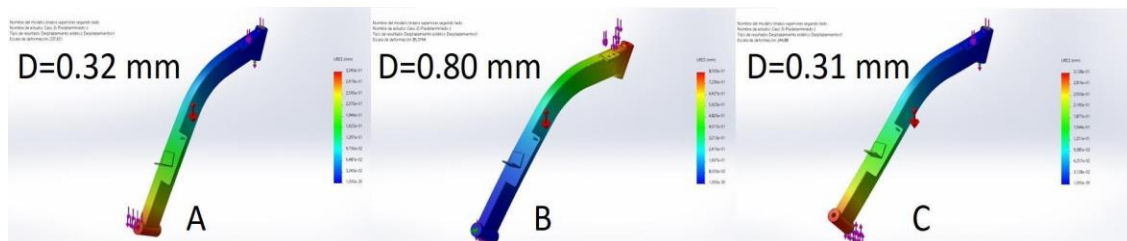
*Nota.* A) Caso 1 el mínimo valor de F.S se encuentra en la zona superior, B) Caso 2 El valor crítico de diseño se encuentra en la cara frontal del brazo araña, y C) Caso 3 el factor de seguridad se concentra en la zona superior de la pieza.

### Desplazamiento máximo

El valor máximo que sufre el brazo araña con las cargas es de 0.80 mm en el caso B y los puntos críticos se encuentran en la unión superior entre el brazo araña y el brazo de anclaje, Figura 16.

## Figura 16

### Desplazamiento máximo del brazo araña



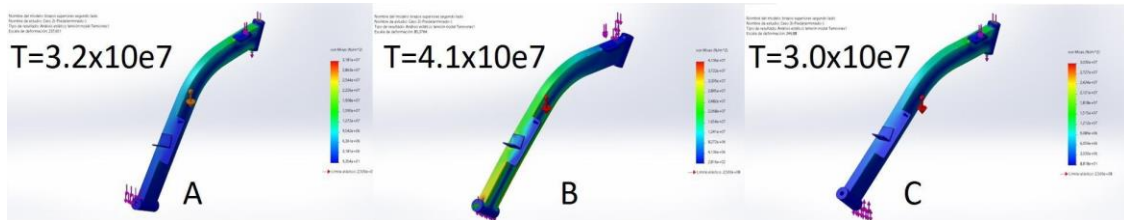
*Nota.* A) Caso 1 La unión inferior tiene un desplazamiento mayor, B) Caso 2 la unión superior genera un desplazamiento en dirección inferior, y C) Caso 3 existe la zona crítica en la unión inferior.

## Tensión máxima

El material seleccionado tiene un límite elástico de  $2.5 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2}\right)$  y la máxima tensión encontrada en el brazo araña es de  $4.1 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2}\right)$ , en el nexo inferior entre el brazo araña y el soporte de unión, Figura 17.

### Figura 17

*Tensión máxima en el brazo araña*



*Nota.* A) Caso 1 la mayor tensión se genera en la zona superior del brazo araña, B) Caso 2 la zona crítica de tensiones se ubica en la unión inferior del brazo araña, y C) Caso 3 existe una reducción de tensiones en la zona inferior e incremento en la superior.

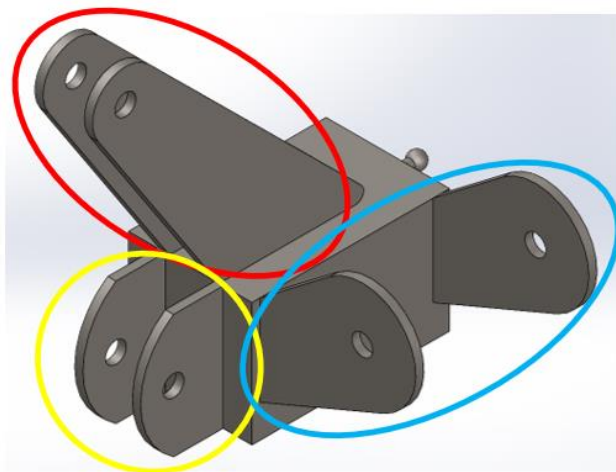
El valor de tensión máxima encontrado en la pieza es de  $4.1 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2}\right)$  y un desplazamiento de  $0,8 \text{ (mm)}$ , dan como resultado un factor de seguridad mínimo de 6 que se interpreta como un correcto funcionamiento de la pieza individual en las condiciones de esfuerzo a las que se somete.

### Soporte de unión

**Diseño del soporte de unión.** Se realiza el diseño del soporte de unión considerando la posición del brazo araña, el brazo inferior con el neumático y su amortiguador, Figura 18.

**Figura 18**

Soporte de unión 3D



*Nota.* En la figura se muestra el soporte de unión conformado por una base central; en el círculo rojo los apoyos para los amortiguadores, en el círculo celeste las placas para soportar el brazo arañan y en el círculo amarillo los soportes para el brazo inferior.

**Selección del material.** Se utiliza un tubo estructural rectangular de 75 (*mm*) para la base, Tabla 20 y el perfil UPN para la unión de las diferentes piezas mecánicas, Tabla 17.

**Tabla 17**

*Características del tubo estructural rectangular*

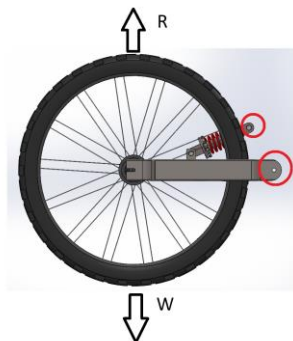
<b>Tubo estructural rectangular 75 (<i>mm</i>)</b>		
<b>Especificaciones generales</b>	Norma	NTE INEN 2415
	Calidad	ASTM A36 / JIS G 3132
	Acabado	Acero galvanizado
<b>Dimensiones</b>	Sección transversal ( $mm^2$ )	10.95
	Espesor ( <i>mm</i> )	4.00
	Peso $\frac{kg}{m}$	8.59

*Nota.* Las especificaciones completas del material se encuentran en el Anexo I.

**Análisis estático del soporte de unión.** Se analiza la carga de impacto para determinar la tensión generada en el soporte de unión, se obtiene la carga resultante con la aceleración de  $-11.2 \left(\frac{m}{s^2}\right)$ , Figura 19.

**Figura 19**

*Diagrama de cuerpo libre del soporte de unión*



*Nota.* Elementos mecánicos unidos al soporte de unión que generan una fuerza de reacción sobre sus extremos de apoyo.

$$\sum f_y = m * a$$

$$-R + W = m * a$$

$$-R + 148.239 = (15.111) * (-11.2)$$

$$R = 317.482 \text{ N}$$

Las cargas que afectan al soporte de unión para los 3 casos de estudio, Tabla 18.

**Tabla 18**

*Cargas que soporta el soporte de unión*

<b>Cargas inferiores</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Cargas Unión lateral</b>	<b>Masa Individual (kg)</b>	<b>Fuerza (N)</b>
1	Brazo inferior posterior	4.61	45.23

<b>Cargas inferiores</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Cargas Unión lateral</b>	<b>Masa Individual (kg)</b>	<b>Fuerza (N)</b>
1	Neumáticos posteriores (motor)	10.00	98.10
1	Pernos, tuercas, cableado eléctrico, extras	0.50	4.91
Total		15.11	148.24

<b>Cargas superiores</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Cargas centrales</b>	<b>Masa Individual (kg)</b>	<b>Fuerza (N)</b>
1	Cargas superiores	44.04	432.01

*Nota.* Las cargas laterales y centrales aplicadas en los elementos intervienen en los estudios de manera conjunta, enlazando cada pieza estructural de manera consecutiva.

Se generan 3 casos de estudio para evitar posibles fallas en el diseño de la pieza en condiciones de esfuerzo a las que está sometida, Tabla 19.

**Tabla 19**

*Casos de estudio del soporte de unión*

	<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Caso 1</b>	Cargas	Lateral, inferior y superior	-
	Puntos de fijación	Lateral	-
	Fuerzas de reacción	0	No existe fuerzas de reacción
	<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Caso 2</b>	Cargas	Lateral, inferior y superior	-

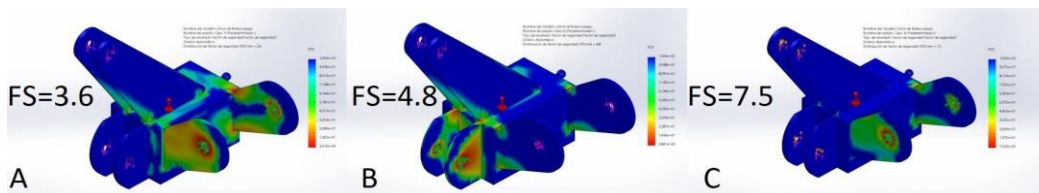
	<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
	Puntos de fijación	Inferior	-
	Fuerzas de reacción	0	No existe fuerzas de reacción
	<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
	Cargas	Lateral, inferior y superior	-
<b>Caso 3</b>	Puntos de fijación	Lateral	-
	Fuerzas de reacción	317,482 N	Fuerza de reacción sobre la unión superior del amortiguador

### Factor de Seguridad

El soporte de unión tiene un factor de seguridad mínimo de 3.6 en el caso 1, valor que supera el valor mínimo establecido para aceros de 1.5. Figura 20.

### Figura 20

*Factor de seguridad del soporte de unión*



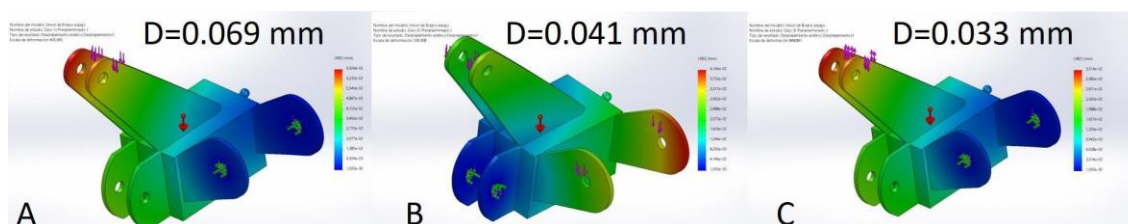
*Nota.* A) Caso 1 la unión con el brazo araña tiene un valor crítico, B) Caso 2 la unión con el brazo inferior se encuentra con el mínimo FS, y C) Caso 3 El F.S. esta en la unión del perno del brazo araña.

### Desplazamiento máximo

El soporte de unión tiene un valor máximo de 0.069mm generados en la zona de la unión del amortiguador con el brazo inferior. Figura 21.

### Figura 21

*Desplazamiento del soporte de unión*



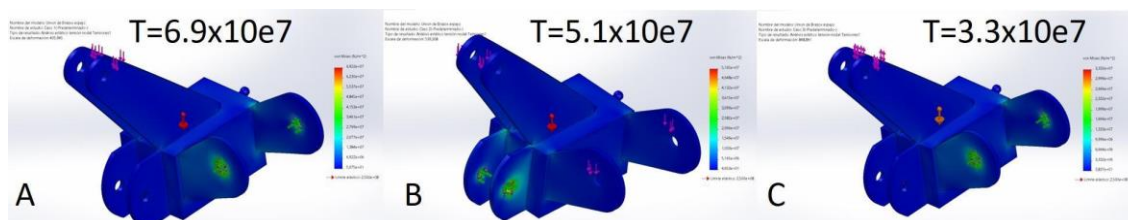
*Nota.* A) Caso 1 El desplazamiento mayor se ubica en la unión con el amortiguador, B) Caso 2 existe un desplazamiento en la unión con el brazo araña, y C) Caso 3 movimiento de la unión del amortiguador.

### Tensión máxima

Se ubica en el nexo del soporte de unión y el brazo araña, con un valor de  $6,9 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2}\right)$  mientras que el límite elástico del material es de  $2,5 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2}\right)$ , Figura 22.

### Figura 22

*Tensión máxima en el soporte de unión*



*Nota.* A) Caso 1 Valor de tensión elevada en la unión con el brazo araña, B) Caso 2 la unión con el brazo inferior aumenta la tensión en esta zona, y C) Caso 3 la mayor tensión se genera en la unión con el brazo araña.



El valor de tensión máxima encontrado en la pieza es de  $6,9 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2}\right)$  y un desplazamiento de  $0,069 \text{ (mm)}$  que dan como resultado un factor de seguridad mínimo de 3.6 el mismo que se interpreta como un correcto funcionamiento de la pieza individual en las condiciones de esfuerzo establecidas.

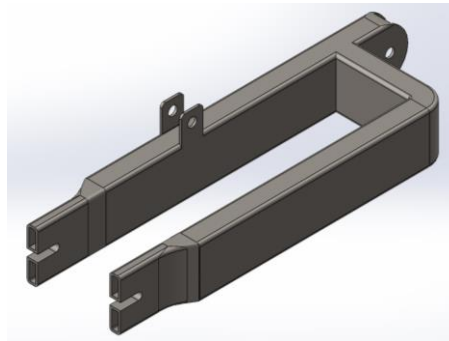
### **Brazo inferior**

**Diseño del brazo inferior.** Se genera un diseño de vínculo directo con el soporte de unión, el neumático seleccionado debe ensamblarse sin generar problemas en el movimiento.

Figura 23.

### **Figura 23**

*Brazo inferior 3D*



*Nota.* Se diseña el brazo en base al tamaño estándar de los motores E-Bike.

**Selección del material.** Se utiliza un tubo estructural rectangular de **70x40 (mm)**,  
Tabla 17.

**Análisis estático del brazo inferior.** Se analiza una carga de impacto con la aceleración de  $-11.2 \left(\frac{m}{s^2}\right)$  determinada, Figura 24.

**Figura 24**

Diagrama de cuerpo libre del brazo inferior



*Nota.* El círculo rojo muestra los elementos mecánicos unidos al brazo inferior que generarán una fuerza de reacción sobre el extremo del mismo.

$$\sum f_y = m \cdot a$$

$$-R + W = m \cdot a$$

$$-R + 103.005 = (10.5) \cdot (-11.2)$$

$$R = 220.605 \text{ N}$$

Se genera una lista de las cargas que se aplican en el brazo inferior, Tabla 20.

**Tabla 20**

*Cargas que soporta el brazo inferior*

<b>Cargas frontales</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Cargas</b>	<b>Masa Individual (Kg)</b>	<b>Fuerza (N)</b>
1	Neumáticos posteriores (motor)	10.00	8.10
1	Pernos, tuercas, cableado eléctrico, extras	0.50	4.91
	Total	10.50	103.01
<b>Cargas Posteriores</b>			

<b>Cantidad</b>	<b>Cargas</b>	<b>Masa Individual (Kg)</b>	<b>Fuerza (N)</b>
1	Cargas superiores	47.13	462.38

*Nota.* Las cargas laterales y centrales aplicadas en los elementos intervienen en los estudios de manera conjunta, enlazando cada pieza estructural de manera consecutiva.

Se analizan 3 casos de estudio que evitarán las posibles fallas del brazo inferior, Tabla 21.

**Tabla 21**

*Casos de estudio del brazo inferior*

	<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Caso 1</b>	Cargas	Frontal y trasera	-
	Puntos de fijación	Trasera (soporte de unión)	-
	Fuerzas de reacción	0	No existe fuerzas de reacción
<b>Caso 2</b>	Cargas	Frontal y trasera	-
	Puntos de fijación	Frontal (neumático)	-
	Fuerzas de reacción	0	No existe fuerzas de reacción
<b>Caso 3</b>	<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
	Cargas	Frontal y trasera	-

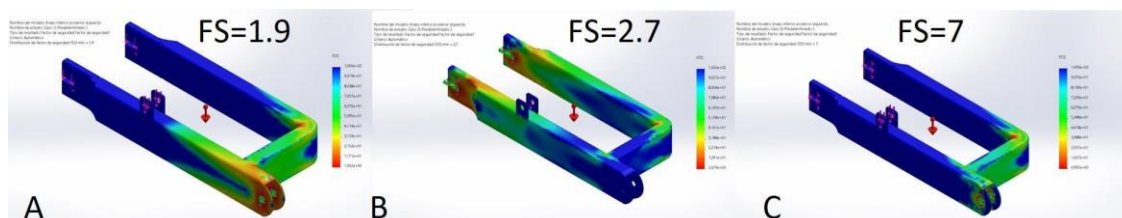
Dato	Valor	Observaciones
Puntos de fijación	Trasera (soporte de unión)	-
Fuerzas de reacción	220.61 N	Fuerza de reacción sobre la unión con el neumático

### Factor de Seguridad

El brazo inferior tiene un factor de seguridad mínimo de 1.9 en el caso 1, valor que supera el mínimo establecido para aceros de 1.5, Figura 25.

### Figura 25

*Factor de seguridad del brazo inferior*



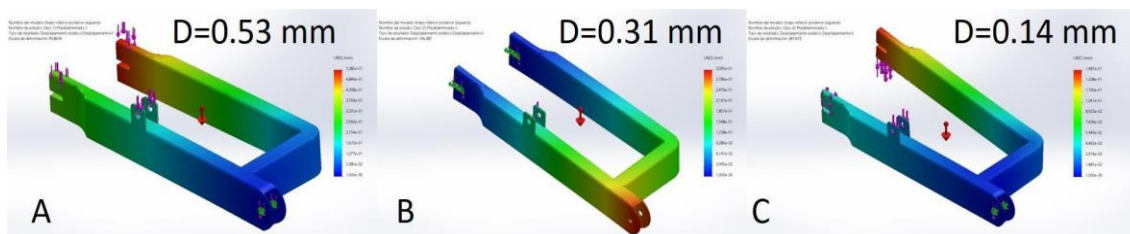
*Nota.* A) Caso 1 Se genera estrés sobre la unión con el soporte, B) Caso 2 La zona de unión con el neumático y motor es el mínimo F.S., y C) Caso 3 La zona de unión con el soporte genera picos de F.S.

### Desplazamiento máximo

El brazo inferior sufre un desplazamiento máximo de 0.53 mm para el caso 1 y se ubica en la unión con el neumático, Figura 26.

**Figura 26**

*Desplazamiento del brazo inferior*



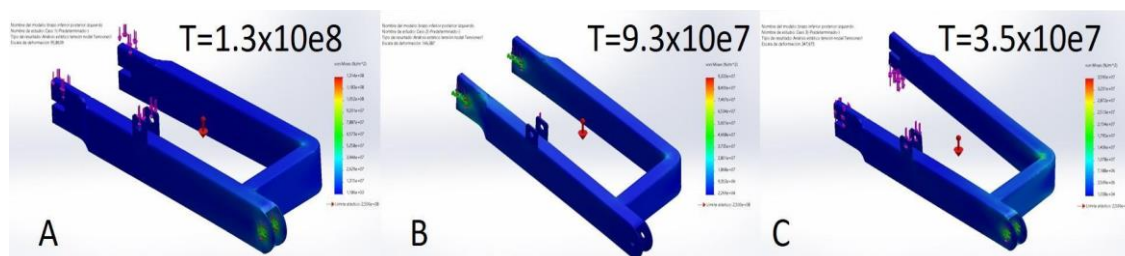
*Nota.* A) Caso 1 existe el mayor desplazamiento en la zona del neumático, B) Caso 2 existe un movimiento en la unión con el soporte de unión, y C) Caso 3 la unión con el neumático genera un desplazamiento en un trinche más que en el otro.

