

Diseño y construcción de un prototipo de un vehículo de tres ruedas con tracción híbrida como alternativa de movilidad en el área metropolitana de Bucaramanga.

Michael Alexander Cadena Ardila y Yelitza J. Villamizar Guerrero

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Director

Ricardo Alfonso Jaimes Rolón

Ingeniero Mecánico M. Sc

Codirector

Jorge Luis Chacón Velasco

Ingeniero Mecánico PhD

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2024

**Agradecimientos**

Quiero agradecer primero a mi familia, primordialmente a mi madre Blanca que siempre ha sido mi guía y mi hermana Dennys que siempre me ha animado, han sido mi apoyo toda la vida, por nunca dejar de confiar en mí y por toda su paciencia.

A mi pareja Andrés por todo su apoyo en los días más complicados, por siempre darme ánimos y no dejar de confiar en mí, desde que lo conozco siempre ha sido mi apoyo alentándome en todo momento.

Agradezco a mi director de tesis Ricardo por su guía y apoyo, a mi codirector por brindar la oportunidad de participar en este proyecto.

Por último, a mi compañera y amiga Yelitza Villamizar por toda la paciencia, la dedicación y la buena vibra a lo largo de nuestra carrera y proyecto.

Michael Alexander Cadena Ardila

**Dedicatoria**

A Blanca, mi madre que todo el tiempo ha luchado para permitirme ser lo que soy ahora,  
muchas gracias por todo el amor incondicional que siempre me has mostrado.

Michael Alexander Cadena Ardila

### **Agradecimientos**

Doy gracias a mis padres por apoyarme durante todo mi recorrido académico y profesional en esta maravillosa universidad, así mismo, por su positivismo en los momentos difíciles que han hecho más llevadero este camino.

Un inmenso agradecimiento a mi hermana Gabriela, sus chistes y sus constantes actos de amor han traído luz en los momentos más difíciles y es la razón que me impulsa a continuar creciendo como persona y profesional.

A mi madrina Olga, quien me ha tratado como su hija y ha hecho de su hogar mi segunda familia, sus bendiciones me han traído toda la fortaleza necesaria para continuar mejorando y aprendiendo.

A nuestro director, ingeniero Ricardo Alfonso Jaimes Rolon, por su eterna paciencia y gran colaboración durante el desarrollo del proyecto.

Finalmente, y no menos importante a mi compañero y amigo Michael Cadena, quién me ha demostrado que las personas lindas todavía existen.

Yelitza Juliana Villamizar Guerrero

**Dedicatoria**

A mi familia, mi pilar más importante en mi vida, personas maravillosas que me han brindado su apoyo y amor incondicional, los que siempre han estado a pesar de todas las circunstancias y soy honrada con su presencia en mi vida.

A Tatiana Montañez, por estar a mi lado en cada paso de este camino, brindándome de su fortaleza inquebrantable y su firme cariño.

Yelitza Juliana Villamizar Guerrero

## Tabla de Contenido

Introducción .....	18
1. Objetivos .....	20
1.1. Objetivo General .....	20
1.2. Objetivos Específicos.....	20
2. Referentes Teóricos.....	21
2.1. Historia del Trike Bike.....	21
2.2. Tipos de Trikes.....	23
2.2.1. Configuración Delta.....	23
2.2.2. Configuración Tadpole.....	24
2.3. Dirección Ackerman .....	26
2.4. Transmisión Híbrida.....	27
2.5. Elementos Eléctricos .....	27
2.5.1. Motor Eléctrico .....	28
2.5.2. Módulo de Control .....	29
2.5.3. Controlador de Velocidad del Motor .....	29
2.5.4. Batería .....	30
2.6. Comparador de Carátula.....	31
2.7. Antropometría .....	31

2.8.	Ergonomía en el Diseño .....	32
3.	Especificaciones técnicas de diseño.....	32
4.	Análisis de Alternativas del Diseño Conceptual.....	33
4.1.	Configuración de la Dirección .....	33
5.2.	Alternativas para el tipo Motor Eléctrico.....	34
5.2.1.	Motor Direct Drive HUB .....	34
4.2.2.	Motor Geared HUB .....	35
4.2.3.	Motor Middle Drive .....	36
4.3.	Alternativas para el Tipo de Batería.....	37
4.3.1.	Batería AGM–Plomo.....	37
4.3.2.	Batería Níquel Metal Hidruro .....	38
4.3.3.	Batería Litio.....	39
4.4.	Alternativas para la Configuración de la Suspensión.....	39
4.5.	Alternativas del Subsistema de Frenado .....	40
4.5.1.	Freno V-Brake.....	40
4.5.2.	Freno de Disco Mecánico.....	41
4.5.3.	Configuración mixta.....	42
5.	Diseño del Marco Estructural.....	43
5.1.	Parámetros Incidentes para el Diseño del Marco Estructural.....	43
5.2.	Diseño del Bastidor.....	44