### Tensión máxima

El material seleccionado para el estudio del brazo inferior tiene un límite elástico de  $2,5 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2}\right)$  mientras que el máximo generado por las cargas directas es de  $1,3 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2}\right)$  en el caso 1 y se ubica en el vínculo hacia el soporte de unión, Figura 27.

**Figura 27**

*Tensiones en el brazo inferior*



*Nota.* A) Caso 1 la tensión máxima se genera en la unión con el soporte, B) Caso 2 los valores críticos de tensión se encuentran en la unión con el neumático, y C) Caso 3 El valor de tensión máxima se encuentra en la unión con el soporte de unión.

El valor de tensión máxima encontrado en la pieza es de  $1,3 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2}\right)$  y un desplazamiento de  $0,53 \text{ (mm)}$ , dan como resultado un factor de seguridad mínimo de 1.9 que

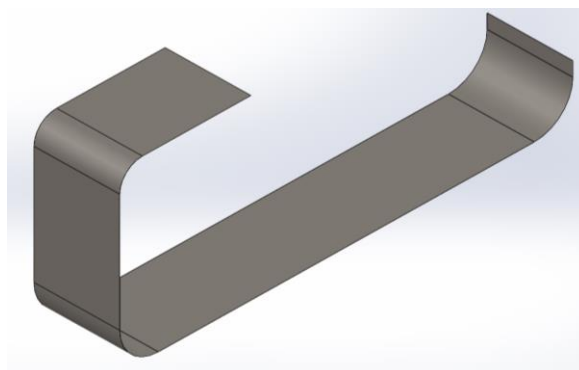
se interpreta como un correcto funcionamiento de la pieza individual en las condiciones de esfuerzo establecidas.

### **Piso**

**Diseño del piso.** Se realiza el diseño del piso como protección a los sistemas del Swincar y al conductor, Figura 28.

### **Figura 28**

*Piso 3D*



*Nota.* La figura muestra el piso con el plegado.

**Selección del material.** Se utiliza una plancha de tol **1(mm)** que cubre toda la zona baja del chasis, Tabla 22.

### **Tabla 22**

*Características de la plancha de tol*

<b>TOL 1(mm)</b>		
<b>Especificaciones generales</b>	Norma	NTE INEN 115
	Calidad	ASTM A653 / JIS G 3302
	Acabado	Acero galvanizado
<b>Dimensiones</b>	Sección transversal ( $cm^2$ )	12.20
	Espesor (mm)	1.00

---

**TOL 1(mm)**

---

Peso  $\frac{kg}{plancha}$

23.37

---

*Nota.* Las especificaciones completas del material se encuentran en el Anexo I.

El piso no está sometido a esfuerzos por tanto no se realiza el análisis estático. Las cargas se distribuyen en las piezas anteriormente mostradas, y el piso se encarga de la protección del cableado eléctrico.

Los planos mecánicos detallados de las piezas diseñadas para el prototipo Swincar se ubican en el Anexo J.

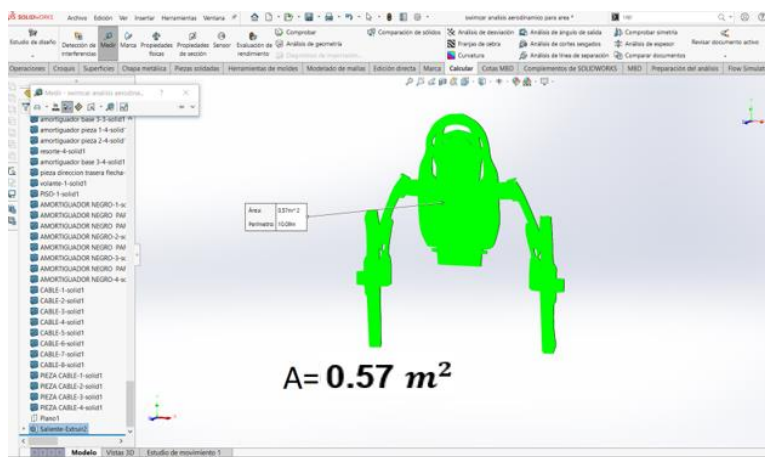
### **Análisis del Swincar con la normativa INEN 1323.2009**

Es necesario determinar un estudio aerodinámico preliminar con un valor de velocidad máxima de estudio de  $45 \left(\frac{Km}{h}\right)$  debido a que se asume el 50% de la velocidad máxima del prototipo  $30 \left(\frac{Km}{h}\right)$  para asegurar el diseño.

Se determina el área frontal del prototipo Swincar para obtener una fuerza frontal del aire, Figura 29.

### **Figura 29**

*Área frontal del estudio aerodinámico*



*Nota.* En la figura se muestra un valor de área de  $0.57 m^2$ , sin incluir al conductor.

El estudio aerodinámico demuestra el comportamiento del aire sobre el prototipo Swincar y cómo afecta la fuerza requerida para genera un movimiento del mismo. Figura 30.

### Figura 30

#### Comportamiento Aerodinámico del Prototipo Swincar



*Nota.* Las líneas rojas representan el aire no obstruido por el vehículo generando una máxima velocidad de 45 km/h, mientras que las zonas con vórtices y líneas azules generan un aumento en la fuerza necesaria para el movimiento del prototipo Swincar.

Una vez realizado el estudio, el software genera un reporte de Excel con los datos de las fuerzas mínimas, promedios y máximas, Tabla 23.

### Tabla 23

*Valores obtenidos del estudio aerodinámico*

Meta	Valor promedio (N)	Valor mínimo (N)	Valor máximo (N)
GG Force (Z)	-22.10	-24.69	-21.10

*Nota.* Dada la dirección del eje, se genera un resultado con signo negativo el cual indica la dirección de la fuerza, por lo que la máxima fuerza es de 24.69 N.

Con la determinación previa se realiza una tabla con las cargas principales para los diferentes casos de estudio que detalla la normativa INEN 1323 2009, Tabla 27.



**Tabla 24**

Valores obtenidos para las cargas según el caso de estudio

<b>Símbolo</b>	<b>Definición</b>	<b>Datos</b>	<b>Carga (N)</b>
M	Carga Muerta	$mM = 138.56 \text{ Kg}$ <hr/> $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$	1359.30
V	Carga viva	$mV = 70.00 \text{ Kg}$ <hr/> $mE = 5.00 \text{ Kg}$ <hr/> $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$	735.75
Ab	Carga de aceleración brusca	$mT = 213.56 \text{ Kg}$ <hr/> $a = 4.00 \frac{m}{s^2}$	854.25
F	Carga de frenado	$mT = 213.56 \text{ Kg}$ <hr/> $a = 4.00 \frac{m}{s^2}$	854.25
G	Carga de giro	$mT = 213.56 \text{ Kg}$ <hr/> $v = 12.50 \frac{m}{s}$ <hr/> $Rc = 67.50 \text{ m}$	494.36
Raf	Carga por resistencia del aire frontal	$p = 1.25 \frac{\text{Kg}}{m^3}$ <hr/> $v = 12.50 \frac{m}{s}$ <hr/> $A = 0.57 \text{ m}^2$ <hr/> $cx = 0.44$	24.69

Nota. El valor de cx se obtuvo del estudio aerodinámico con la fuerza obtenida del software

Se utilizó el valor de longitud máxima de eje a eje del vehículo con un valor de 1654.14 mm para determinar las elongaciones, se aplican las cargas según la norma INEN 1323 2009, pruebas ASD y LRFD. La norma permite una elongación máxima de  $\frac{1}{240}$  veces la longitud del vehículo; la deformación permitida es de 6.89 mm.

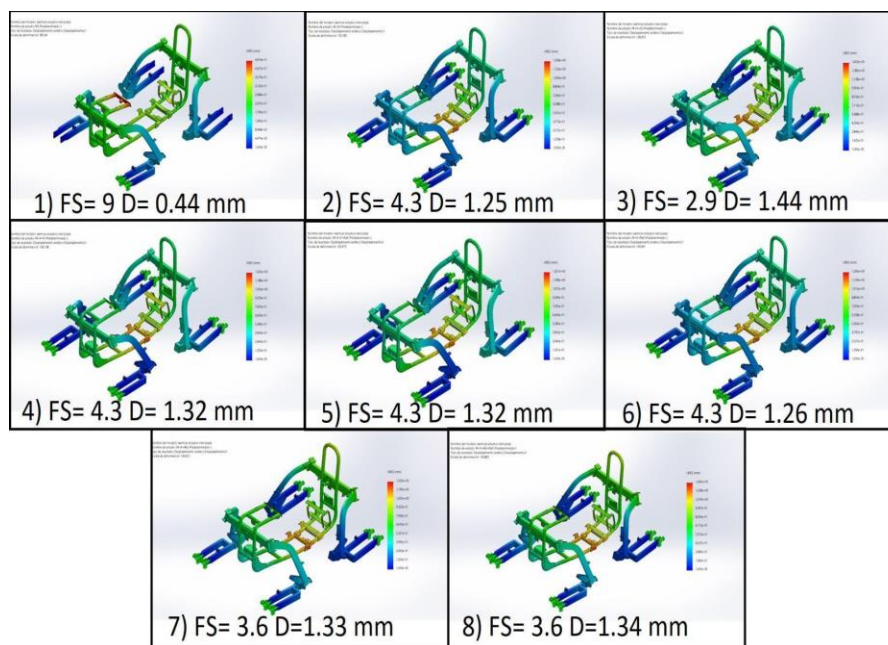
Las pruebas ASD tienen un cumplimiento en su totalidad, Tabla 25.

**Tabla 25**

*Resultados de pruebas ASD*

	<b>ASD</b>	<b>FS</b>	<b>Desplazamiento (mm)</b>	<b>elongación máxima (mm)</b>	<b>Cumplimiento de la norma</b>	<b>Figura</b>
1	<i>M</i>	9.00	0.44	6.89	<b>CUMPLE</b>	Figura 31.1
2	<i>M + V</i>	4.30	1.25	6.89		Figura 31.2
3	<i>M + V + G</i>	2.90	1.44	6.89		Figura 31.3
4	<i>M + V + F</i>	4.30	1.32	6.89		Figura 31.4
5	<i>M + V + F + Raf</i>	4.30	1.32	6.89		Figura 31.5
6	<i>M + V + Raf</i>	4.30	1.26	6.89		Figura 31.6
7	<i>M + V + Ab</i>	3.60	1.33	6.89		Figura 31.7
8	<i>M + V + Ab + Raf</i>	3.60	1.34	6.89		Figura 31.8

Son 8 casos de estudio ASD de la normativa INEN 1323:2009 que fueron analizados, Figura 31.

**Figura 31***Pruebas ASD*

*Nota.* Se demuestra las diferentes elongaciones que se generan sobre el diseño aplicando las pruebas ASD sobre el diseño, cumpliendo la normativa INEN 1323 2009.

Las pruebas LRFD tienen un cumplimiento en su totalidad, Tabla 26.

**Tabla 26***Pruebas LRFD*

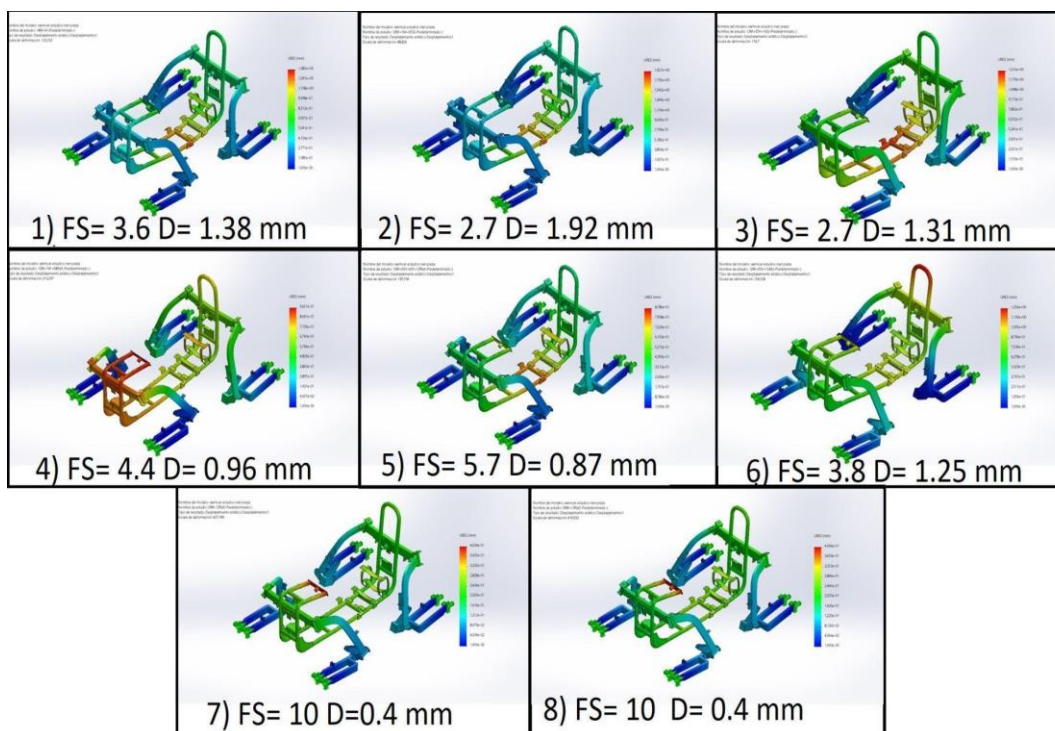
	<b>LRFD</b>	<b>FS</b>	<b>Desplazamiento (mm)</b>	<b>Elongación máxima (mm)</b>	<b>Cumplimiento de la norma</b>	<b>Figura</b>
1	1.4M + V	3.60	1.38	6.89		Figura 32.1
2	1.2M + 1.6V + 0.5G	2.70	1.92	6.89	CUMPLE	Figura 32.2
3	1.2M + 0.5V + 1.6G	2.70	1.31	6.89		Figura 32.3

	LRFD	FS	Desplazamiento ( <i>mm</i> )	Elongación máxima ( <i>mm</i> )	Cumplimiento de la norma	Figura
4	$1.2M$ $+ 1.6F$ $+ 0.8Raf$	4.40	0.96	6.89		Figura 32.4
5	$1.2M$ $+ 0.5V$ $+ 0.5F$ $+ 1.3Raf$	5.70	0.87	6.89		Figura 32.5
6	$1.2M$ $+ 1.5Ab$ $+ 0.5V$	3.80	1.25	6.89		Figura 32.6
7	$0.9M$ $- 1.3Raf$	10.00	0.40	6.89		Figura 32.7
8	$0.9M$ $+ 1.3Raf$	10.00	0.40	6.89		Figura 32.8

Son 8 casos de estudio LRFD de la normativa INEN 1323:2009 que fueron analizados, Figura 32.

Figura 32

Pruebas LRFD



*Nota.* Se demuestra los valores de desplazamientos máximos en cada prueba LRFD sobre el mismo diseño cumpliendo la Normativa INEN 1323 2009

Se realiza un análisis general de las piezas individuales contemplando valores adecuados de factor de seguridad que supere el 1.5 para aceros y que la tensión máxima no supere  $2.8 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2}\right)$ , Tabla 27.

Tabla 27

*Resumen de los componentes diseñados*

Componente	Factor de seguridad mínimo	Rango adecuado	Tensión máxima $\left(\frac{N}{m^2}\right)$	Rango adecuado $\left(\frac{N}{m^2}\right)$	Cumplimiento	Desplazamiento máximo (mm)
Chasis	5.1	>1.5	$4.8 \times 10^7$	$< 2.8 \times 10^8$	Sí cumple	0.94

Componente	Factor de seguridad mínimo	Rango adecuado	Tensión máxima ( $\frac{N}{m^2}$ )	Rango adecuado ( $\frac{N}{m^2}$ )	Cumplimiento	Desplazamiento máximo (mm)
Brazo de anclaje	25	>1.5	$1.7 \times 10^7$	$< 2.8 \times 10^8$		0.04
Brazo araña	6	>1.5	$4.1 \times 10^7$	$< 2.8 \times 10^8$		0.80
Soporte de unión	3.6	>1.5	$6.9 \times 10^7$	$< 2.8 \times 10^8$		0.07
Brazo inferior	1.9	>1.5	$1.3 \times 10^8$	$< 2.8 \times 10^8$		0.53

*Nota.* El valor crítico de 1.9 implica que el diseño soportara un 90% extra que la carga diseñada originalmente.

### Construcción del prototipo


Concluido el diseño, la selección del material y los respectivos análisis, se detallan los diagramas de procesos propuestos para la construcción de cada pieza diseñada, al ser el primer prototipo, se evidencian pasos a seguir, tiempos de operación y actividades que incluyen: operaciones, inspecciones, transporte, almacenamiento y actividades que generan retrasos.

### Chasis

Cuenta con un tiempo total de ejecución de 3h45min propuestos en 7 pasos, Figura 33.

Figura 33

## Método de manufactura del chasis

DIAGRAMA DE PROCESOS PARA UN MÉTODO DE MANUFACTURA DE LA ESTRUCTURA CENTRAL DEL PROTOTIPO SWINCAR															
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE		Estructura Central													
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN		Método de manufactura de la estructura central													
RESUMEN		NUM	TIEMPO									Realizado por:			
●	Operación	4	130	min								Yolanda Amores		Gilmar Berzosa	
■	Inspección	2	30	min											
→	Transporte	3	40	min											
▼	Almacenamiento	1	10	min											
●	Retraso	1	15	min											
Pasos	Detalles del proceso	Opera- ción	Inspección	Trans- porte	Almacena- miento	Retraso	Dist. (m)	Cantidad	Tiempo (min)	Observaciones					
1	Obtención del tubo estructural redondo de 1 1/2 in	○	□	→	▽	○	2000	1	15	Transporte hacia la empresa de adquisición					
2	Transporte de los tubos hasta la máquina dobladora	○	□	→	▽	○	2000	1	15	Transporte desde la empresa hacia la máquina dobladora					
3	Doblado de los tubos para la estructura central	●	□	→	▽	○		1	90	Doblado de tubos acorde a los planos de construcción					
4	Recorte de exceso de tubo estructural	●	□	→	▽	○		1	10	Recorte del exceso acorde a la medida de los planos de diseño					
5	Revisión de medidas y tolerancias	●	■	→	▽	○		1	15	Revisión de tolerancias acorde al plano de diseño					
6	Correcciones de dimensiones acorde al diseño	●	■	→	▽	●		1	15	Si no cumple las medidas de tolerancia, rectificar					
7	Terminado del proceso de doble y corte		□	→	▼	○	500	1	10	Transporte desde la dobladora hacia el lugar de destino					


*Nota.* En la figura se muestra la secuencia del proceso de manufactura del chasis, se detallan los tiempos de ejecución.