6.3.	Diseño de la Silla.....	53
6.4.	Diseño de la Parilla .....	54
6.	Diseño de la Dirección de la Trike.....	56
6.1.	Diseño de Sujeción de las Llantas Delanteras.....	61
7.	Selección de los Elementos de Transmisión de Potencia.....	64
7.1.	Selección del Motor Eléctrico.....	64
7.2.	Selección de la Batería .....	68
8.	Selección del Sistema de Frenos .....	72
9.	Construcción del Prototipo de la Trike Híbrida .....	73
9.1.	Adquisición de los materiales .....	74
9.2.	Proceso de Construcción del Prototipo .....	74
10.	Pruebas de Funcionamiento del Prototipo.....	85
10.1.	Prueba de Flexión en el Marco Estructural.....	85
10.1.1.	Prueba de Flexión en el Primer Punto Crítico.....	86
10.1.2.	Prueba de Flexión en el Segundo Punto Crítico.....	88
10.2.	Prueba del radio de giro .....	90
10.3.	Prueba de frenado.....	91
10.4.	Prueba de Autonomía.....	93
11.	Análisis de Costos.....	95
12.	Conclusiones .....	98

Bibliografía ..... 100

Apéndices..... 104

**Lista de Tablas**

Tabla 1. <i>Ventajas y desventajas de la configuración Delta según Rickey M. Horwitz. ....</i>	24
Tabla 2. <i>Ventajas y desventajas de la configuración Tadpole según Rickey M. Horwitz.</i>	25
Tabla 3. <i>Disposición del Motor Eléctrico según las alternativas propuestas. Eléctrico..</i>	37
Tabla 4. <i>Alternativas de Posición del Amortiguador.....</i>	40
Tabla 5. <i>Fuerzas Aplicadas sobre el Bastidor .....</i>	46
Tabla 6. <i>Fuerzas y Torques Aplicados sobre el Tenedor.....</i>	51
Tabla 7. <i>Características del Motor Gp-D30 de la Marca Green Pedel .....</i>	68
Tabla 8. <i>Características de la batería Mc-S045 de Ecoline .....</i>	70
Tabla 9. <i>Resultados de los Tres Estudios Realizados para la Prueba de Frenado .....</i>	92
Tabla 10. <i>Características principales del Prototipo.....</i>	93
Tabla 11. <i>Tiempo de Descarga de las Baterías en un Recorrido continuo .....</i>	94
Tabla 12. <i>Detalle Costos Materiales.....</i>	95
Tabla 13. <i>Detalle Costos Mano de Obra.....</i>	96
Tabla 14. <i>Detalle Valor Total Proyecto .....</i>	97

### Lista de Figuras

Figura 1. <i>El carruaje artístico de Stephan Farfler</i> .....	21
Figura 2. <i>Conventry Lever Tricycle, 1876</i> .....	22
Figura 3. <i>Triciclo de dirección delantera, 1881</i> .....	23
Figura 4. <i>Trike tipo delta Trike tipo delta</i> .....	24
Figura 5. <i>Trike tipo tadpole</i> .....	25
Figura 6. <i>Dirección Ackermann Dirección Ackermann</i> .....	26
Figura 7. <i>Ejemplo de un sistema con Trasmisión Híbrida</i> .....	27
Figura 8. <i>Componentes eléctricos Componentes eléctricos</i> .....	28
Figura 9. <i>Motor eléctrico Motor eléctrico</i> .....	28
Figura 10. <i>Modulo eléctrico Modulo eléctrico</i> .....	29
Figura 11. <i>Sistema de freno y acelerador Sistema de freno y acelerador</i> .....	30
Figura 12. <i>Batería Batería</i> .....	30
Figura 13. <i>Comparador de Caratula con sus partes</i> .....	31
Figura 14. <i>Motor Direct Drive HUB</i> .....	35
Figura 15. <i>Motor Geared HUB</i> .....	36
Figura 16. <i>Motor Middle Drive</i> .....	36
Figura 17. <i>Batería AGM-Plomo</i> .....	38
Figura 18. <i>Batería Níquel Metal Hidruro</i> .....	38
Figura 19. <i>Batería Litio</i> .....	39
Figura 20. <i>Freno V-Brake</i> .....	41
Figura 21. <i>Freno de Disco Mecánico</i> .....	41

Figura 22. <i>Esquema Conceptual de la Trike y requerimientos del diseño</i> .....	42
Figura 23. <i>Medidas Antropométricas para el Diseño del Marco de la Trike</i> .....	44
Figura 24. <i>Dimensiones Generales del Bastidor</i> .....	45
Figura 25. <i>Diagrama de Cuerpo Libre para el Bastidor</i> .....	46
Figura 26. <i>Simulación de Tensión de Von Mises para el Bastidor</i> .....	47
Figura 27. <i>Simulación de Deformación para el Bastidor</i> .....	47
Figura 28. <i>Simulación Factor de Seguridad para el Bastidor</i> .....	48
Figura 29. <i>Ubicación del Primer Punto Crítico en el Bastidor</i> .....	48
Figura 30. <i>Ubicación del Segundo Punto Crítico en el Bastidor</i> .....	49
Figura 31. <i>Representación del Eje de la Llanta Trasera en el Tenedor para Análisis de Fuerzas</i> .....	50
Figura 32. <i>Diagrama de Cuerpo Libre Vista Superior del Eje de la Llanta trasera</i> .....	50
Figura 33. <i>Diagrama de Cuerpo Libre Vista Frontal del Eje de la Llanta trasera</i> .....	51
Figura 34. <i>Simulación de Tensión de Von Mises para el Tenedor Trasero</i> .....	52
Figura 35. <i>Simulación de Deformación para el Tenedor Trasero</i> .....	52
Figura 36. <i>Simulación Factor de Seguridad para el Tenedor Trasero</i> .....	53
Figura 37. <i>Modelado 3D Ergonómico de la Silla</i> .....	54
Figura 38. <i>Modelado 3D de la Parrilla</i> .....	55
Figura 39. <i>Modelado 3D del Marco Estructural</i> .....	55
Figura 40. <i>Modelado 3D del Tubo de Dirección</i> .....	56
Figura 41. <i>Dirección con Sistema de Arrastre con Enlace Doble Cruzado</i> .....	57
Figura 42. <i>Ángulo de Giro</i> .....	58
Figura 43. <i>Dirección Recta</i> .....	59