**Brazo de anclaje**

Cuenta con un tiempo de ejecución de 3h45min y 8 pasos para cada pieza, dando un total de 7h30 y 16 pasos, Figura 34.

Figura 34

Método de manufactura del brazo de anclaje

DIAGRAMA DE PROCESOS PARA UN MÉTODO DE MANUFACTURA DEL BRAZO DE ANCLAJE DEL PROTOTIPO SWINCAR													
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE		Brazo de anclaje											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN		Método de manufactura del brazo de anclaje											
RESUMEN		NUM	TIEMPO							Realizado por:			
●	Operación	5	135	min						Yolanda Amores		Gilmar Berzosa	
■	Inspección	3	35	min									
→	Transporte	2	30	min									
▼	Almacenamiento	1	10	min									
⬇	Retraso	1	15	min									
Pasos	Detalles del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Almacenamiento	Retraso	Dist. (m)	Cantidad	Tiempo (min)	Observaciones			
1	Obtención del tubo estructural rectangular de 80x40x4	○	□	→	▽	⬇	2000	1	15	Transporte hacia la empresa de adquisición			
2	Transporte de los tubos hasta la MÁQUINA DE CORTE	○	□	→	▽	⬇	2000	1	15	Transporte desde la empresa hacia la máquina de corte			
3	Corte de los brazos de anclaje	●	□	→	▽	⬇		2	60	Corte de los brazos de anclaje acorde a los planos de diseño			
4	Revisión de medidas y tolerancias	●	■	→	▽	⬇		2	15	Revisión de tolerancias acorde al plano de diseño			
5	Correcciones de dimensiones acorde al diseño	●	■	→	▽	⬇		2	15	Si no cumple las medidas de tolerancia, rectificar			
6	Soldadura de perfil laminado UPN 120	●	□	→	▽	⬇		4	40	Soldadura del perfil para uniones de movilidad			
7	Inspección de cordón de soldadura	●	■	→	▽	⬇		4	5	Inspección visual del cordón de soldadura			
8	Terminado del proceso de corte	○	□	→	▽	⬇		2	10	Terminado y almacenamiento de los brazos de anclaje			

*Nota.* En la figura se muestra la secuencia del proceso de manufactura del brazo de anclaje, se detallan los tiempos de ejecución.


### Brazo araña

Se requirió un tiempo de 6h45min en 9 pasos, al ser 4 las piezas construidas el tiempo total de ejecución fue de 27h y 36 pasos, Figura 35.



Figura 35

## Método de manufactura del brazo araña

DIAGRAMA DE PROCESOS PARA UN MÉTODO DE MANUFACTURA DEL BRAZO ARAÑA DEL PROTOTIPO SWINCAR													
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE		Brazo araña											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN		Método de manufactura del brazo araña											
RESUMEN		NUM	TIEMPO							Realizado por:			
●	Operación	6	310	min						Yolanda Amores		Gilmar Berzosa	
■	Inspección	3	40	min									
→	Transporte	2	30	min									
▼	Almacenamiento	1	10	min									
⬇	Retraso	1	15	min									
Pasos	Detalles del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Almacena miento	Retraso	Dist. (m)	Cantidad	Tiempo (min)	Observaciones			
1	Obtención del tubo estructural rectangular de 70x30x2	○	□	→	▽	⬇	2000	1	15	Transporte hacia la empresa de adquisición			
2	Transporte de los tubos hacia el taller	○	□	→	▽	⬇	2000	1	15	Transporte desde la empresa hacia el taller			
3	Doblado de los tubos para el brazo araña	●	□	→	▽	⬇		4	180	Proceso de manufactura artesanal acorde a un molde 1:1 del plano			
4	Recorte de exceso de tubo estructural	●	□	→	▽	⬇		4	10	Recorte del exceso acorde a la medida de los planos de diseño			
5	Revisión de medidas y tolerancias	●	■	→	▽	⬇		4	15	Revisión de tolerancias acorde al molde 1:1 del plano de diseño			
6	Correcciones de dimensiones acorde al diseño	●	■	→	▽	⬇		4	15	Si no cumple las medidas de tolerancia, rectificar			
7	Soldadura de perfil laminado UPN 120	●	□	→	▽	⬇		8	80	Soldadura del perfil para uniones de movilidad			
8	Inspección de cordón de soldadura	●	■	→	▽	⬇		8	10	Inspección visual del cordón de soldadura			
9	Terminado del proceso de doble y corte	○	□	→	▽	⬇		4	10	Terminado y almacenamiento de los brazos araña			

*Nota.* En la figura se muestra la secuencia del proceso de manufactura del brazo araña, se detallan los tiempos de ejecución.

**Soporte de unión**

Cuenta con un tiempo de 4h50min y 9 pasos, al tener 4 piezas en el prototipo el tiempo total de ejecución es de 13h30 y 36 pasos, Figura 36.

Figura 36

Método de manufactura del soporte de unión

DIAGRAMA DE PROCESOS PARA UN MÉTODO DE MANUFACTURA DEL SOPORTE DE UNIÓN DE LOS BRAZOS DEL PROTOTIPO SWINCAR													
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE		Soporte de unión											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN		Método de manufactura del soporte de unión											
RESUMEN		NUM	TIEMPO							Realizado por:			
●	Operación	6	150	min						Yolanda Amores		Gilmar Berzosa	
■	Inspección	3	40	min									
→	Transporte	2	30	min									
▼	Almacenamiento	1	10	min									
⬇	Retraso	1	15	min									
Pasos	Detalles del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Almace- nado	Retraso	Dist. (m)	Canti- dad	Tiem- po (min)	Observaciones			
1	Obtención del tubo estructural rectangular de 75x75x4	○	□	→	▽	⬇	2000	1	15	Transporte hacia la empresa de adquisición			
2	Transporte de los tubos hacia el taller	○	□	→	▽	⬇	2000	1	15	Transporte desde la empresa hacia el taller			
3	Corte de los tubos para la pieza de unión de los brazos	●	□	→	▽	⬇		4	20	Corte de la pieza de unión acorde a los planos de diseño			
4	Recorte de exceso de tubo estructural	●	□	→	▽	⬇		4	10	Recorte del exceso acorde a la medida de los planos de diseño			
5	Revisión de medidas y tolerancias	●	■	→	▽	⬇		4	15	Revisión de tolerancias acorde al plano de diseño			
6	Correcciones de dimensiones acorde al diseño	●	■	→	▽	⬇		4	15	Si no cumple las medidas de tolerancia, rectificar			
7	Soldadura de placas de unión espesor 5mm	●	□	→	▽	⬇		24	80	Soldadura de placas diseñadas para uniones de movilidad			
8	Inspección de cordón de soldadura	●	■	→	▽	⬇		24	10	Inspección visual del cordón de soldadura			
9	Terminado del proceso de corte y soldadura	○	□	→	▽	⬇		4	10	Terminado y almacenamiento de las piezas de unión			

*Nota.* En la figura se muestra la secuencia del proceso de manufactura del soporte de unión, se detallan los tiempos de ejecución.

### Brazo inferior

Se requirió un tiempo de 3h15min y 9 pasos, al ser 4 las piezas construidas el tiempo total de ejecución fue de 13h y 36 pasos, Figura 37.

Figura 37

Método de manufactura del brazo inferior

DIAGRAMA DE PROCESOS PARA UN MÉTODO DE MANUFACTURA DEL BRAZO INFERIOR DEL PROTOTIPO SWINCAR													
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE		Brazo inferior											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN		Método de manufactura del brazo inferior											
RESUMEN		NUM	TIEMPO							Realizado por:			
●	Operación	6	105	min						Yolanda Amores		Gilmar Berzosa	
■	Inspección	3	35	min									
→	Transporte	2	30	min									
▼	Almacenamiento	1	10	min									
⬇	Retraso	1	15	min									
Pasos	Detalles del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Almacenamiento	Retraso	Dist. (m)	Cantidad	Tiempo (min)	Observaciones			
1	Obtención del tubo estructural rectangular de 70x30X2	○	□	→	▼	⬇	2000	1	15	Transporte hacia la empresa de adquisición			
2	Transporte de los tubos hacia el taller	○	□	→	▼	⬇	2000	1	15	Transporte desde la empresa hacia el taller			
3	Corte de los tubos para los brazos inferiores	●	□	→	▼	⬇		4	20	Corte de los brazos inferiores acorde a los planos de diseño			
4	Recorte de exceso de tubo estructural	●	□	→	▼	⬇		4	10	Recorte del exceso acorde a la medida de los planos de diseño			
5	Revisión de medidas y tolerancias	●	■	→	▼	⬇		4	15	Revisión de tolerancias acorde al plano de diseño			
6	Correcciones de dimensiones acorde al diseño	●	■	→	▼	⬇		4	15	Si no cumple las medidas de tolerancia, rectificar			
7	Soldadura de perfil laminado UPN 120	●	□	→	▼	⬇		4	40	Soldadura del perfil para uniones de movilidad			
8	Inspección de cordón de soldadura	●	■	→	▼	⬇		4	5	Inspección visual del cordón de soldadura			
9	Terminado del proceso de corte	○	□	→	▼	⬇		4	10	Terminado y almacenamiento de los brazos inferiores			


*Nota.* En la figura se muestra la secuencia del proceso de manufactura del brazo inferior, se detallan los tiempos de ejecución.

### Piso

Cuenta con un tiempo total de ejecución de 2h25min y 7 pasos, Figura 38.

Figura 38

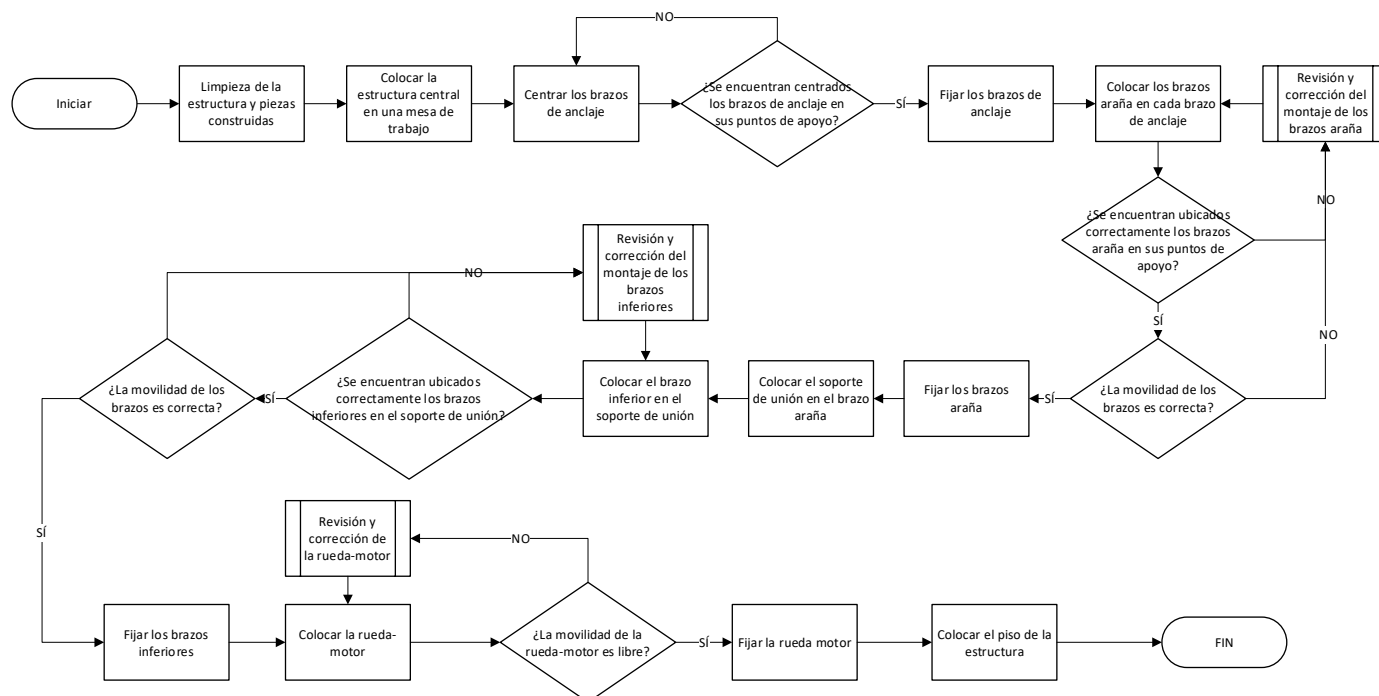
## Método de manufactura del piso

DIAGRAMA DE PROCESOS PARA UN MÉTODO DE MANUFACTURA DEL PISO DEL PROTOTIPO SWINCAR												
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE		Piso									Realizado por: Yolanda Amores Gilmar Berzosa	
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN		Método de manufactura del piso										
RESUMEN	NUM	TIEMPO										
●	Operación	4	60	min								
■	Inspección	2	30	min								
→	Transporte	2	30	min								
▼	Almacenamiento	1	10	min								
⬇	Retraso	1	15	min								
Pasos	Detalles del proceso	Opera ción	Inspec ción	Trans porte	Almac enami ento	Retras o	Dist. (m)	Cantid ad	Tiemp o (min)	Observaciones		
1	Obtención de la plancha de tol galvanizado	○	□	→	▼	⬇	2000	1	15	Transporte hacia la empresa de adquisición		
2	Transporte de la plancha hacia el taller	○	□	→	▼	⬇	2000	1	15	Transporte desde la empresa hacia el taller		
3	Corte y rolado de la plancha para el piso	●	□	→	▼	⬇		4	20	Corte de la plancha para el piso y rolado acorde los planos de diseño		
4	Recorte de exceso de plancha	●	□	→	▼	⬇		4	10	Recorte del exceso acorde a la medida de los planos de diseño		
5	Revisión de medidas y tolerancias	●	■	→	▼	⬇		4	15	Revisión de tolerancias acorde al plano de diseño		
6	Correcciones de dimensiones acorde al diseño	●	■	→	▼	⬇		4	15	Si no cumple las medidas de tolerancia, rectificar		
7	Terminado del proceso de corte	○	□	→	▼	⬇		4	10	Terminado y almacenamiento de la plancha para el piso		

*Nota.* En la figura se muestra la secuencia del proceso de manufactura del piso, se detallan los tiempos de ejecución.

## Montaje de los elementos estructurales

### Diagrama de flujo del proceso de montaje de los elementos construidos



## Implementación de sistemas

Se detallan los sistemas automotrices necesarios para el funcionamiento efectivo del prototipo.

### **Sistema de propulsión eléctrica**

Se optó por dos kits de motores eléctricos para bicicleta, mismos que se dividen en dos subsistemas: subsistema de potencia y subsistema de energía.

#### **Subsistema de potencia**

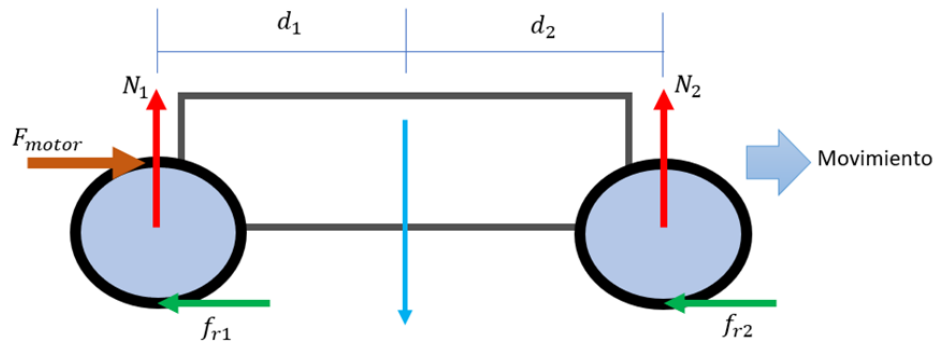
##### **Selección de motor**

Se debe seleccionar el coeficiente de resistencia a la rodadura acorde al terreno para el cual fue diseñado el prototipo Swincar como es la hierba, el barro y la arena, Anexo H.

La selección de motor inicia con un diagrama de cuerpo libre en el que se detallan las fuerzas de acción al iniciar el movimiento, Figura 39.

**Figura 39**

Diagrama de cuerpo libre para el prototipo



Nota. En la figura se analizan las fuerzas de acción y reacción sobre las ruedas de un lado del vehículo.

El resultado es la fuerza necesaria de cada motor para lograr mover la estructura del prototipo Swincar y al ocupante, se basa en la Figura 3 y en la Ecuación 10, considerando la velocidad máxima que se desea alcanzar en un tiempo mínimo requerido.

Análisis del diagrama de cuerpo libre.

$$\sum f_x = m * a_x$$

$$F_{motor} - f_{r1} - f_{r2} = m * \frac{V_{max}}{t_{min}}$$

Aplicación de la ecuación 10 para movimiento con resistencia a la rodadura.

$$F_{motor} = m * \frac{V_{max}}{t_{min}} + \frac{N_1 * b}{r} + \frac{N_2 * b}{r}$$

$$F_{motor} = m * \frac{V_{max}}{t_{min}} + \frac{b}{r} (N_1 + N_2) \text{ con } N_1 + N_2 = W$$

Se analiza cada motor, es decir, para la mitad de la estructura.

$$F_{motor} = m * \frac{V_{max}}{t_{min}} + \frac{b}{r} (W) \text{ con } W = \frac{m_{carro} * g}{2}$$

$$F_{motor} = \frac{m}{2} * \frac{V_{max}}{t_{min}} + \frac{b}{r} \left( \frac{m_{carro} * g}{2} \right)$$

$$F_{motor} = \frac{m_{carro}}{2} * \left( \frac{V_{max}}{t_{min}} + \frac{b * g}{t} \right)$$

Con la ecuación 11 se determina el torque necesario para la selección de un motor disponible en el mercado nacional:

$$T_{motor} = F_{motor} * d$$

Reemplazo de la distancia por el radio r:

$$T_{motor} = F_{motor} * r$$

Los datos requeridos para la selección se especifican en la Tabla 28.

**Tabla 28**

*Datos para determinar el torque del motor*

<b>Dato requerido</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Velocidad máxima ( $V_{m\acute{a}x}$ )	8.33	$\frac{Km}{h}$
Tiempo mínimo ( $t_{mín}$ )	10.00	s
Coeficiente de rodadura ( $b$ )	–	mm
Radio del neumático ( $r$ )	10.50	in
Gravedad ( $g$ )	9.81	$\frac{m}{s^2}$
Masa ( $m$ )	425.00	Kg

*Nota.* El valor de tiempo mínimo se asume para llegar a una velocidad de 8.33 en 10s.

Reemplazando datos en la ecuación

$$F_{motor} = \frac{m_{carro}}{2} * \left( \frac{V_{max}}{t_{min}} + \frac{b * g}{t} \right)$$

$$T_{motor} = \frac{\frac{m_{carro}}{2} * \left( \frac{V_{max}}{t_{min}} + \frac{b * g}{t} \right)}{r}$$

Para cada uno de los valores de coeficiente de rodadura se aplicó la fórmula del torque y se determinaron los resultados, Tabla 29.

**Tabla 29**

*Resultados para cada coeficiente de resistencia a la rodadura*

<b>Características de terreno</b>	<b>b (m)</b>	<b>b (mm)</b>	<b>F (N)</b>	<b>T (Nm)</b>	<b>V angular (<math>\frac{rad}{s}</math>)</b>
Losas de piedra	0.01	0.00001	177.16	47.25	31.75
	0.015	0.000015	177.20	47.26	31.74
Hormigón	0.02	0.00002	177.24	47.27	31.73
Alquitrán o asfalto	0.03	0.00003	177.32	47.29	31.72
	0.035	0.000035	177.36	47.30	31.71
Hierba, barro y arena	0.055	0.000055	177.51	47.34	31.68
	0.065	0.000065	177.59	47.36	31.67

*Nota.* La tabla indica que para cumplir con los requerimientos mencionados en la tabla 28 de datos, se necesita al menos 47.36 Nm en cada motor.

Se seleccionaron dos motores eléctricos sin escobillas, los cuales cuentan con una potencia nominal de 1500 W y un torque de fábrica de 75,53 Nm. Sus especificaciones se muestran en la Tabla 30.



**Tabla 30***Características técnicas del motor.*

Potencia ( <i>W</i> )	1500.00
Torque ( <i>Nm</i> )	75.53
Voltaje ( <i>V</i> )	48.00
Tipo	Sin escobillas
Peso ( <i>Kg</i> )	7.00
Sensor Hall ( <i>Set</i> )	1.00

*Nota.* Datos del motor entregados por el vendedor.

**Controlador.** Se utilizó un controlador DC Moto controller by Lithium Battery incluido en el kit de conversión. Tabla 31.

**Tabla 31***Características y dimensiones del controlador*

Voltaje ( <i>V</i> )	36 / 48 DC
Intensidad de corriente ( <i>A</i> )	35 ± 1

*Nota.* Datos técnicos del controlador obtenidos en el kit.

**Conductores eléctricos del circuito.** El dimensionamiento para los conductores se realizó con base en las características del motor, teniendo una potencia máxima de 1500 watts y el calibre de los bobinados internos de sección transversal de **2 (mm<sup>2</sup>)**.

Con los datos de tensión eléctrica y potencia de los motores, se encontró la intensidad de corriente máxima que circula por el circuito, Ecuación 2.

$$P = V * I$$

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

$$I = \frac{1500 \text{ W}}{48 \text{ V}}$$

$$I = 31.25 \text{ A}$$

Con la intensidad de corriente máxima obtenida de 31.25 A se determinó que el cable a utilizar es de calibre 12 que resiste hasta 40 amperios, Anexo D – grupo B.

### **Selección del fusible**

Se emplea la Ecuación 3 para encontrar la corriente máxima admisible

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_b = 31.25 \text{ A}$$

$$I_z = 40 \text{ A}$$

Para cumplir la desigualdad se seleccionó un fusible comercial con una intensidad de corriente nominal normalizada de 40 A, Tabla 6.

$$I_n = 40 \text{ A}$$

Acorde a la Tabla 7 se utilizó la ecuación de intensidad de corriente convencional de fusión.

$$I_f = 1.6 * I_n$$

$$I_f = 1.6 * 40 \text{ A}$$

$$I_f = 64 \text{ A}$$

Con la ecuación 4 se comprueba el amperaje máximo para el fusible sea correcto según la desigualdad.

$$I_f \leq 1.6 * I_z$$

$$64 \text{ A} \leq 1.6 * 40 \text{ A}$$

$$64 \text{ A} \leq 64 \text{ A}$$

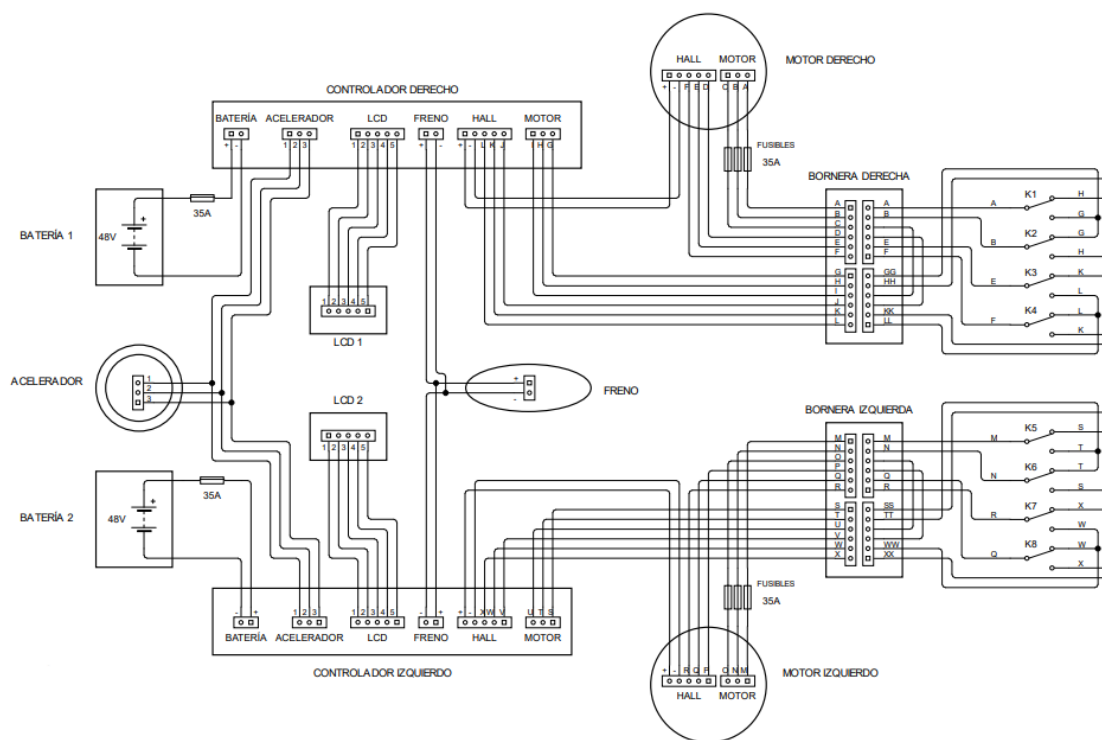
La desigualdad se cumple, el circuito puede soportar cargas eléctricas equivalentes al 145% de la intensidad de corriente máxima admisible.

Como resultado, el fusible de 40 A es el adecuado para la protección del sistema, cumpliendo con un factor de seguridad de 1.45.

**Diagrama de conexión eléctrica.** Las conexiones eléctricas se colocaron en la zona central bajo el asiento, allí se conectan las baterías, pantallas LCD, controladores, motores, el acelerador y el interruptor del freno. Bajo el volante se conectaron 8 interruptores unidos en una palanca de accionamiento para invertir la polaridad de los motores, consiguiendo la marcha hacia adelante o atrás, Figura 40.

### Figura 40

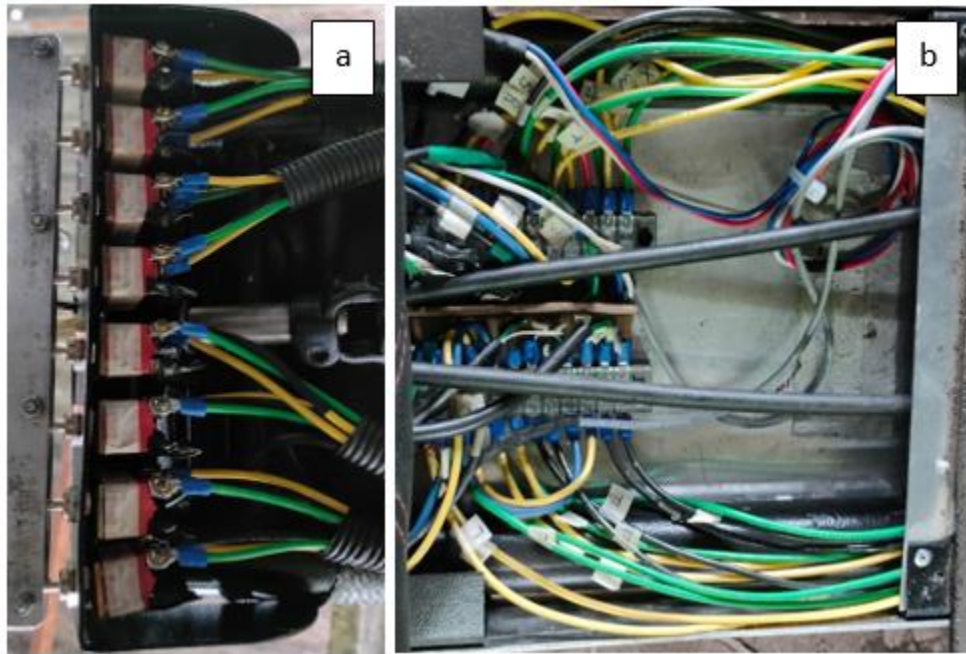
*Diagrama de conexión eléctrica*



*Nota.* La figura representa un esquema general del diagrama eléctrico implementado.

Las conexiones reales realizadas se encuentran en la parte inferior del asiento, debajo del piso y en la parte baja del volante, Figura 41.

El plano eléctrico detallado se encuentra en el Anexo K.

**Figura 41***Conexiones eléctricas*

*Nota.* Figura 41.a: Conexiones eléctricas bajo el volante unidas a la palanca de cambio de marcha. Figura 43.b: Conexiones eléctricas bajo el asiento.

***Subsistema de energía***

**Batería.** Se seleccionó una batería de Ion – Litio, Figura 42.

**Figura 42***Batería Ion-Litio*

*Nota.* Batería instalada en el prototipo Swincar

Cualidades de la batería seleccionada, Tabla 32.

**Tabla 32***Características de la batería*

Voltaje (V)	48.00
Capacidad (Ah)	13.00
Tiempo de carga (h)	6.00
Temperatura Máxima (°C)	45.00
Intensidad de corriente en trabajo normal (A)	10.00
Intensidad de corriente máxima (A)	18.00
Ciclos de utilidad	≥ 500.00

*Nota.* Los ciclos de utilidad varían según el mal uso de las baterías.

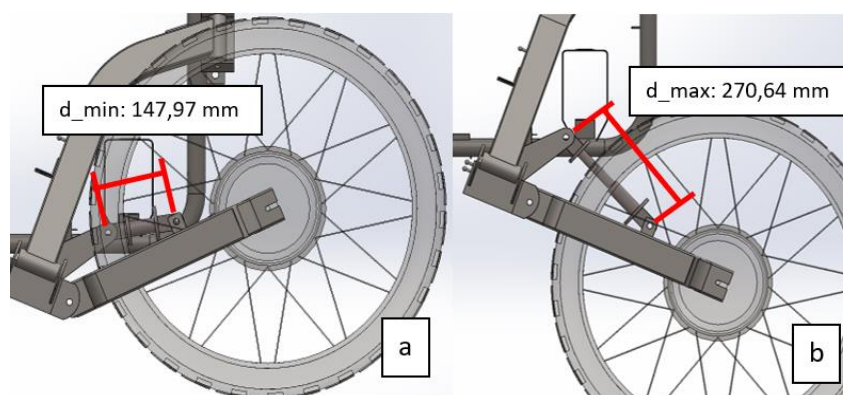
**Sistema de suspensión**

Suspensión individual para cada brazo de conjunto muelle y amortiguador.

**Selección del sistema de amortiguación.** Se considera la masa que va a soportar en cada brazo del prototipo, Tabla 9 y las distancias mínima y máxima para la compresión y expansión del amortiguador al momento de su funcionamiento, Figura 43.

**Figura 43**

*Simulación de suspensión comprimida y expandida*



*Nota.* a) suspensión comprimida b) Suspensión expandida

El desplazamiento requerido es la diferencia entre los valores de las distancias.

$$\text{Desplazamiento requerido} = 270.64 \text{ (mm)} - 147.97 \text{ (mm)}$$

$$\text{Desplazamiento requerido} = 122.67 \text{ (mm)}$$

Este valor se divide por un factor de seguridad de 1.5 para asegurar que durante el movimiento no exista impacto entre las piezas mecánicas.

$$\text{Desplazamiento requerido} = \frac{122.67}{1.5} \text{ (mm)}$$

$$\text{Desplazamiento requerido} = 81.78 \text{ (mm)}$$

Con la masa total

$$m = 213.563 \text{ (Kg)}$$

Se divide el peso para el número de amortiguadores

$$m_{\text{amortiguador}} = \frac{21.563}{4} \text{ (Kg)}$$

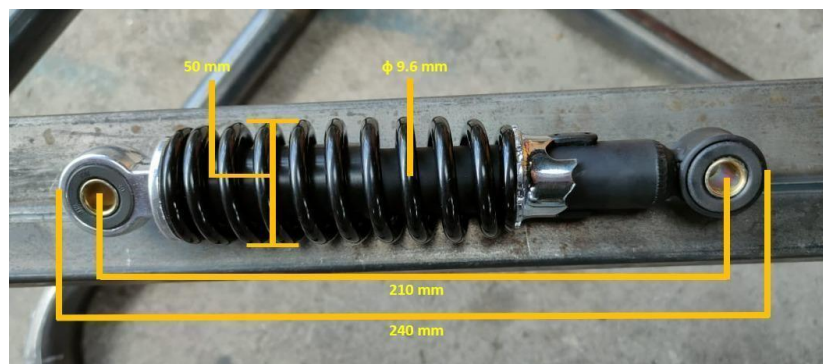
$$m_{\text{amortiguador}} = 53.4 \text{ (Kg)}$$

El valor mínimo de masa que debe soportar el amortiguador para el diseño del prototipo Swincar es de 53.4 (Kg).

Con los valores de desplazamiento y masa que soporta cada amortiguador se seleccionó el amortiguador del cuadrón Rocket 125 Motor 1 el cual soporta una masa de 80 (Kg) cada uno. Figura 44.

#### Figura 44

*Características y dimensiones del conjunto muelle y amortiguador*



Las especificaciones del amortiguador se muestran en la Tabla 33.

**Tabla 33***Características técnicas del amortiguador*

Marca	Motor 1
Tipo	Helicoidal
Distancia de centro a centro ( <i>mm</i> )	210.00
Diámetro del muelle ( <i>mm</i> )	9,6.00
Longitud total ( <i>mm</i> )	240.00
Peso que soporta ( <i>Kg</i> )	80.00
Recorrido de trabajo ( <i>mm</i> )	75.00

*Nota.* La masa máxima que soporta el sistema es de 305 Kg.

Se utilizaron cuatro amortiguadores, uno en cada brazo, Figura 45.

**Figura 45***Amortiguador implementado*

*Nota.* Los amortiguadores se conectan desde la pieza de unión hacia los brazos inferiores.

**Sistema de dirección**

Accionado desde el volante mediante una relación de engranes, el engranaje conducido empuja las barras de acoplamiento unidas a los brazos. De esta manera los brazos salen o ingresan junto con las ruedas según la dirección. El sistema se compone de un engranaje conductor de 12 dientes y uno conducido de 48 dientes, Figura 46.

**Figura 46***Engranajes de dirección*

*Nota.* Los ejes de dirección se unen al engranaje conducido mediante rótulas para el accionamiento de los brazos araña.

La transmisión del movimiento desde el volante hacia el engranaje conductor es por medio de ejes y uniones cardán, Figura 47.

**Figura 47***Columna de dirección*

*Nota.* La columna de dirección posee dos uniones cardán para que el ángulo del eje no afecte la posición del conductor.

La transmisión y estabilidad del movimiento de giro hacia las ruedas posteriores es mediante un sistema de cable tensionado, Figura 48.



**Figura 48***Cables de dirección*

*Nota.* Los cables de dirección salen desde el engranaje conducido hacia la parte posterior del chasis, por la parte inferior del mismo.

**Fuerza en el volante.** Para encontrar la fuerza que el conductor necesita para girar el volante se incluyen los diferentes tipos de superficie por las que el Swincar circula, además, se consideran dos estados: en reposo y en movimiento.

Los valores a utilizar son: carga viva ( $C_v$ ) de 75 Kg, carga muerta ( $C_m$ ) de 138.563 Kg, radio del engranaje conducido ( $r_i$ ) igual a 0.072 m, radio del volante ( $r_v$ ) de 0,15 m, número de dientes del engranaje conducido ( $N_i$ ) igual a 12 y el número de dientes del engranaje conductor ( $N_o$ ) igual a 48.

Carga total ( $C_t$ )

$$C_v + C_m = 213.56 \text{ (Kg)}$$

Se utiliza la Ecuación 9 para encontrar el peso

$$W = C_t * g$$

$$W = (213.56 \text{ kg}) * 9.84 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 2101.46 \text{ N}$$

La fuerza normal ( $F_N$ ) es equivalente al peso, se toma en cuenta su dirección opuesta y es la misma para todos los tipos de superficie.

**Fuerza en reposo.** La fuerza necesaria para mover la dirección en estado de reposo se obtiene mediante la multiplicación la fuerza de rozamiento de diferentes terrenos por la fuerza normal del vehículo, Tabla 5.

### Asfalto seco

Fuerza de fricción ( $F_r$ )

$$F_r = F_N * u$$

$$F_r = (2101.46 \text{ N}) * (0.85)$$

$$F_r = 1786.24 \text{ N}$$

Torque en el engranaje conducido ( $T_i$ )

$$T_i = F_r * r_i$$

$$T_i = (1786.24 \text{ N}) * (0.07 \text{ m})$$

$$T_i = 128.61 \text{ (N * m)}$$

Torque en el engranaje conductor ( $T_o$ )

$$T_o = T_i * \frac{N_o}{N_i}$$

$$T_o = (128.61 \text{ N * m}) * \left(\frac{12}{48}\right)$$

$$T_o = 32.15 \text{ (N * m)}$$

Fuerza sobre el volante ( $F_v$ )

$$F_v = \frac{T_o}{r_v}$$

$$F_v = \frac{32.15 \text{ (N * m)}}{0.15 \text{ m}}$$

$$F_v = 214.15 \text{ (N)}$$

Fuerza en cada brazo ( $F_b$ )

$$F_b = \frac{F_v}{2}$$

$$F_b = 107.17 \text{ (N)}$$

Para los tipos de superficies restantes, se reemplaza el coeficiente de fricción según sea el caso, Tabla 34.

**Tabla 34**

*Fuerza requerida en el volante para cada tipo de terreno, situación en reposo*

	<b>Fuerza de fricción</b> $F_r$ (N)	<b>Torque engranaje conducido</b> $T_i$ (Nm)	<b>Torque engranaje conductor</b> $T_o$ (Nm)	<b>Fuerza sobre volante</b> $F_v$ (N)
Asfalto seco	1786.24	128.61	32.15	214.35
Asfalto mojado	1260.88	90.78	22.70	151.31
Concreto	1681.16	121.04	30.26	201.74
Grava	1260.87	90.78	22.70	151301
Tierra	1428.99	102.89	25.72	171.48
Tierra mojada	1155.80	83.22	20.81	138.70

*Nota.* La tabla presenta que el terreno en el cual se debe aplicar menor fuerza para mover el volante en estado de reposo es la tierra mojada

**Fuerza en movimiento.** La fuerza necesaria para mover la dirección en estado de movimiento requiere el mismo procedimiento que cuando está en reposo, los valores que cambian son los coeficientes de fricción, Tabla 9.