Figura 44. <i>Dirección Accionada al Máximo</i> .....	60
Figura 45. <i>Ángulo de Camber</i> .....	61
Figura 46. <i>Ángulo de Caster</i> .....	62
Figura 47. <i>Modelado 3D de la Dirección</i> .....	63
Figura 48. <i>Vista Superior del Ensamble de la Dirección en la Trike</i> .....	63
Figura 49. <i>Fuerzas que Afectan el Desplazamiento del Vehículo</i> .....	64
Figura 50. <i>Motor Gp-D30 Greenpedel</i> .....	68
Figura 51. <i>Batería Mc-S045 de Ecoline</i> .....	70
Figura 52. <i>Frenos de disco Shimano</i> .....	72
Figura 53. <i>Modelado 3D Teórico de la Trike</i> .....	73
Figura 54. <i>Corte de las Partes de la Trike</i> .....	74
Figura 55. <i>Unión de las Piezas del Marco Estructural</i> .....	75
Figura 56. <i>Modelado 3D del Tenedor Trasero en Planos</i> .....	75
Figura 57. <i>Montaje del Tenedor Trasero</i> .....	76
Figura 58. <i>Montaje de otros Componentes al Bastidor</i> .....	76
Figura 59. <i>Montaje de la cadena y el motor</i> .....	77
Figura 60. <i>Montaje de la Dirección</i> .....	77
Figura 61. <i>Modelado 3D del Eje de Dirección</i> .....	78
Figura 62. <i>Montaje Incorrecto del Ala de la Dirección</i> .....	78
Figura 63. <i>Montaje Correcto del Ala de la Dirección</i> .....	79
Figura 64. <i>Diseño del Ala de Dirección</i> .....	79
Figura 65. <i>Montaje Incorrecto del Tubo de Dirección</i> .....	80
Figura 66. <i>Montaje Correcto del Tubo de Dirección</i> .....	80

Figura 67. <i>Marco Estructural con la Primera Capa de Pintura Anticorrosiva</i> .....	81
Figura 68. <i>Ejemplo de Doblado en Frío para Doblados Moderados</i> .....	81
Figura 69. <i>Perfil de la Silla del Prototipo</i> .....	82
Figura 70. <i>Proceso de Tejido de la Malla para la Silla</i> .....	82
Figura 71. <i>Proceso Final del Tejido de la Silla</i> .....	83
Figura 72. <i>Aplicación de la Última Capa de Pintura</i> .....	83
Figura 73. <i>Baterías y Motor Eléctrico del Prototipo</i> .....	84
Figura 74. <i>Prototipo Final de la Trike Híbrida</i> .....	84
Figura 75. <i>Simulación de Deformación para el Bastidor para carga estática 100 [Kg]</i> . 85	
Figura 76. <i>Montaje de los Puntos de Apoyo del Bastidor en Superficie Uniforme</i> .....	86
Figura 77. <i>Montaje del Comparador de Caratula en el Primer Punto Crítico</i> .....	87
Figura 78. <i>Bastidor Sometido a un Peso de 100,5 [Kg]</i> .....	87
Figura 79. <i>Resultado del Comparador de Caratula para el Primer Punto Crítico</i> .....	88
Figura 80. <i>Montaje del Comparador de Caratula en el Segundo Punto Crítico</i> .....	89
Figura 81. <i>Resultado del Comparador de Caratula para el Segundo Punto Crítico</i> .....	89
Figura 82. <i>Ejecución de la Prueba de radio de Giro de la Trike</i> .....	90
Figura 83. <i>Toma de Medida del Diámetro de Giro con Ayuda de un Decámetro</i> .....	91
Figura 84. <i>Toma de Medida de la Distancia de Frenado con Ayuda de un Decámetro</i> ... 92	

**Lista de Apéndices**

Apéndice A. Catálogo Greenpedel Selección Motor Eléctrico – Tienda Virtual .....	104
Apéndice B. Catálogo Ecoline para Selección de Batería de Litio (Página 75-76).....	106
Apéndice C. Ficha Técnica Trike Teórica.....	107
Apéndice D. Planos del Diseño Teórico de la Trike .....	108

## Resumen

**Título:** Diseño y construcción de un prototipo de un vehículo de tres ruedas con tracción híbrida como alternativa de movilidad en el área metropolitana de Bucaramanga<sup>1</sup>.

**Autores:** Michael Alexander Cadena Ardila y Yelitza J. Villamizar Guerrero<sup>2</sup>.

**Palabras Claves:** Triciclo, trike, prototipo, diseño ergonómico, recumbente, vehículo eléctrico, mecanismo, descarbonización.

## Descripción

Debido al aumento en la cantidad de vehículos automotores presentes en el departamento de Santander, concretamente en el área metropolitana de Bucaramanga es necesario buscar alternativas que ayuden a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al ambiente, debido a esto se plantea el siguiente diseño de una trike híbrida como alternativa de movilidad.