Resultados para la fuerza necesaria en movimiento, Tabla 35.

**Tabla 35**

*Fuerza requerida en el volante para cada tipo de terreno, situación en movimiento*

	<b>Fuerza de fricción <math>F_r</math> (N)</b>	<b>Torque engranaje conducido <math>T_i</math> (Nm)</b>	<b>Torque engranaje conductor <math>T_o</math> (Nm)</b>	<b>Fuerza sobre volante <math>F_v</math> (N)</b>
Asfalto seco	1576.09	113.48	28.37	189.13
Asfalto mojado	1103.27	79.44	19.86	132.39
Concreto	1471.02	105.91	26.48	176.52
Grava	1155.80	83.22	20.80	138.69
Tierra	1365.95	98.35	24.59	163.91
Tierra mojada	945.66	68.09	17.02	113.48

*Nota.* El terreno en el cual se debe aplicar menor fuerza para mover el volante en estado de movimiento es en tierra mojada.

Se establecieron los porcentajes de diferencia en la fuerza que el conductor debe realizar para mover el volante, Tabla 36.

**Tabla 36**

*Porcentaje de diferencia de aplicación de fuerza para condiciones de movimiento*

	<b>Fuerza de dirección (Swincar Detenido)</b>	<b>Fuerza de dirección (Swincar en movimiento)</b>	<b>% de diferencia</b>
Asfalto seco	214.35	189.13	88.24%
Asfalto mojado	151.31	132.39	87.50%
Concreto	201.74	176.52	87.50%
Grava	151.31	138.69	91.67%
Tierra	171.48	163.91	95.59%
Tierra mojada	138.69	113.48	81.82%
		PROMEDIO	88.72%

*Nota.* Con los valores de la tabla se determinó que el terreno más favorable para realizar el menor esfuerzo es la tierra mojada con un 81.82% de la fuerza total.

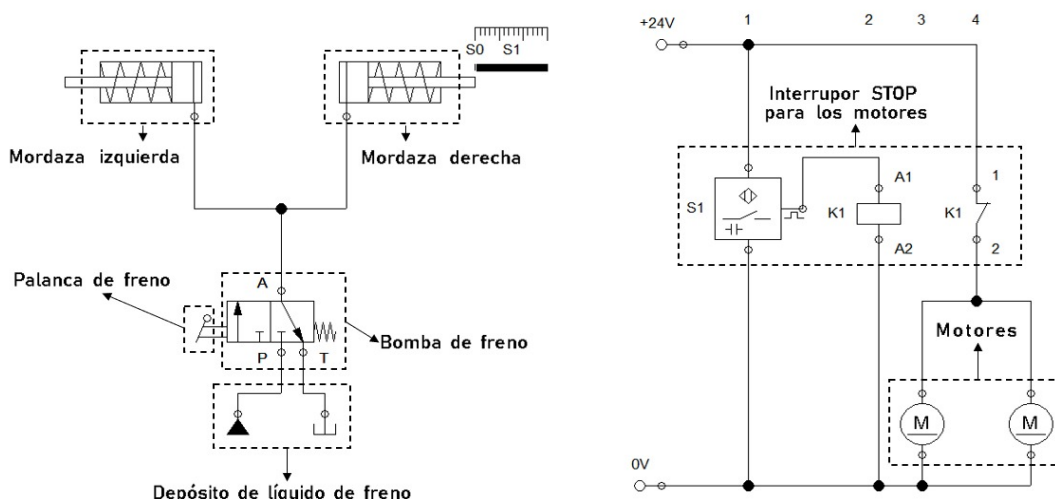
## Sistema de frenos

Se implementó un sistema electro-hidráulico de frenos de disco de 210 mm en las ruedas posteriores accionado por líquido de frenos DOT 3 especificado por el fabricante. Consta de un disco rígido, un cáliper junto con 2 pastillas de freno metálicas.

**Diagrama electro-hidráulico.** El circuito consta de la parte hidráulica conformada por las mordazas, la palanca manual de freno, la bomba de freno, el depósito y el líquido de freno DOT 3; y la parte eléctrica en donde se encuentra el interruptor STOP de los motores, Figura 49.

**Figura 49**

*Esquema electro-hidráulico*

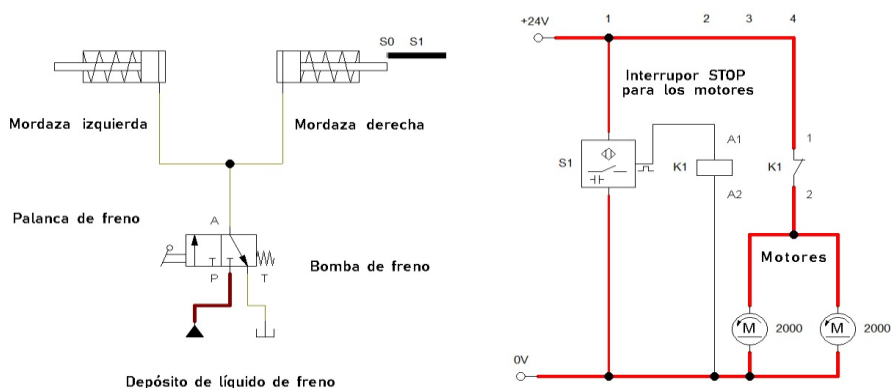


*Nota.* Valores de esquemas preestablecidos por el software de diseño.

**Condición con el freno desactivado.** La línea de fluido parte del depósito hacia la bomba de freno donde se mantiene cerrada y sin presión hacia los pistones en las mordazas de freno. Este estado permite que el interruptor STOP esté desactivado y los motores se mantengan en funcionamiento, Figura 50

**Figura 50**

*Esquema electro-hidráulico con freno desactivado*

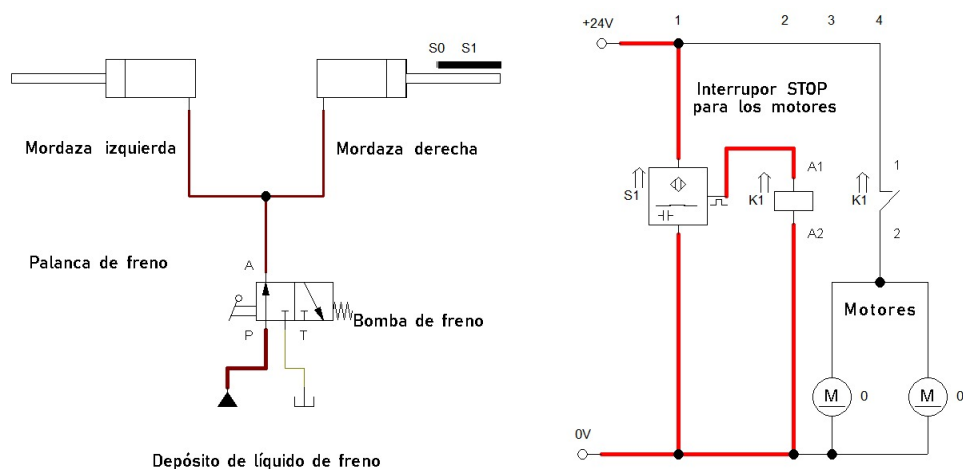


*Nota.* En la imagen se identifica que la palanca de freno está desactivada, el relé K1 permite el paso de corriente.

**Condición con el freno activado.** La línea de fluido parte del depósito hacia la bomba de freno donde se acciona la palanca y se reparte hacia los pistones de las mordazas izquierda y derecha. El movimiento de la palanca activa el interruptor STOP, lo que desactiva los motores durante toda la aplicación del freno, Figura 51.

**Figura 51**

*Esquema electro-hidráulico con freno activado*



*Nota.* En la imagen se identifica que la palanca de freno está activada, el relé K1 impide el paso de corriente.

Sistema de frenos colocado en el prototipo Swincar, Figura 52.

## Figura 52

*Sistema de freno del prototipo Swincar*



*Nota.* Figura 52.a: Mordaza, pastillas y disco de freno. Figura 55.b: Palanca de accionamiento de freno.

## Seguridad activa y pasiva

### ***Selección del neumático***

El neumático colocado en las 4 ruedas del prototipo corresponde a una Yuanxing tipo Cross, Tabla 37.

## Tabla 37

*Especificaciones del neumático*

<b>Yuanxing YX - P82 03</b>	
3.00 (in)	Ancho del neumático
21.00 (in)	Diámetro del rin

*Nota.* Se presentan en unidades del sistema Ingles por manual del neumático seleccionado

### ***Cinturón de seguridad***

Sistema de 3 puntos de contacto retráctil, Tabla 38.

**Tabla 38***Características del cinturón de seguridad*

<b>Cinturón de seguridad de 3 puntos</b>	
Espesor	2.00 (mm)
Ancho	5.00 (mm)
Largo	1.3(m) – 1.5(m)
Material	Nylon de alta resistencia
Color	Gris

Cinturón de seguridad de 3 puntos retráctil utilizado en el prototipo, Figura 53.

**Figura 53***Cinturón de seguridad*

*Nota.* El cinturón de seguridad de tres puntos se encuentra fijado al chasis

Una vez implementados los sistemas en la estructura, se presenta el prototipo Swincar culminado, Figura 54.



**Figura 54***Prototipo Swincar***Ficha Técnica Prototipo Swincar**

Ficha técnica detallada por sistemas para el prototipo Swincar, Tabla 39.

**Tabla 39***Ficha técnica del prototipo Swincar***SWINCAR E-SPIDER****Ficha técnica****Sistema de potencia****Prestaciones**

Motor	Eléctrico	Velocidad Máxima	30 $\frac{Km}{h}$
Tipo	Sin escobillas	Autonomía	29.73 km
Voltaje	48 V		

---

**SWINCAR E-SPIDER**


---

**Ficha técnica**


---

Potencia máxima	1500 <i>W</i>	<b>Dimensiones, aerodinámica y peso</b>	
Torque máximo	75.00 <i>Nm</i>	Longitud	268.00 <i>cm</i>
Unidades	2	Ancho	141.00 <i>cm</i>
Ubicación	Ruedas posteriores	Altura	132.00 <i>cm</i>
<b>Sistema de suspensión</b>		Peso (sin ocupante):	138.00 <i>Kg</i>
		Distancia al suelo	48.00 <i>cm</i>
Tipo	Conjunto muelle y amortiguador (210 <i>mm</i> )	Número de plazas	1.00
Disposición	Independiente en las 4 ruedas	Neumáticos	3.00 <i>R21</i>
<b>Sistema de frenos</b>		<b>Sistema de dirección</b>	
Accionamiento	Manual (de palanca)	Tipo	Mecánica
Tipo	Hidráulico de disco (210 <i>mm</i> )	Disposición	4 <i>WS</i>
Ubicación	Ruedas posteriores		
<b>Sistema de energía</b>			
<b>Sistema de control electrónico</b>		Batería	Ion-Litio
Controlador	YF DC Moto	Número de baterías	2
Display	LCD SW900	Ubicación	Detrás del asiento
Acelerador	Manual (en el volante)	Capacidad	13 <i>Ah</i>
Control de marcha	Manual (bajo el volante)	Cargador	110 <i>VAC</i> – 2 <i>A</i>
		Tiempo de carga	6 <i>h</i>

---

## Capítulo IV

### Pruebas y análisis de resultados

Para obtener el análisis de funcionamiento del prototipo Swincar se realizaron pruebas de ruta, protocolo WLTC, pruebas acorde al grado de aceleración y pruebas de carga y descarga de batería.

#### Prueba de ruta

Se realizó en un terreno irregular montañoso, con una condición ambiental de lluvia, evidenciando los parámetros que el prototipo Swincar alcanza durante el recorrido y su integridad en condiciones difíciles, Tabla 40.

**Tabla 40**

*Prueba de ruta*

<b>Prueba de ruta</b>		
<b>Característica</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Carga Batería 1	100.00	%
Carga batería 2	100.00	%
Carga muerta	138.56	<i>Kg</i>
Carga viva	75.00	<i>Kg</i>
Distancia	5.44	<i>Km</i>
Velocidad promedio	8.83	$\frac{Km}{h}$
Velocidad máxima	11.65	$\frac{Km}{h}$
Tiempo	42.25	<i>min</i>
Descarga acumulada de batería 1	29.00	%

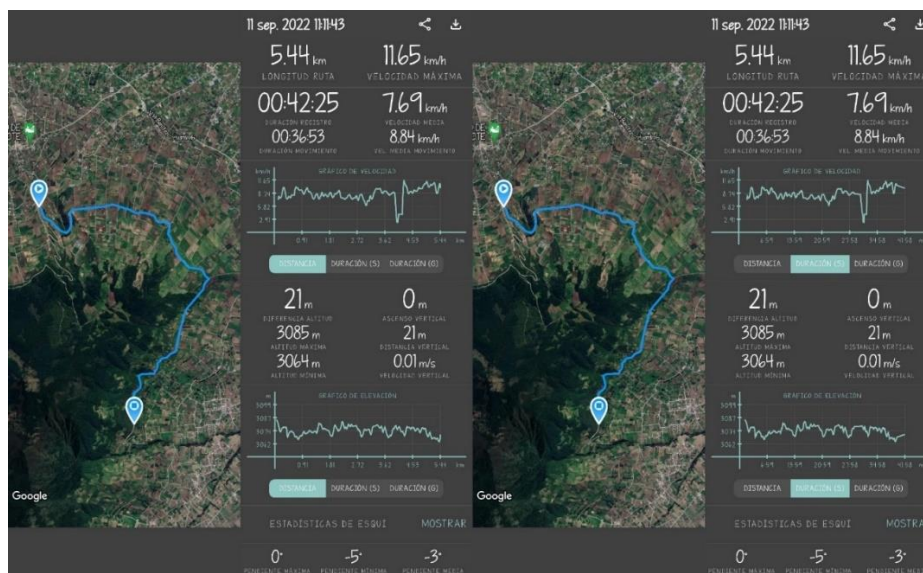
Prueba de ruta		
Característica	Valor	Unidad
Descarga acumulada de batería 2	29.00	%
Característica del terreno	Montañoso	
Ubicación de prueba	Teligote – Bolívar - Tungurahua	

*Nota.* En la tabla se constata la distancia y velocidad alcanzadas con un porcentaje de 29% de descarga en las baterías y una velocidad máxima de  $11.65 \left(\frac{Km}{h}\right)$ .

Para determinar el recorrido realizado en la prueba se precisó una aplicación de sistema de recorrido con GPS activado para obtener resultados de distancia, velocidades y altitud de la prueba, Figura 55.

**Figura 55**

*Sistema de recorrido de prueba de ruta*



*Nota.* Captura de pantalla de los resultados de distancia y velocidad dentro del entorno de la aplicación en la prueba de ruta.

**Autonomía.** Se referencian los datos obtenidos en la prueba de ruta.

Tiempo de ruta: 42 minutos

Distancia recorrida: 5.44 Km

Porcentaje de descarga de batería: 29%

Tiempo de descarga total:

$$\frac{100\% * 42 \text{ min}}{29\%}$$

$$144.86 \text{ min} = 2.41 \text{ horas}$$

Autonomía:

$$\frac{2.41 \text{ h} * 5.44 \text{ Km}}{42 \text{ min}}$$

$$18.76 \text{ Km}$$

La autonomía se basa en la topografía del terreno, la climatología y las condiciones de manejo presentadas en la prueba de ruta; es decir, para que exista una autonomía de 18,76 Km el prototipo Swincar deberá estar en una constante condición de manejo Off Road.

### **Prueba acorde a grado de aceleración**

Para obtener los rangos de velocidad se realizó la medición de la posición del acelerador con un graduador, el ángulo máximo es de 60° por lo que se dividió en 4 fases de 15° cada una, Figura 56.

**Figura 56**

*Medición de grados de aceleración*



*Nota.* Se evidencian intervalos de 15° para los rangos de velocidad acorde al posicionamiento del acelerador.

Se detallan los resultados acorde al grado de aceleración, Tabla 41.

**Tabla 41**

*Velocidad y potencia acorde al grado de aceleración*

<b>Velocidad</b> $\left(\frac{Km}{h}\right)$	<b>Potencia</b> (W)	<b>Posición del acelerador</b> (°)
8.50	250.00	15.00
17.00	700.00	30.00
23.00	1520.00	45.00
30.00	1564.00	60.00

*Nota.* El sistema de medición puede generar variaciones en la precisión respecto a la potencia nominal que acorde a la ficha técnica del motor seleccionado es de 1500 Watts.



## Protocolo WLTC

Se ejecutó para los parámetros Low y Middle los cuales tienen como valor máximo de velocidad lo referido en la Tabla 42 con respecto a 15° y 30°.

### Fase Low

La fase LOW tiene una duración de 589 segundos que se recorrieron en una ruta compuesta de un descenso aproximado de 616 metros y tramos planos, Figura 57.

**Figura 57**

*Sistema de recorrido de prueba de la fase LOW*



*Nota.* Se representa el gráfico de la ruta recorrida con datos de tiempo, distancia recorrida y velocidad máxima alcanzada.

Para el desarrollo de la fase Low en el protocolo WLTC se realizó la medición segundo a segundo, Anexo L.

Sintetizando los datos recopilados se muestran en un rango intercalado de 20 mediciones,

Tabla 42.

**Tabla 42**

*Datos sintetizados obtenidos de la fase Low*

<b>Fase (-)</b>	<b>Tiempo Acumulado (s)</b>	<b>Tiempo Por Fase (s)</b>	<b>Velocidad (<math>\frac{Km}{h}</math>)</b>	<b>Potencia Motor Izquierdo (W)</b>	<b>Potencia Motor Derecho (W)</b>	<b>Diferencia Cuantitativa (W)</b>	<b>Diferencia Porcentual (%)</b>
Low	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Low	30.00	30.00	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00
Low	61.00	61.00	4.10	50.00	51.00	1.00	1.96
Low	72.00	72.00	5.20	395.00	394.00	1.00	0.25
Low	180.00	180.00	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Low	240.00	240.00	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00
Low	292.00	292.00	5.50	200.00	198.00	2.00	1.01
Low	309.00	309.00	1.40	664.00	671.00	7.00	1.04
Low	327.00	327.00	4.00	80.00	84.00	4.00	4.76
Low	360.00	360.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00
Low	390.00	390.00	5.20	50.00	51.00	1.00	1.96
Low	404.00	404.00	5.00	50.00	49.00	1.00	2.04
Low	427.00	427.00	0.50	1235.00	1245.00	10.00	0.80
Low	450.00	450.00	6.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Low	480.00	480.00	1.80	675.00	684.00	9.00	1.32
Low	502.00	502.00	7.30	80.00	91.00	11.00	12.09
Low	528.00	528.00	4.60	200.00	248.00	48.00	19.35



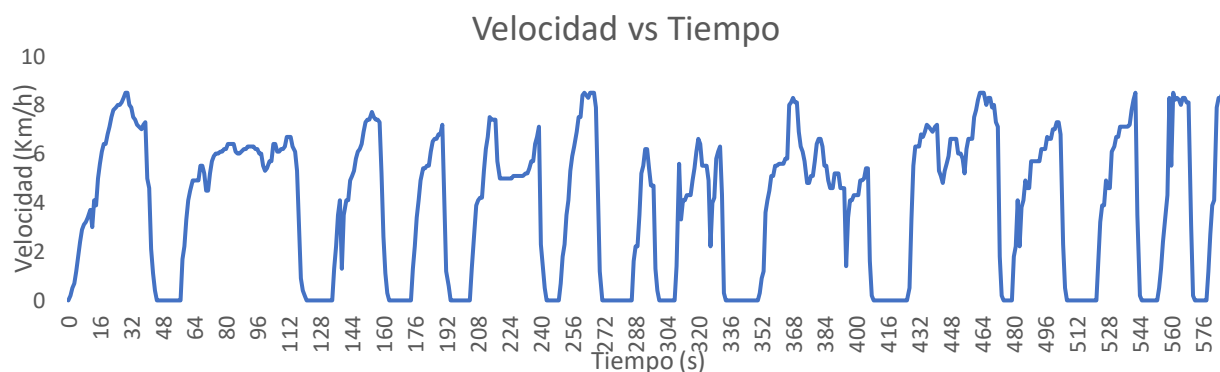
Fase (-)	Tiempo Acumulado (s)	Tiempo Por Fase (s)	Velocidad ( $\frac{Km}{h}$ )	Potencia Motor Izquierdo (W)	Potencia Motor Derecho (W)	Diferencia Cuantitativa (W)	Diferencia Porcentual (%)
Low	554.00	554.00	0.50	1498.00	1497.00	1.00	0.07
Low	569.00	569.00	8.10	579.00	584.00	5.00	0.86
Low	589.00	589.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00

*Nota.* Los datos se obtuvieron grabando las pantallas LCD en las que se pudo visualizar la velocidad y la potencia de cada motor para poder obtener las diferencias cuantitativas y porcentuales entre ambos motores.

**Gráficas Fase Low.** La gráfica de velocidad vs tiempo se obtiene de los datos segundo a segundo correspondientes a la fase Low para generar la curva, Figura 58.

**Figura 58**

*Velocidad vs Tiempo*

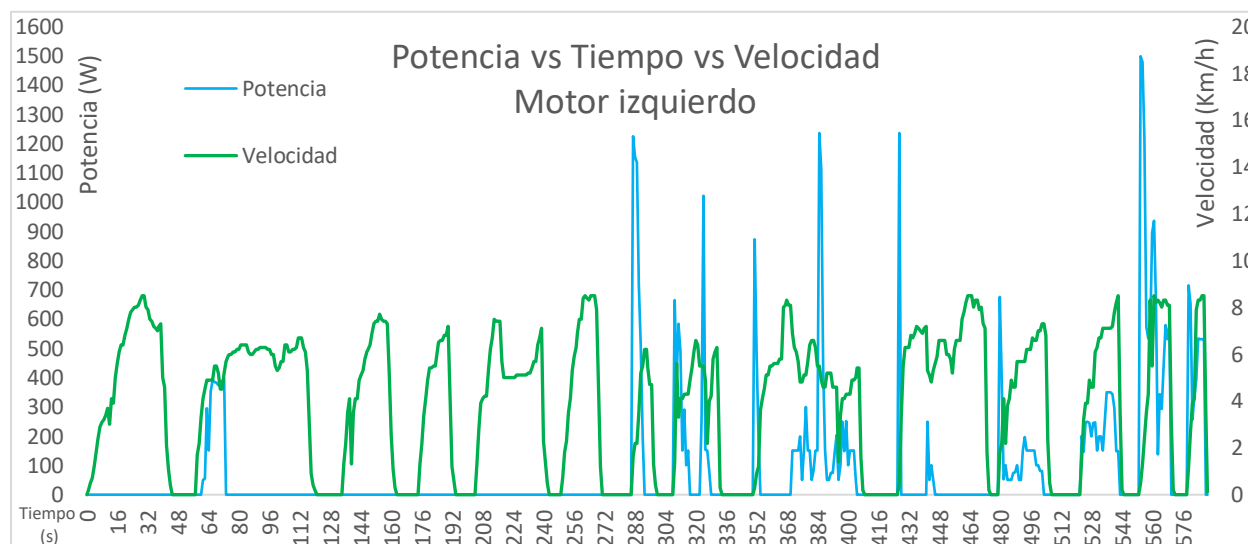


*Nota.* Los tramos donde la velocidad es cero indican instantes de parada durante la fase de prueba, se denota el punto máximo de velocidad para fase Low de valor  $8.5 \left(\frac{Km}{h}\right)$ .

La gráfica de potencia vs tiempo vs velocidad para el motor izquierdo se obtiene de los datos segundo a segundo correspondientes a la Fase Low en la que, durante la mitad inicial de la prueba, la potencia es nula en gran parte del tramo, esto debido a que el prototipo se encontraba en descenso, Figura 59.

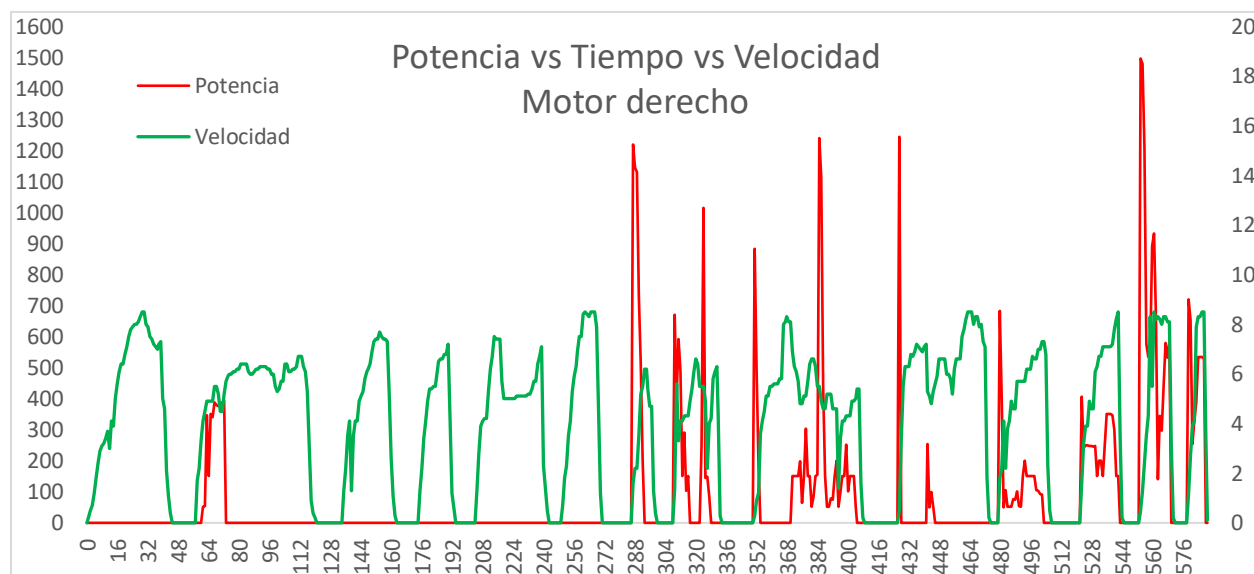
**Figura 59**

*Potencia vs Velocidad (Motor izquierdo)*



*Nota.* Existen picos de alta potencia en zonas donde la velocidad es baja debido al requerimiento del terreno.

La gráfica de potencia vs tiempo vs velocidad para el motor derecho se obtiene de los datos segundo a segundo correspondientes a la Fase Low en la que, durante la mitad inicial de la prueba, la potencia es nula en gran parte del tramo, esto debido a que el prototipo se encontraba en descenso comprobando similitud con el motor izquierdo en funcionamiento, Figura 60.

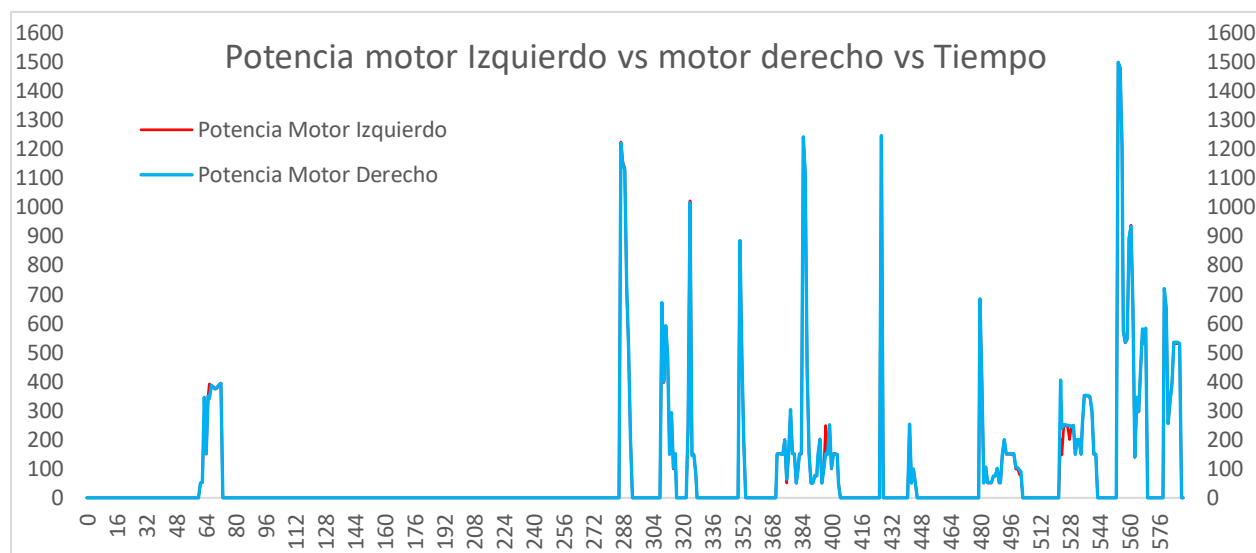
**Figura 60***Potencia vs Velocidad (Motor derecho)*

*Nota.* Se denotan variaciones en lugares puntuales, ya que la superficie del terreno varía considerablemente en los mismos.

La comparación de los motores en potencia es similar en toda la curva, exceptuando variaciones específicas requeridas por el terreno cuando existe un obstáculo frente a un neumático que el otro no enfrenta, Figura 61.

**Figura 61**

*Potencia motor izquierdo vs Potencia motor derecho*



*Nota.* Las variaciones de potencia entre motor izquierdo y derecho son mínimas debido al tipo de prueba y terreno, los puntos críticos se pueden verificar en los lugares que se visualiza el color rojo.

Se realizó un análisis comparativo donde se toma en cuenta los valores críticos de cada motor para analizar la variación porcentual de potencia ejercida sobre estos, Tabla 43.

**Tabla 43**

*Análisis de puntos críticos entre el motor derecho y el izquierdo en fase Low*

Fase	Tiempo acumulado (s)	Tiempo o por fase (s)	Velocidad $\left(\frac{Km}{h}\right)$	Potencia motor izquierdo o (W)	Potencia motor derecho (W)	Diferencia cuantitativa (W)	Diferencia porcentual (%)
Low	63.00	63.00	4.90	295.00	346.00	51.00	14.74
Low	66.00	66.00	4.90	391.00	341.00	50.00	14.66

<b>Fase</b>	<b>Tiempo acumulado (s)</b>	<b>Tiempo por fase (s)</b>	<b>Velocidad <math>\left(\frac{Km}{h}\right)</math></b>	<b>Potencia motor izquierdo (W)</b>	<b>Potencia motor derecho (W)</b>	<b>Diferencia cuantitativa (W)</b>	<b>Diferencia porcentual (%)</b>
Low	397.00	397.00	4.10	249.00	151.00	98.00	64.90
Low	523.00	523.00	1.60	202.00	406.00	204.00	50.25
Low	524.00	524.00	3.20	147.00	241.00	94.00	39.00

*Nota.* Se enuncian los cinco puntos más críticos fase Low.

Teniendo en cuenta la duración del protocolo WLTC fase Low y la variación de potencia entre neumático derecho e izquierdo, se concluye que las alteraciones son generadas por el terreno difícil al que está sometido cada neumático.

Se realiza un análisis para el protocolo WLTC fase Low teniendo en cuenta los valores de cada motor para velocidad máxima y velocidad promedio existentes en la prueba, así se determina la autonomía del vehículo en las condiciones de conducción establecidas, Tabla 44.

**Tabla 44**

*Análisis de autonomía por motor ciclo Low*

<b>Low</b>	<b>Motor Izquierdo</b>	<b>Motor Derecho</b>
Tiempo de prueba (s)	589.00	589.00
Tiempos de parada (s)	150.00	150.00
Porcentaje de parada (%)	25.50	25.50
Velocidad máxima $\left(\frac{Km}{h}\right)$	8.50	8.50
Velocidad promedio $\left(\frac{Km}{h}\right)$	3.80	3.80

<b>Low</b>	<b>Motor Izquierdo</b>	<b>Motor Derecho</b>
Potencia promedio ( $W$ )	79.38	80.15
Voltaje ( $V$ )	48.00	48.00
Intensidad de corriente ( $A$ )	1.65	1.67
Capacidad ( $Ah$ )	13.00	13.00
Tiempo de descarga ( $h$ )	7.86	7.79
Distancia máxima ( $Km$ )	29.87	29.58

*Nota.* La tabla muestra que la autonomía promedio de ambos motores es de 29 km en fase Low.

Estos valores generados se traducen en un valor promedio de potencia y autonomía que genera el prototipo Swincar cuando se maneje en protocolo WLTC fase Low, Tabla 45.

#### **Tabla 45**

##### *Análisis de autonomía general fase Low*

Low	Potencia promedio	79.70	$W$
	Intensidad de corriente promedio	1.66	$A$
	Tiempo de descarga promedio	7.82	$H$
	Distancia máx. promedio	29.73	$Km$

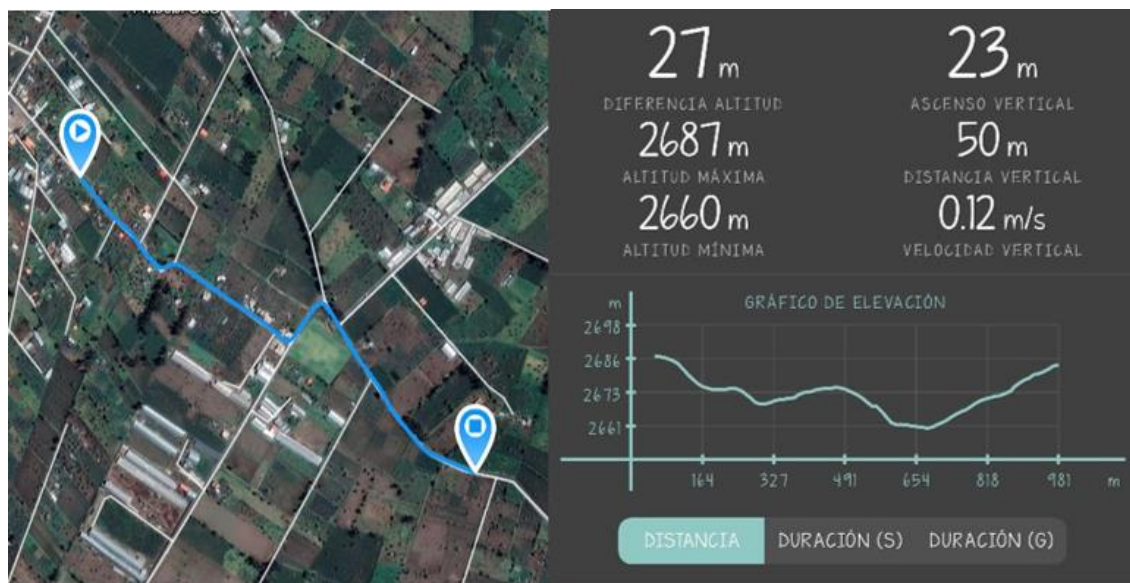
*Nota.* Los valores promedio pueden variar entre cada recorrido debido a las condiciones meteorológicas que afectan directamente el terreno, se presenta el valor promedio de ambos motores para generar un resultado de la fase Low.

### Fase Middle

La fase Middle tiene una duración de 433 segundos que se evidencian en una ruta con ascenso y zonas planas durante un recorrido de 981m., Figura 62.

**Figura 62**

*Sistema de recorrido de prueba de la fase Middle*



*Nota.* Se detalla la distancia recorrida, la distancia del descenso con una diferencia de 50m y las altitudes a las que se encontraba el prototipo.

Sintetizando los datos recopilados se muestran en un rango intercalado de 15 mediciones, Tabla 46.

**Tabla 46***Datos de la prueba de la fase Middle*

<b>Fase</b>	<b>Tiempo Acumulado (s)</b>	<b>Tiempo Por Fase (s)</b>	<b>Velocidad (<math>\frac{Km}{h}</math>)</b>	<b>Potencia Motor Izquierdo (W)</b>	<b>Potencia Motor Derecho (W)</b>	<b>Diferencia Cuantitativa (W)</b>	<b>Diferencia Porcentual (%)</b>
Middle	590.00	1.00	0.50	861.00	910.00	0.00	0.00
Middle	619.00	30.00	16.50	0.00	0.00	0.00	0.00
Middle	649.00	60.00	12.70	0.00	0.00	1.00	0.00
Middle	697.00	108.00	10.50	439.00	441.00	1.00	0.25
Middle	709.00	120.00	14.80	148.00	150.00	0.00	0.00
Middle	740.00	151.00	0.20	436.00	441.00	0.00	0.00
Middle	799.00	210.00	15.70	0.00	0.00	2.00	0.00
Middle	833.00	244.00	0.20	1497.00	1498.00	7.00	1.04
Middle	859.00	270.00	10.20	1465.00	1462.00	4.00	4.76
Middle	889.00	300.00	7.80	1422.00	1428.00	0.00	0.00
Middle	919.00	330.00	7.40	1425.00	1429.00	1.00	1.96
Middle	949.00	360.00	8.90	997.00	989.00	1.00	2.04
Middle	979.00	390.00	8.30	940.00	942.00	10.00	0.80
Middle	1009.00	420.00	8.50	1425.00	1422.00	0.00	0.00
Middle	1022.00	433.00	11.60	1149.00	1154.00	9.00	1.32

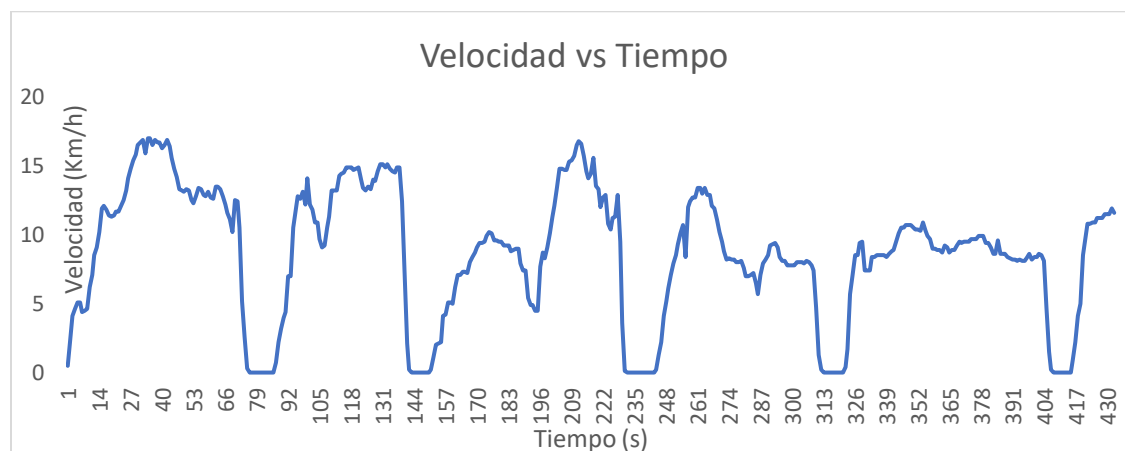
*Nota.* Los datos se obtuvieron grabando las pantallas LCD en donde se visualiza la velocidad de cada motor y la potencia de donde se recopiló la información con un análisis segundo a segundo, así se puede realizar la diferencia cuantitativa y porcentual.