Para el diseño de esta propuesta se han tenido en cuenta parámetros incidentes como la antropometría promedio de los residentes de la localidad, la autonomía del vehículo, el uso de un motor eléctrico como apoyo para recorrer largas distancias, los diferentes tipos de dirección existentes, una estructura resistente y fácil de manufacturar, priorizando un diseño ergonómico y cómodo para el usuario.

Finalmente se procede con la selección de los componentes y los tipos de configuración deseados, posteriormente se procede con la creación de un prototipo que permita caracterizar la funcionabilidad del diseño.

---

<sup>1</sup> Trabajo de Grado

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería de Mecánica. Director Ricardo Alfonso Jaimes Rolon.

### **Abstract**

**Title:** Design and construction of a prototype of a three-wheeled vehicle with hybrid drive as an alternative for mobility in the metropolitan area of Bucaramanga<sup>1</sup>.

**Authors:** Michael Alexander Cadena Ardila y Yelitza J. Villamizar Guerrero<sup>2</sup>.

**Key words:** Tricycle, trike, prototype, ergonomic design, recumbent, electric vehicle, mechanism, decarbonization.

### **Description:**

Due to the increase in the number of motor vehicles present in the department of Santander, specifically in the metropolitan area of Bucaramanga, it is necessary to look for alternatives that help to reduce gas emissions into the environment, as a result, the following design of a hybrid trike is proposed as a mobility alternative.

For the design of this proposal, we have considered parameters such as the average anthropometry of the residents, the autonomy of the vehicle, the use of an electric motor to support long distances, the different types of existing steering, a resistant and easy to manufacture structure, prioritizing an ergonomic and comfortable design for the user.

Finally, we proceed with selecting the desired components and types of configurations and then proceed with creating a prototype that allows us to characterize the functionality of the design.

## Introducción

El uso indiscriminado de un producto finito como lo son los combustibles fósiles ocasiona una gran producción de monóxido de carbono, gas que constantemente degrada la capa de ozono, por ende, diferentes países a través del mundo están en busca de distintas formas de transporte que no produzcan carbono.

Según la ONU las emisiones de transporte representan más de una cuarta parte de los gases de efecto invernadero, por lo tanto, el secretario general de la ONU menciona que deberíamos estar logrando descarbonizar el transporte a nivel mundial para el 2050.

Pero el ayudar al medio ambiente no es la única ventaja que ocasiona un sistema de movilidad sostenible, según el banco mundial, el cambio hacia un transporte sostenible podría ocasionar un ahorro de 70 billones de dólares para el 2050.

Actualmente, el departamento de Santander se posiciona como el cuarto departamento con mayor densidad poblacional en el país de acuerdo con el último Censo Nacional de Población y Vivienda realizado por el DANE en el año 2018, y en tal sentido, en solo el área metropolitana de Bucaramanga habitan 1,2 millones de personas que corresponde al 59,9% del total de la región (PVS Interactive, 2018).

Teniendo en cuenta el crecimiento exponencial de la población en el área metropolitana, se tiene conocimiento que en esta localidad transitan más de 760 mil automotores registrados, esto equivale a un aumento del 147% en la última década (José Luis Pineda, 2021). De esta forma, se ha evidenciado un impacto negativo en el tráfico de la ciudad y la calidad del aire que respiran los santandereanos. Sin embargo, desde hace unos meses la población se ha visto más interesada en

cambiar su forma de transporte, lo que ha llegado a incrementar las ventas de vehículos eléctricos en un 20,3% (Miguel Orlando Alguero, 2024).

Es por ello, que esta propuesta busca apostarle a la innovación y alternativas de transporte como lo es un prototipo de Trike con tracción híbrida que esté al alcance de los usuarios y sea seguro, con el fin de lograr un cambio considerable en la sociedad y cultura Santandereana.

Se plantea una estructura basada en las fases de diseño, en dónde inicialmente se establecen los parámetros incidentes, se realiza el análisis de alternativas de las posibles configuraciones y componentes que conformarán la Trike, los cuales brindan el punto de partida para el diseño del marco estructural y la selección del sistema de transmisión de potencia. Luego, se documenta el proceso de construcción del prototipo, al cual se realizan diferentes pruebas de funcionamiento con el propósito de comparar el diseño teórico planteado con el práctico.

Dando como resultado el diseño de una trike híbrida que posee un motor de 1000[W] a 48 [V], con una batería que brinda una autonomía mayor a 50 [km], una estructura estable tipo tadpole con un diseño que distribuye las fuerzas realizadas por el motor y el peso del usuario, además de una dirección tipo Ackermann que permite un radio de giro menor a 3.2[m], ofreciendo una experiencia cómoda, segura y eficiente al usuario.

## 1. Objetivos

### 1.1. Objetivo General

Diseñar y construir un prototipo de un vehículo de tres ruedas con tracción híbrida (humano - eléctrica) con una autonomía mínima de 50 kilómetros, como alternativa de movilidad sostenible que sea compatible con las vías que existen en el área metropolitana de Bucaramanga.

### 1.2. Objetivos Específicos

- Diseñar un prototipo del vehículo de tres ruedas que contemple las siguientes características:
  - Peso máximo de 170 [Kg].
  - Sistema híbrido con capacidad aproximada de 1000 [vatios].
  - Longitud mínima de 180 [cm].
  - Ancho mínimo de 70 [cm].
  - Sistema estructural y de rodaje.
  - Sistema Motriz.
  - Sistema de frenos.
  - Sistema Eléctrico.
- Validar la funcionalidad del prototipo mediante pruebas de flexión y torsión en el chasis, medición del radio de giro en curva, distancia de frenado y autonomía de la trike híbrida.