**Gráficas de análisis fase Middle.** La gráfica de velocidad vs tiempo se obtiene de los datos segundo a segundo correspondientes a la fase Middle para generar la curva con una velocidad máxima de 17 km/h, Figura 63.

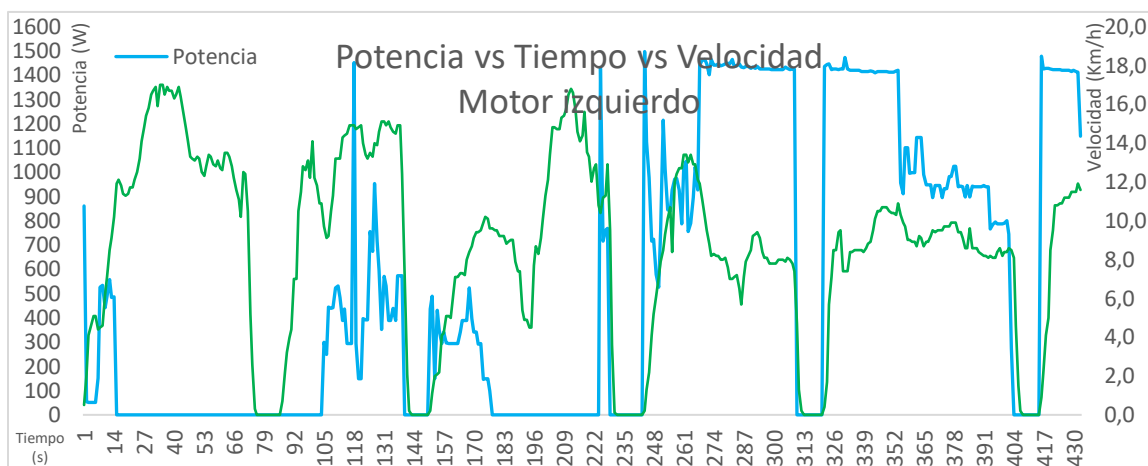
**Figura 63**

*Velocidad vs Tiempo*



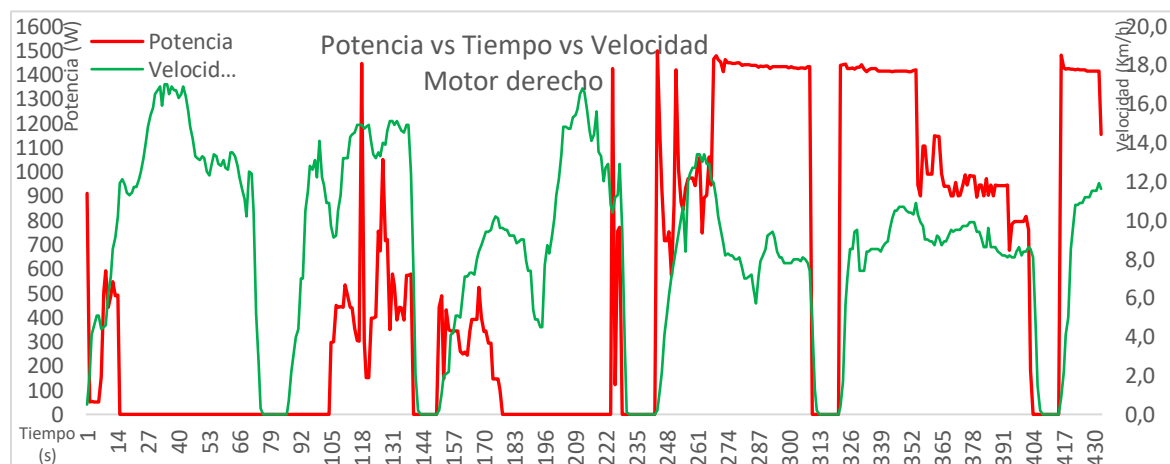
*Nota.* Los tramos donde la velocidad es cero indican instantes de parada durante la prueba, el punto crítico se puede verificar en la curva, valor correspondiente a  $17 \left( \frac{Km}{h} \right)$ .

La gráfica de potencia vs tiempo vs velocidad para el motor izquierdo se obtiene de los datos segundo a segundo correspondientes a la Fase Middle, las variaciones de potencia y velocidad se generarán debido al terreno, Figura 64.

**Figura 64***Potencia vs Velocidad (Motor izquierdo)*

*Nota.* La potencia fluctúa debido al terreno y al ascenso de la ruta.

La gráfica de potencia vs tiempo vs velocidad para el motor derecho se obtiene de los datos segundo a segundo correspondientes a la Fase Middle, la cual tendrá valores similares al motor izquierdo, Figura 65.

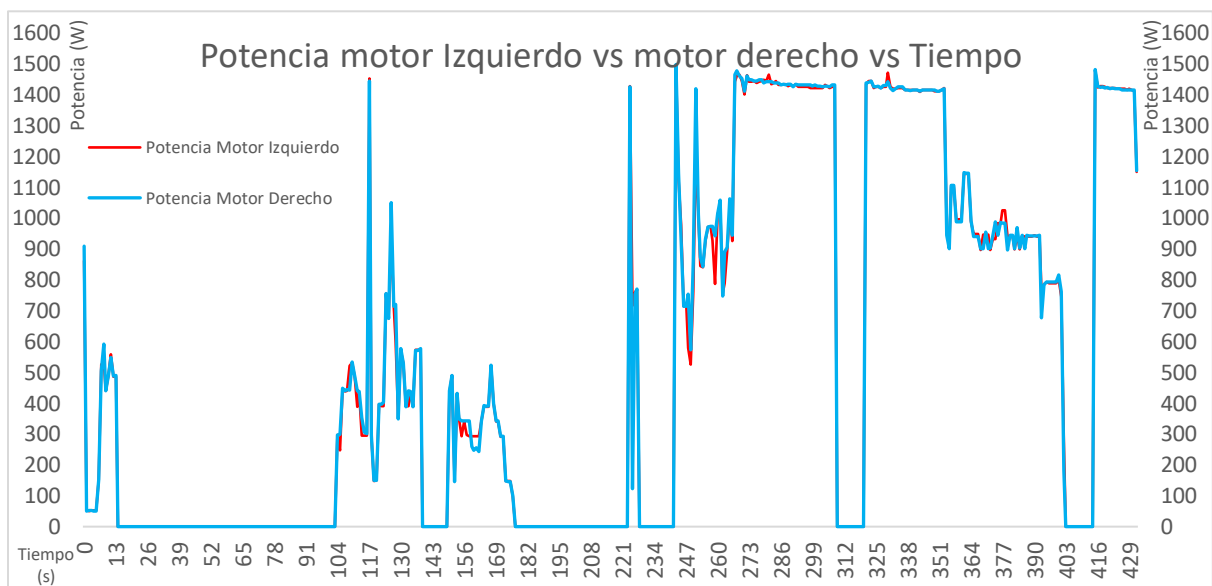
**Figura 65***Potencia vs Velocidad (Motor derecho)*

*Nota.* La potencia y velocidad fluctúan según el terreno y la ruta de Ascenso.

La comparación de los motores en potencia es similar en toda la curva, exceptuando variaciones específicas requeridas por el terreno cuando existe un obstáculo frente a un neumático que el otro no enfrenta, Figura 66.

**Figura 66**

*Potencia motor izquierdo vs Potencia motor derecho*



*Nota.* Las variaciones de potencia entre motor izquierdo y derecho no afectan la sensación de conducción del prototipo Swincar.

Se realizó un análisis comparativo donde se toma en cuenta los valores críticos de cada motor para analizar la variación porcentual de potencia ejercida sobre estos, Tabla 47.

**Tabla 47**

*Análisis de puntos críticos entre motor derecho y motor izquierdo en fase Middle*

<b>Fase</b>	<b>Tiempo Acumulado (s)</b>	<b>Tiempo Por Fase (s)</b>	<b>Velocidad (<math>\frac{Km}{h}</math>)</b>	<b>Potencia Motor Izquierdo (W)</b>	<b>Potencia Motor Derecho (W)</b>	<b>Diferencia Cuantitativa (W)</b>	<b>Diferencia Porcentual (%)</b>
Middle	718.00	129.00	14.60	596.00	720.00	51.00	14.74
Middle	815.00	226.00	11.20	717.00	122.00	50.00	14.66
Middle	838.00	249.00	6.10	579.00	753.00	98.00	64.90
Middle	841.00	252.00	8.50	1213.00	1419.00	204.00	50.25
Middle	849.00	260.00	12.70	787.00	942.00	94.00	39.00

*Nota.* Se enuncian los cinco puntos más críticos fase Middle en donde la diferencia cuantitativa y porcentual es significativa para determinar la causa de la variación.

Se analiza que las variaciones de potencia entre motores surgen debido a obstáculos propios del terreno que necesitan más tracción en uno de los neumáticos, se evidencian hendiduras en el terreno u obstáculos que deba superar.

El análisis para el protocolo Middle detalla los valores individuales de cada motor como las velocidades máximas y las velocidades promedio existentes en la prueba y determina la autonomía del vehículo en las condiciones de manejo establecidas, Tabla 48.

**Tabla 48**

*Análisis de autonomía por motor ciclo Middle*

<b>Middle</b>	<b>motor izquierdo</b>	<b>motor derecho</b>
Tiempo de prueba (s)	433.00	433.00

<b>Middle</b>	<b>motor izquierdo</b>	<b>motor derecho</b>
Tiempos de parada (s)	49.00	49.00
Porcentaje de parada (%)	11.30	11.30
Velocidad máxima ( $\frac{km}{h}$ )	17.00	17.00
Velocidad promedio ( $\frac{km}{h}$ )	8.20	8.20
Potencia promedio (W)	539.01	540.30
Voltaje (V)	48.00	48.00
Intensidad de corriente (A)	11.23	11.26
Capacidad (Ah)	13.00	13.00
Tiempo de descarga (h)	1.16	1.15
Distancia máxima (Km)	9.49	9.47

*Nota.* La tabla muestra que la autonomía promedio de ambos motores es de 9.49 Km para el motor izquierdo y 9.47 Km para el derecho en fase Middle, valores similares.

Los valores generados se traducen en un valor promedio de potencia y autonomía para el prototipo Swincar en condiciones de manejo establecidas por el protocolo WLTC fase Middle, Tabla 49.

#### **Tabla 49**

##### *Análisis de autonomía general ciclo Middle*

<b>Middle</b>		
Potencia promedio	539,66	W

<b>Middle</b>		
Intensidad de corriente promedio	11,24	<i>A</i>
Tiempo de descarga promedio	1,16	<i>h</i>
Distancia Máx. promedio	9,48	<i>Km</i>

*Nota.* Los valores promedio pueden variar entre cada recorrido debido a las condiciones meteorológicas que afectan directamente el terreno y a los obstáculos que deba enfrentar los motores, la autonomía en esta fase es de 9.48 Km.

## Pruebas De Carga Y Descarga De Batería

### Prueba De Carga

Acorde a las características del cargador eléctrico se realiza un análisis cuantitativo del tiempo que tomara el cargar la batería al 100%, la capacidad de la batería es de 13 Ah, Figura 67.

### Figura 67

*Cargador de batería*



*Nota.* La figura representa el detalle del amperaje del cargador (2A).

**Datos**

Capacidad: 13 Ah

Amperaje de cargador: 2 A

Tiempo de carga:

$$\frac{13 \text{ Ah}}{2 \text{ A}} = 6.5 \text{ (h)}$$

$$\text{Carga} = 6.5 \text{ (h)}$$

**Carga Real.** Se analiza que las baterías nunca llegan a un 0% completo por lo que el tiempo de carga real difiere con el tiempo determinado. El tiempo de carga promedio es de 6 horas.

**Prueba de Descarga**

Se realiza el análisis de la descarga utilizando los protocolos de manejo Low y Middle para tener el valor de autonomía que tendrán los packs de baterías, Tabla 50.

**Tabla 50**

*Prueba de descarga*

Característica	Unidad	Motor Izquierdo		Motor Derecho	
		Low	Middle	Low	Middle
Duración de prueba	s	589.00	433.00	589.00	433.00
Tiempos de parada	s	150.00	49.00	150.00	49.00
Distancia	m	616.00	981.00	616.00	981.00
Velocidad máxima de prueba	$\frac{Km}{h}$	8.50	17.00	8.50	17.00
Velocidad máxima sin paradas	$\frac{Km}{h}$	5.05	9.20	5.05	9.20
Velocidad máxima determinada e/t	$\frac{Km}{h}$	3.77	8.16	3.77	8.16
Potencia promedio	W	79.38	539.01	80.15	540.30
Potencia promedio sin valor nulo	W	329.81	948.75	335.39	951.02

<b>Característica</b>	<b>Unidad</b>	<b>Motor Izquierdo</b>		<b>Motor Derecho</b>	
Voltaje	<i>V</i>	48.00	48.00	48.00	48.00
Intensidad de corriente motor izquierdo	<i>A</i>	6.87	19.77	6.99	19.81
Capacidad	<i>Ah</i>	13.00	13.00	13.00	13.00
Tiempo de descarga	<i>h</i>	1.89	0.66	1.86	0.66
Distancia máx.	<i>Km</i>	9.56	6.05	9.40	6.03

*Nota.* Cada batería tiene una autonomía diferente debido a que se conectan a motores sometidos a obstáculos en las diferentes condiciones de terreno que se encuentren.

El prototipo Swincar presenta problemas en la inclinación del chasis por lo que se propone como una solución factible para realizarse en una segunda fase del proyecto, la implementación de un sistema de giroscopio que cumpla la función de nivelar el habitáculo al momento de inclinarse en zonas de terreno muy irregular o con peraltes pronunciados, permitiendo de esta manera que el conductor permanezca en una posición totalmente segura y cómoda para el manejo del vehículo, la descripción de la nota conceptual se menciona en el Anexo N.



## Capítulo V

### Marco administrativo

Los recursos empleados en el proyecto denominado: Análisis del performance del Prototipo de Swincar eléctrico unipersonal todo terreno, se detallan a continuación.

#### Recursos

Los recursos inmersos en la elaboración del proyecto son humanos, financieros, tecnológicos y materiales, indispensables para cumplir los objetivos establecidos.

#### Recursos Humanos

Los recursos humanos involucrados en el proyecto de titulación, quienes proporcionaron su conocimiento e intelecto para aplicar ideas precisas e importantes para el desarrollo del mismo se encuentran detallados en la tabla 51.

**Tabla 51**

*Recursos humanos*

Orden	Detalle	Cantidad	Función
1	Srta. Amores Gordón	1	Investigador
2	Sr. Berzosa Vera Gilmar	1	Investigador
3	Ing. Leonidas Antonio Quiroz Erazo	1	Especialista sistemas BEV Director del trabajo de Titulación Investigador

*Nota.* La tabla refleja el aporte del talento humano implicado en el desarrollo del proyecto de titulación.

### **Recursos financieros**

El financiamiento empleado por parte de los investigadores en la obtención de materiales, construcción del proyecto y desarrollo de pruebas implementadas en las fases estáticas y dinámicas del desarrollo del proyecto alcanzó un costo total de 4485.00 USD, Tabla 52. La descripción completa de los recursos financieros se detalla en el Anexo M.

**Tabla 52**

*Recursos financieros del proyecto*

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
Subsistema de control electrónico	1	95.00	95.00
Subsistema de potencia	1	600.00	1200.00
Subsistema de energía	1	100.00	100.00
Subsistema de suspensión	1	52.00	52.00
Subsistema de frenos	1	185.00	185.00
Subsistema de dirección	1	153.00	153.00

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
Materiales y construcción	1	2700.00	2700.00
TOTAL			4485.00

*Nota.* En la tabla se presentan los costos vigentes por sistemas utilizados durante en el desarrollo de la investigación.

### ***Recursos Tecnológicos***

Los recursos tecnológicos utilizados para el desarrollo de la investigación CAD/CFD/FEA del proyecto. Tabla 53.

**Tabla 53**

*Recursos tecnológicos*

<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Función</b>
1	Laptop	Realización de investigación CAD/CFD/FEA del prototipo
2	Software de elementos finitos	Modelado 3D y simulaciones de cargas del prototipo

---

<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Función</b>
3	Software de simulación de circuitos eléctricos	Permite realizar las conexiones eléctricas entre los sistemas de control y potencia del prototipo

---

*Nota.* La tabla muestra los recursos tecnológicos empleados por cada integrante en el desarrollo del modelado, simulación y conexiones eléctricas del prototipo

## Capítulo VI

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

De acuerdo a la investigación bibliográfica realizada se observa que el performance del prototipo Swincar eléctrico unipersonal todo terreno se puede implementar bajo características de fabricación nacional con un resultado eficiente.

Bajo la norma INEN 2656: 2016 se determinó el diseño adecuado del Swincar, el mismo que fue modelado y simulado mediante el software de elementos finitos para obtener los parámetros permitidos de carga viva y carga muerta mencionados en la normativa en cuestión, así se obtiene un torque necesario mínimo de 47.36 Nm para el correcto movimiento del Swincar.

Basado en la seguridad activa y pasiva, se seleccionaron los sistemas automotrices mecánicos en los que se incluye dirección y suspensión; subsistemas eléctricos y electrónicos en los que engloba la movilidad mediante un kit de motor y controlador, la energía mediante baterías, y el freno que corresponde a un circuito electro-hidráulico.

Para el subsistema de potencia se implementaron dos motores eléctricos los cuales suman un total de 3KW con una eficiencia individual del 83% acorde a la ficha técnica, esta eficiencia se mantiene debido a que los motores tienen conexión directa con los neumáticos, así se evita que se produzcan pérdidas mecánicas por transmisión de movimiento; este valor de potencia total se encuentra dentro del máximo referido en la normativa INEN 2656: 2016, cada uno de los motores está alimentado por una batería de ion litio de tensión 48V y capacidad de 13Ah como fuente de energía.