- Analizar el costo de manufactura de la trike híbrida en Bucaramanga en relación con los costos comerciales que se pueden encontrar en el mercado actual.

## 2. Referentes Teóricos

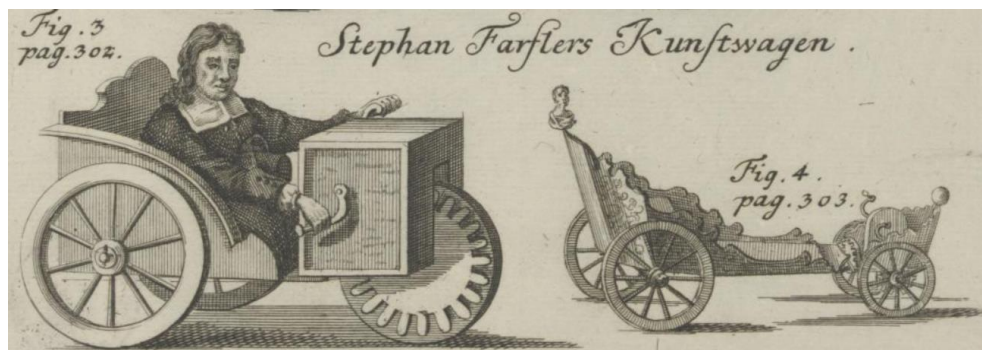
Con el propósito de proporcionarle al lector el conocimiento previo referente a los conceptos fundamentales, factores y parámetros que influyen en la realización de este proyecto, se describe a continuación de forma breve y concisa cada uno de ellos.

### 2.1. Historia del Trike Bike

La primera Trike data del siglo XVII, la cual fue ideada y construida por un parapléjico alemán de nombre Stephan Farfler. El diseño tenía una configuración de manivela y engranajes, lo que permitía ser utilizado manualmente proporcionándole mayor movilidad.

#### Figura 1.

*El carruaje artístico de Stephan Farfler*



En 1789, Blanchar y Maguier, dos inventores franceses desarrollan su propio modelo de triciclo, este acontecimiento hace que el Journal de Paris acuñe el termino de triciclo, con el propósito de diferenciarlo de una bicicleta.

Eventualmente, en el año 1876, James Starley inventa el Coventry Lever Tricycle, un triciclo con tracción lateral dirigido por una manija, el diseño constaba de dos ruedas pequeñas a su lado derecho, conectadas por un tubo largo, y una rueda motriz de gran tamaño en la parte izquierda del mismo.

### **Figura 2.**

*Coventry Lever Tricycle, 1876*

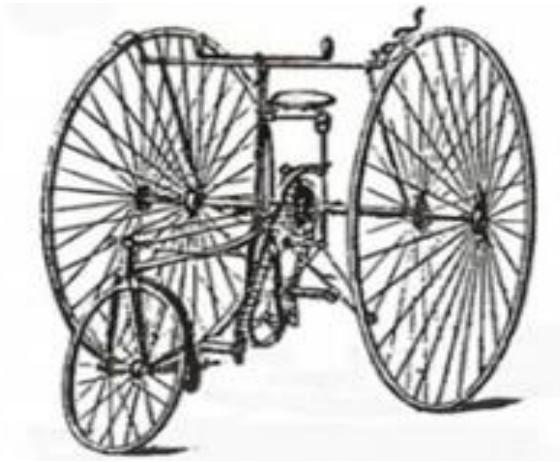


Pero no fue hasta su siguiente invento que el triciclo comienza a tener un mayor impacto en la sociedad, el Coventry Rotary inventado por James Starley revolucionó el ciclismo en Gran Bretaña, y alrededor de 1879, ya se encontraban distintos modelos de triciclos. Además, modelos que eran producidos en Coventry, Inglaterra.

El triciclo con dirección delantera además del triciclo plegable tuvo su primera aparición en el año 1881 creados por la Compañía The Leicester Safety Tricycle Company con un precio de 18 euros en el mercado.

### **Figura 3.**

*Triciclo de dirección delantera, 1881*



## **2.2. Tipos de Trikes**

Según Rickey M. Horwitz (2010) se pueden dividir los tipos de trikes en dos configuraciones, configuración delta y configuración tadpole.

### **2.2.1. Configuración Delta**

En esta configuración se dispone de una llanta al frente y dos en la parte trasera, usualmente acompañado de una dirección simple, la cual permite que la rueda delantera gire hasta alcanzar un ángulo de 80°.

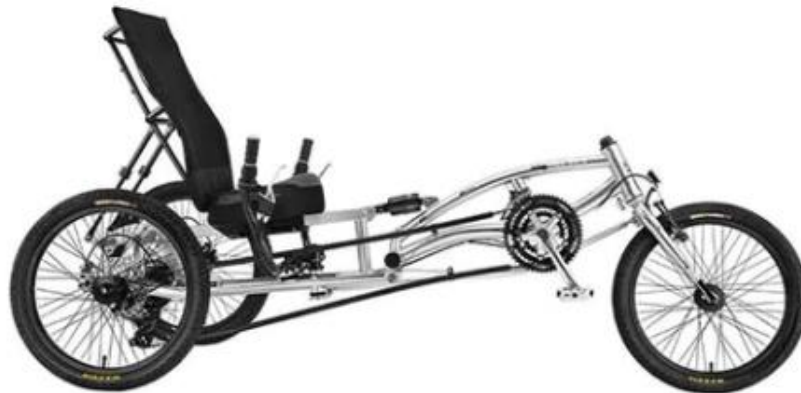
**Tabla 1.**

*Ventajas y desventajas de la configuración Delta según Rickey M. Horwitz.*

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al tener un diseño semejante a una bicicleta estándar, su construcción es más sencilla.</li> <li>• El costo de fabricación es económico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta mayor balanceo en movimientos rápidos, lo que se interpreta como una configuración inestable.</li> <li>• La fuerza de frenado recae mayormente en la llanta delantera, lo que afecta negativamente el equilibrio del vehículo.</li> </ul>

**Figura 4.**

*Trike tipo delta*



### **2.2.2. Configuración Tadpole**

En esta configuración, la llanta solitaria se encuentra en la parte posterior del diseño, además se debe tener en cuenta un sistema de dirección Ackermann.

**Tabla 2.**

*Ventajas y desventajas de la configuración Tadpole según Rickey M. Horwitz.*

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posee un sistema de frenado eficiente y seguro.</li> <li>• Proporciona un manejo confortable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere de más piezas únicas, lo cual aumenta la complejidad del diseño.</li> <li>• El costo de fabricación es mayor.</li> </ul>

**Figura 5.**

*Trike tipo tadpole*



Actualmente, las trike con configuración tipo tadpole son mayormente preferidas por los usuarios, ya que poseen una mejor estabilidad por su bajo centro de masa, lo cual permite un mayor control del vehículo a altas velocidades (O'Brien, 2022).

Aunque esto puede ser una desventaja si se considera que el usuario tiene problemas de movilidad o situaciones que le impidan recostarse demasiado ya que es el modelo que se encuentra más cerca del suelo.

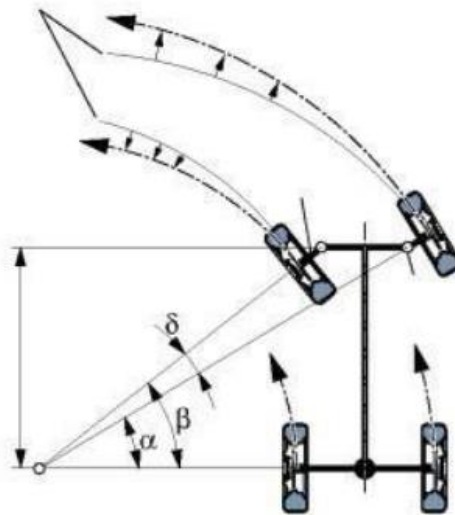
### 2.3. Dirección Ackerman

La dirección Ackerman es un mecanismo utilizado en la industria automotriz, cuyo propósito es cambiar de forma proporcional la posición de las llantas exteriores con respecto a las interiores, en el momento en que todas las ruedas giren en torno al mismo centro instantáneo de rotación, permitiendo así mayor control y menor desgaste en los neumáticos (INGENIERIA Y MECANICA AUTOMOTRIZ, 2019).

Para este tipo de configuración, se utiliza una barra que une los pivotes de dirección y unas bielas que adopten el ángulo preciso respecto al eje longitudinal, de esta forma se logra que las llantas directrices giren concéntricamente con radios diferentes.

**Figura 6.**

*Dirección Ackermann*



## 2.4. Transmisión Híbrida

Es un sistema de transmisión en el cual se combinan dos o más formas de potencia, con el objetivo de aprovechar los beneficios de cada tipo de motor, mejorando la eficiencia del mecanismo, reduciendo el consumo de combustible y las emisiones.

Este tipo de transmisiones puede incluir componentes como un motor de combustión interna, un motor eléctrico, un generador, batería y un sistema de gestión electrónica que coordine el funcionamiento de los distintos componentes optimizando el rendimiento del mecanismo.

### Figura 7.

*Ejemplo de un sistema con Trasmisión Híbrida*



## 2.5. Elementos Eléctricos

Son componentes o partes del sistema eléctrico que conducen, controlan o transforman la electricidad. Su función principal es distribuir y regular la corriente eléctrica en un sistema eléctrico. A continuación, se describen algunos elementos:

**Figura 8.**

*Componentes eléctricos*

**2.5.1. Motor Eléctrico**

Es el elemento encargado de generar el par y potencia necesario para poner en movimiento el vehículo, mediante la formación de campos magnéticos que se producen en las bobinas que éste posee.

**Figura 9.**

*Motor eléctrico*



### 2.5.2. *Módulo de Control*

Es el dispositivo electrónico encargado de enviar y recibir señales a los diferentes elementos con los que interactúa, como lo son: el acelerador, motor eléctrico, indicador digital, sensor de pedaleo, manijas de freno. Su función estará basada de acuerdo con las acciones que realice el usuario.

### **Figura 10.**

*Modulo eléctrico*



### 2.5.3. *Controlador de Velocidad del Motor*

Es el componente encargado de enviar la señal al controlador para aumentar o disminuir la velocidad del motor eléctrico.

**Figura 11.**

*Sistema de freno y acelerador*



#### 2.5.4. Batería

Es un dispositivo electroquímico que almacena energía en forma química y la convierte en energía eléctrica cuando es necesario. Consta de una o más celdas electroquímicas conectadas en serie o en paralelo y pueden recargarse mediante corriente inversa. Este componente se encarga de proveer energía a todo el sistema según sea necesario con el fin de proveer la potencia y duración necesaria.