Debido a que el controlador del motor no poseía la opción de marcha en reversa, se diseñó e implementó un sistema eléctrico que realice el cambio de polaridad de los motores mediante la inclusión de 8 interruptores de tres posiciones, todos ellos acoplados a una placa

que sirve como palanca seleccionadora. Cuando la palanca se coloca hacia arriba, se activa marcha hacia adelante, cuando se coloca hacia abajo se activa la marcha hacia atrás y cuando la palanca se ubica en la posición central, la marcha se encuentra en neutro.

Mediante el análisis de consumo de energía de las baterías se obtuvieron valores de autonomía, dependiendo del tipo de conducción se obtuvo un valor de 29.73 km en ciclo LOW y 9.48 km en ciclo MIDDLE; además se obtuvo un valor de autonomía de 18.76 km en la prueba de ruta montañosa realizada donde no existieron restricciones de velocidad o de aceleración ni un protocolo de prueba, alcanzando una velocidad promedio de  $12 \frac{Km}{h}$  y una velocidad máxima de  $24 \frac{Km}{h}$ .

Tras realizar las pruebas de conducción se concluyó que el sub sistema de dirección mecánico implementado requiere que el conductor requiere aplique una fuerza en el volante de 214.149 N para poder realizar el giro completamente.

Mediante el análisis del sub sistema eléctrico del prototipo, se concluyó la necesidad de un sistema de protección conformado en dos partes; en la primera parte se incluyeron fusibles de 40 A para los conductores de cada fase de los motores y para cada positivo de las baterías para evitar daños por cualquier pico de intensidad de corriente en exceso, en la segunda parte se implementó un botón de parada de emergencia en la parte central del volante, este interruptor corta el circuito en los negativos de las baterías y, cuando se acciona, todo el sistema eléctrico del vehículo se apaga para evitar cualquier inconveniente.

Con base en el modelado de las piezas para el prototipo Swincar en el software de diseño de elementos finitos, las diferentes simulaciones de aplicación de cargas en los diferentes puntos de articulación de cada elemento arrojaron valores de factor de seguridad mayores a 1.5 según lo establecido para aceros y, acorde al estudio teórico realizado previamente, se determinó que el diseño tiene una sobre estimación en el factor de seguridad respecto a las cargas referidas en la normativa INEN 1323: 2009.

Tras realizar las pruebas de ruta se analizó la sensación de conducción en los diferentes terrenos por los que ha circulado el prototipo Swincar, se determinó que al momento de conducir el chasis tiende a perder el equilibrio y se inclina, ya sea a la izquierda o derecha. Esta pérdida de estabilidad del habitáculo incide en la ergonomía del conductor al no poder conducir de manera apropiada.

Se analizó que, para el retorno del chasis a su posición nivelada, se debe realizar un leve balanceo y un contra giro del volante mientras no se tenga la inclusión de un sistema de giroscopio.

Se realizó la determinación de carga y descarga de las baterías acorde al protocolo WLTC y la prueba de ruta, se obtiene un tiempo promedio de carga de 6 horas, teniendo en cuenta que no se debe permitir la descarga total de la batería con la finalidad de aumentar la vida útil de la misma.

El factor de seguridad mínimo corresponde a un valor de 1.9 para el brazo inferior, valor que se encuentra sobre el establecido para el acero A36 de 1.5 por lo que se concluye que el diseño de la estructura del prototipo Swincar es seguro para las condiciones de cargas establecidas, de manera individual en cada pieza y para lo que estandariza la normativa INEN 1323 en los métodos ASD y LRFD.

Los valores de tensión máxima para cada pieza y para el diseño en conjunto son menores al límite elástico del acero A36 que corresponde a  $2.5 \times 10^8 \left( \frac{N}{m^2} \right)$ , con este parámetro se comprobó que la resistencia de la estructura es óptimo.

Teniendo en cuenta que la normativa permite una elongación máxima de  $\frac{1}{240}$  veces la longitud del vehículo, el diseño del prototipo obtiene un valor máximo de 6.89 mm y acorde al análisis realizado de manera individual y en conjunto, los valores son menores al establecido, la prueba más crítica es en ASD 1.44 mm y en LRFD 1.92 mm, evidenciando que el material no se deforma acorde a los parámetros de estudio establecidos.

Para el proceso de manufactura se tiene un total de tiempo en construcción de la estructura de 67h10min englobando 49 pasos propuestos.

El neumático fue seleccionado para la correcta circulación en terrenos de difícil acceso y con condiciones difíciles de conducción, el Yuanxing YX-P82 03 cumplió con las funciones para manejo Off Road, sin deformar su estructura en el aro y los radios.



## Recomendaciones

Se propone la inclusión de un sistema de giroscopio como solución viable para el problema de retorno del chasis, con el cual, sin importar el peralte o irregularidades del terreno, mantenga el habitáculo siempre nivelado en posición vertical, ayudando así al conductor a tener un manejo suave, cómodo y seguro del vehículo. Esta propuesta de solución se presenta como una fase dos de este proyecto y su aplicación se detalla de mejor manera en el anexo N.

Implementar unidades de potencia en las 4 ruedas con el fin de obtener un mayor torque y mejor maniobrabilidad en todo tipo de terrenos, teniendo en cuenta que el prototipo Swincar está diseñado para circular en lugares de difícil acceso.

Mejorar el subsistema de frenos colocando un freno de disco en cada una de las ruedas con la finalidad de hacer más efectivo el proceso de frenado con la implementación de una manivela extra para poder separar el freno hacia las ruedas delanteras y hacia las posteriores. Adicional incorporar un freno de estacionamiento a las ruedas posteriores para mayor seguridad.

Acoplar el asiento a un modelo regulable en lo que corresponde al espaldar, a la distancia hacia el volante y en la altura, esto con la finalidad de mejorar la ergonomía y seguridad y a la vez que se adapte a todos los ocupantes.

Colocar un subsistema de iluminación que permita la movilidad nocturna o en presencia de neblina, además de los direccionales, luz de stop, reversa y luces de parqueo, con el fin de mejorar la seguridad activa del prototipo.

Hacer uso del cinturón de seguridad sin excepción del tipo de terreno en el que se encuentre circulando debido a que, cuando el prototipo cruza por terrenos con peraltes pronunciados, la pérdida de equilibrio del chasis es notoria, lo que genera que el conductor tenga que aferrarse con fuerza al volante.

## Bibliografía

ALIBABA. (s.f.). ALIBABA. Obtenido de [https://www.alibaba.com/product-detail/Conversion-Ebike-Kit-500W-1500W-48V\\_62410922555.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Conversion-Ebike-Kit-500W-1500W-48V_62410922555.html)

Auto Friendly. (2021). *Cinturón de Seguridad*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-521144608-cinturones-de-seguridad-universales-grise-juego-sobreruedas-\\_JM#position=10&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=f28462d7-11de-4dcd-89e6-8b0d3ecd6c0d](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-521144608-cinturones-de-seguridad-universales-grise-juego-sobreruedas-_JM#position=10&search_layout=stack&type=item&tracking_id=f28462d7-11de-4dcd-89e6-8b0d3ecd6c0d)

Autodesk. (2022). *Autodesk CFD: Simulation software for engineering complex liquid, gas, and air systems*. Obtenido de Autodesk: <https://www.autodesk.com/products/cfd/overview>

Autodesk. (2022). *Finite Element Analysis Software*. Obtenido de Autodesk: <https://www.autodesk.com/solutions/finite-element-analysis>

Autodesk. (2022). *Software de diseño asistido por computador*. Obtenido de Autodesk: <https://www.autodesk.mx/solutions/cad-design>

Automagazine. (16 de septiembre de 2015). 'Swincar', el coche araña eléctrico. Obtenido de <https://wwwautomagazineecuador.blogspot.com/2015/09/swincar-el-coche-arana-electrico-en.html>

AUTOMAGAZINE. (16 de septiembre de 2015). 'Swincar', el coche araña eléctrico. *AUTOMAGAZINE.EC*. Obtenido de <https://wwwautomagazineecuador.blogspot.com/2015/09/swincar-el-coche-arana-electrico-en.html>

Beer, F. P., & Johnston, R. E. (2010). *MECÁNICA VECTORIAL PARA INGENIEROS*. Ciudad de México: McGraw-Hill.

Bosch, R. (2018). *Electronic Automotive Handbook*.

Boylestad, R. L. (2003). *Ley de Ohm, potencia* (DÉCIMA ed.). PEARSON. Obtenido de <https://figurasfiscados.files.wordpress.com/2016/05/boylestd-1-1.pdf>

BSLBATT. (2020). *BSLBATT*. Obtenido de <https://www.lithium-battery-factory.com/es/lithium-battery-state-of-charge/>

Búa, M. T. (12 de MAYO de 2014). *Materiales conductores, aislantes y semiconductores*.

Obtenido de

[https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contenido/15\\_materiales\\_conductores\\_aislantes\\_y\\_semiconductores.html#:~:text=Los%20conductores%20son%20aquellos%20materiales,%2C%20el%20agua%20salada%2C%20etc.](https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contenido/15_materiales_conductores_aislantes_y_semiconductores.html#:~:text=Los%20conductores%20son%20aquellos%20materiales,%2C%20el%20agua%20salada%2C%20etc.)

Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (10 ed.). Wiley.

Cartegrise. (2016). *Cartegrise*. Obtenido de <https://www.cartegrise.com/vehicules/tracteur-engin-agricole>

Co, H. T. (05 de Mayo de 2019). *Made-in-China*. Obtenido de [https://es.made-in-china.com/co\\_06e70f23f30a005f/product\\_Hailong-Downtube-Battery-Ebike-Lithium-Ion-Battery-48V-10-4ah-13ah-14ah-17-5ah-E-Bike-Battery-for-Electric-Bike-E-Bicycle\\_uonrogrgg.html](https://es.made-in-china.com/co_06e70f23f30a005f/product_Hailong-Downtube-Battery-Ebike-Lithium-Ion-Battery-48V-10-4ah-13ah-14ah-17-5ah-E-Bike-Battery-for-Electric-Bike-E-Bicycle_uonrogrgg.html)

Conadis. (11 de Junio de 2021). *Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades*.

Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/#>

Cosson-Coche, Q., Cahuc, O., Darnis, P., Laheurte, R., & Teissandier, D. (2017). Experimental study on cutting flexible sheet materials using an oscillating knife. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 349-365. doi:<https://doi.org/10.1108/IJCST-05-2016-0058>

Dassault Systemes. (2016). Obtenido de

[http://help.solidworks.com/2016/spanish/solidworks/cworks/c\\_stress\\_strain.htm](http://help.solidworks.com/2016/spanish/solidworks/cworks/c_stress_strain.htm)

- Designboom. (9 de 8 de 2015). *challenge the steepest slopes with the swincar spider electric vehicle*. Obtenido de <https://www.designboom.com/technology/swincar-spider-electric-vehicle-08-09-2015/>
- ENDESA. (1980). *Cinturones de seguridad para vehículos motorizados*. Obtenido de <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=documentos/10221.1/69390/1/189474.pdf&origen=BDigital>
- España, G. d. (02 de marzo de 2013). *Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2013-80407>
- Goodyear. (2022). *Índice de Carga del Neumático*. Obtenido de <https://www.goodyear.cl/indice-carga-neumatico>
- Goodyear. (2022). *Índice de Velocidad del Neumático*. Obtenido de <https://www.goodyear.cl/indice-velocidad-neumatico>
- Graetz, G., & Michaels, G. (Marzo de 2015). *Robots at Work*. Recuperado el 21 de Marzo de 2021, de Centre of Economic Performance:  
<https://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1335.pdf>
- IFD. (2018). *INSTITUTO FRANCÉS DE DISEÑO*. Obtenido de <https://www.institutfrancaisdudesign.fr/index.php/l-institut/qui-sommes-nous>
- INEN. (2009). *Vehículos Automotores. Carrocerías de buses (PRIMERA ed.)*. QUITO, PICHINCHA, ECUADOR. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n-te-inen-1323-1.pdf>
- INEN. (2016). *Clasificación vehicular*. Obtenido de INEN 2656:  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n-te\\_inen\\_2656-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n-te_inen_2656-1.pdf)
- INEN. (2016). *Clasificación Vehicular (PRIMERA ed.)*. Quito, PICHINCHA, ECUADOR. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n-te\\_inen\\_2656-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n-te_inen_2656-1.pdf)

- Insight. (12 de Diciembre de 2019). *Garment Quality Control Procedures: What You Need to Know*. Recuperado el 31 de Marzo de 2021, de Insight: <https://insight-quality.com/garment-quality-control-procedures/>
- IPAC. (2019). *Catálogo IPAC. Productos y Servicios*. Obtenido de [http://www.ipac-acer.com/revista-digital/CatalogoIPAC\\_2019.pdf](http://www.ipac-acer.com/revista-digital/CatalogoIPAC_2019.pdf)
- Jammes, T. (2015). 'Swincar', el coche araña eléctrico. *AUTOMAGAZINE.EC*. Obtenido de <https://wwwautomagazineecuador.blogspot.com/2015/09/swincar-el-coche-arana-electrico-en.html>
- Kovács, A. Z. (s.f.). *Tire friction and rolling resistance coefficients*. Obtenido de <http://hpwizard.com/tire-friction-coefficient.html>
- Kurowski, P. (2018). *Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation*. Obtenido de <https://www.sdcpublications.com/Textbooks/Engineering-Analysis-SOLIDWORKS-Simulation-2018/ISBN/978-1-63057-153-5/>
- Lofgren, K. (8 de 4 de 2015). *This all-electric off-road spider car can drive over just about anything*. Obtenido de <https://inhabitat.com/this-all-electric-off-road-spider-car-can-drive-over-just-about-anything/>
- Maldonado Solado, E. P., & Martínez Taípe, C. F. (2018). *INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE CARGA (SOC) Y DE DESCARGA (DSOC) DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN PARA ESTIMAR SU EFICIENCIA Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL A TRAVÉS DE UN MÓDULO DE CORRIENTE CONSTANTE*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ing. Automotriz, LATACUNGA. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14952>
- Martínez Antón, A., Blanca Giménez, V., Castilla Cabanes, N., & Pastor Villa, R. M. (2011). *Cálculo de fusibles de una instalación eléctrica en baja tensión*. Valencia: Universitat Politècnica de València. Obtenido de

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10765/FUSIBLES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Metaltronic SA. (2022). *Motocicletas y Cuadrones*. Obtenido de

<https://metaltronicgroup.com/servicio-motocicleta.php>

Ministerio de Transportes, M. y. (2020). *Norma 3.1-IC de la Instrucción de Carreteras*.

ESPAÑA. Obtenido de

<https://apps.fomento.gob.es/CVP/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=ICW050#:~:text=La%20Norma%203.1-IC%20Trazado,Red%20de%20Carreteras%20del%20Estado>.

Neumarket. (2018). Obtenido de Tipos de llanta para moto:

<https://www.neumarket.com/blog/tipos-de-llanta-para-moto/>

Online Clothing Study. (12 de Agosto de 2012). *How to Calculate Cutting SAM?* Obtenido de

Online Clothing Study: <https://www.onlineclothingstudy.com/2012/08/how-to-calculate-cutting-sam.html>

Pascual Estapé, J. A. (24 de Junio de 2020). *Swincar E-Spider, el coche araña eléctrico*

*todoterreno*. Obtenido de <https://computerhoy.com/noticias/motor/swincar-coche-arana-electrico-todoterreno-664929>

ProCobre. (2021). *Conductores Eléctricos*. Obtenido de

[http://www.electricistasdechile.cl/download/material\\_tecnico/conductores%20electricos.pdf](http://www.electricistasdechile.cl/download/material_tecnico/conductores%20electricos.pdf)

Prueba de Ruta. (2022). *Tipos de llanta para moto*. Obtenido de

<https://www.pruebaderuta.com/tipos-de-llanta-para-moto.php>

Quintero, V., Che, O., Auciello, O., & de Obaldía, E. (8 de Enero de 2021). *Baterías de Ion Litio:*

*Características y Aplicaciones*. Obtenido de

<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/339/3392002003/3392002003.pdf>

- Rodríguez Cea, Á. I. (2017). *MODELO PARA LA BATERÍA DE ION DE LITIO*. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/24673/TFM-I-648.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez Galbarro, H. (2022). *INGEMECANICA*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn151.html>
- Rodríguez, E. (03 de Noviembre de 2020). *XATACA*. Obtenido de <https://www.xataka.com/seleccion/guia-compra-para-convertir-tu-bicicleta-bici-electrica-recomendaciones-modelos-destacados-1>
- Seafly. (s.f.). *Seafly*. Obtenido de <https://shop.seafly.es/Swincar-E-Spider>
- Serway. (2012). *Fundamentos de Física*. México. Obtenido de <http://www0.unsl.edu.ar/~cornette/FISICA/Fundamentos%20de%20física%20-%20Volumen%201%20-%20Serway%20&%20Vuille%20-%209ed.pdf>
- Shigley, J. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica* (Novena ed.). McGraw-Hill. Obtenido de <http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/elementoM aquina/material/libroCabecera.pdf>
- Spidercar. (s.f.). *Spidercar*. Obtenido de <http://swincar.eu/legislacion-y-homologacion/>
- Suarez Castrillon, S. A., Suarez Castrillon, A. M., & Fuentes Martinez, F. A. (DICIEMBRE de 2016). ANÁLISIS DE LA SUSPENSIÓN INDEPENDIENTE SLA POSTERIOR PARA AUTOS DE COMPETICIÓN. *REVISTA INGENIO UFPSO*, 11, pág. 233. Obtenido de <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/2179/2121>
- Swincar. (s.f.). *¿Cómo funciona el concepto pendular?* Obtenido de <https://www.swincar.es/details-como+funciona+el+concepto+pendular-33.html>
- Swincar. (s.f.). *SWINCAR*. Obtenido de <https://www.swincar.es>
- Vázquez Vega, D., Hernández Jiménez, J. R., Cruz Acevedo, M. E., Flores Centeno, O., Fabela Gallegos, M. D., & Hernández Nochebuena, M. A. (2022). *Sistema de frenos en*

*vehículos de carretera, normativa y mecanismos de frenado automaizado*. Obtenido de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt685.pdf>

Velasco Sánchez, E., Oliva Meyer, M. Á., & Sánchez Lozano, M. (s.f.). *EL SISTEMA DE DIRECCIÓN*. Obtenido de <https://umh1796.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/272/2013/02/sistema-de-direccion-texto1.pdf>

WLTPfacts. (2022). *GETTING READY FOR WLTP*. Obtenido de <https://www.wltpfacts.eu/>

Wonj, J. Y. (2022). *Theory of Ground Vehicles* (5 ed.). Wiley.

Zawawi, M. H., Saleha, A., Salwa, A., Hassan, N. H., Zahari, N. M., Ramli, M. Z., & Muda, Z. C. (2018). *A review: Fundamentals of computational fluid dynamics (CFD)*. Obtenido de <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5066893>



**Anexos**