**Figura 12.**

*Batería*



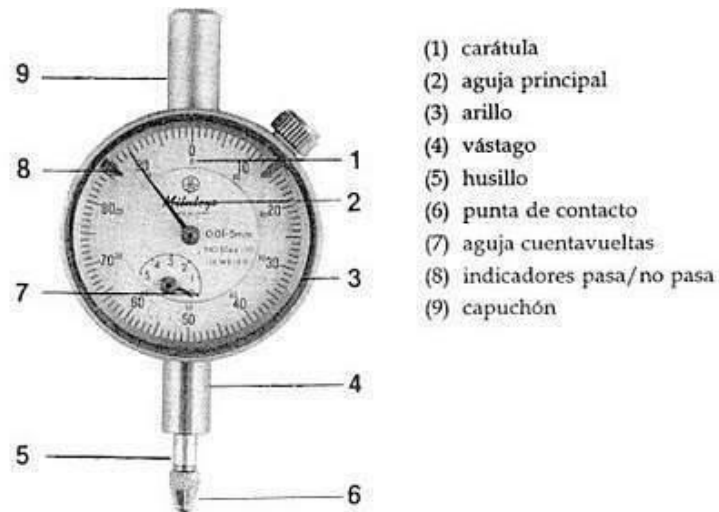
## 2.6. Comparador de Carátula

El comparador de carátula es una herramienta de medida analógica que se utiliza para medir magnitudes lineales de forma directa (midiendo directamente la magnitud deseada) o indirecta (estableciendo la diferencia entre la magnitud deseada y otra conocida).

Este tipo de instrumentos alcanza a medir con resolución de 0,01 mm y 0,001 mm. Se usa conectado a bases, soportes, referencias o guías, para garantizar una medición correcta, debido a que es demasiado frágil.

### Figura 13.

*Comparador de Caratula con sus partes*



## 2.7. Antropometría

Es la ciencia encargada de estudiar las dimensiones y proporciones del cuerpo humano, de acuerdo con las características de los grupos poblacionales, esto incluyen mediciones de altura, peso,

longitud de las extremidades, circunferencia de varias partes del cuerpo y otros aspectos anatómicos que permiten comprender la forma en como el ser humano se relaciona con su entorno.

## **2.8. Ergonomía en el Diseño**

La ergonomía en el diseño tiene como objetivo garantizar que los espacios, herramientas, equipos y tareas de trabajo se adapten adecuadamente a las capacidades físicas y cognitivas de las personas que los utilizan, con el objetivo de prevenir lesiones, mejorar el confort y aumentar la seguridad.

## **3. Especificaciones técnicas de diseño**

Con el propósito de brindar una guía precisa para el diseño y construcción del prototipo de una trike con tracción híbrida como alternativa de movilidad en el área metropolitana de Bucaramanga, es importante establecer los requerimientos y características del vehículo, de forma que estos se adapten a las necesidades del usuario.

- El peso del prototipo no debe exceder los 170 [Kg].
- Sistema híbrido con capacidad aproximada de 1000 [vatios].
- Longitud mínima de 180 [cm].
- Ancho mínimo de 70 [cm].
- El marco estructural debe soportar una carga estática máxima de 100 [Kg].
- Estructura ergonómica y estable.

- Configuración para llevar peso extra no mayor a 10 [Kg].
- Capacidad para una sola persona.
- Se debe comprobar la funcionabilidad del diseño mediante un prototipo.
- Los costos de fabricación del prototipo deben ser minimizados sin comprometer la calidad ni funcionabilidad.

#### **4. Análisis de Alternativas del Diseño Conceptual**

Para satisfacer los requerimientos se plantean las siguientes alternativas de diseño, componentes y configuraciones que conforman el sistema general de la Trike, con la finalidad de seleccionar la alternativa más apropiada teniendo en cuenta la disponibilidad en el mercado actual, funcionabilidad dentro del diseño y factores técnicos.

##### **4.1. Configuración de la Dirección**

De acuerdo con la información recopilada referente a los tipos de configuraciones que puede tener una Trike, se decidió realizar un diseño con configuración tipo Tadpole. El disponer de dos ruedas delanteras y una trasera proporciona al diseño mayor estabilidad, ya que el centro de gravedad se encuentra más cerca al suelo, esto disminuye el riesgo de volcaduras o inclinaciones que puedan afectar la seguridad del usuario que use el vehículo, cuando este se traslade a velocidades altas o en curvas.

Adicionalmente, en la configuración tipo Tadpole la distribución de peso es más uniforme, lo cual implica un mayor control del usuario sobre el vehículo en superficies irregulares o en momentos de cambios bruscos en el movimiento.

## **5.2. Alternativas para el tipo Motor Eléctrico**

Uno de los principales requisitos para el diseño de la Trike es la incorporación de un sistema híbrido, es decir, combinar dos formas de propulsión diferentes con el objetivo de lograr un mejor rendimiento, así mismo, se busca que esta composición no afecte negativamente al ambiente.

Adicional a esto, la integración de un segundo sistema de potencia se plantea como un apoyo para el usuario teniendo en cuenta que uno de los requerimientos del diseño es que el vehículo tenga autonomía y se pueda utilizar para recorrer largas distancias.

En tal sentido, se presentan las características más notables de cada una de las alternativas de motores eléctricos que se tuvieron en cuenta.

### **5.2.1. *Motor Direct Drive HUB***

Usualmente se utiliza en mecanismos que busquen velocidad, pero no necesiten de torque. La principal característica del Direct Drive HUB es que no posee engranajes para su funcionamiento, en otras palabras, este motor gira a la misma velocidad de la llanta en la que se encuentra instalado.

Al no poseer engranes, se caracteriza por un funcionamiento silencioso, sin embargo, este tipo de motor tiende a ser más pesado y de mayor tamaño, ya que debe compensar la falta de torque. Por esto mismo, no es recomendable si se piensa usar en lugares que se caracterizan por tener un terreno irregular y/o con demasiadas pendientes.

Este tipo de motor puede presentar un sistema regenerativo, el cual puede ser usado como freno y ayuda a disminuir el desgaste en mecanismo de frenado.

#### **Figura 14.**

*Motor Direct Drive HUB*



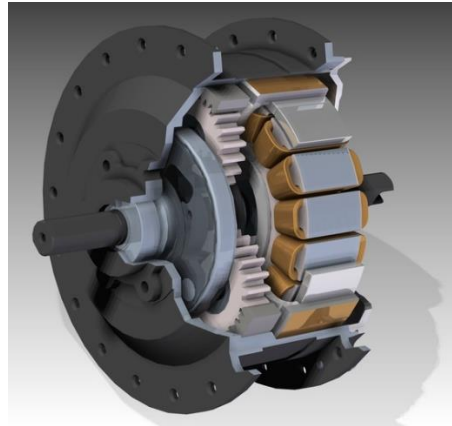
#### **4.2.2. Motor Geared HUB**

Posee un rendimiento bastante estable y equilibrado ya que al poseer engranes, su torque es mayor a su contraparte sin engranes, esto implica que su diseño sea más compacto y ligero, pero a su vez más ruidoso.

Aunque su velocidad máxima es menor, presenta mayor eficiencia energética en terrenos irregulares con pendientes elevadas, permitiendo una mayor autonomía del vehículo.

**Figura 15.**

*Motor Geared HUB*



#### **4.2.3. Motor Middle Drive**

Esta configuración se caracteriza principalmente por funcionar únicamente como asistencia a la fuerza ejercida por el pedal.

A pesar de ofrecer un torque excelente, brindando la mejor eficiencia energética de las tres alternativas, su velocidad es significativamente menor.

**Figura 16.**

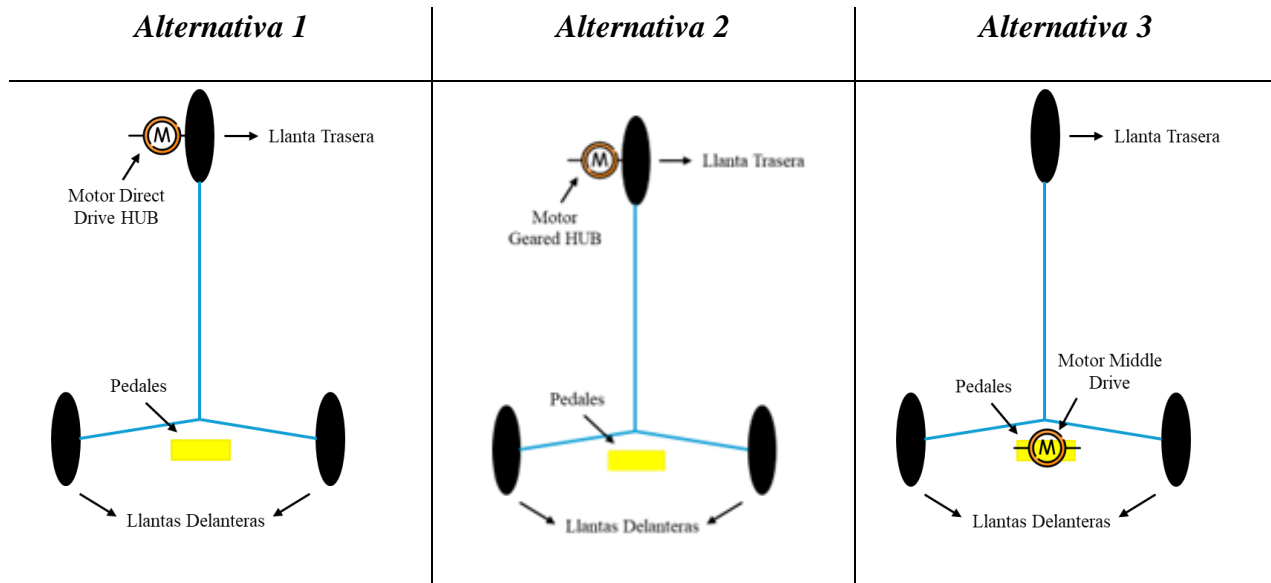
*Motor Middle Drive*



En la siguiente tabla se presenta la ubicación del motor según las alternativas planteadas anteriormente.

**Tabla 3.**

*Disposición del Motor Eléctrico según las alternativas propuesta.*



#### 4.3. Alternativas para el Tipo de Batería

A continuación, se mencionan los tipos de baterías más utilizadas en este tipo de vehículos.

##### 4.3.1. Batería AGM-Plomo

Este tipo de batería lleva mucho tiempo en el mercado, ofrece un rendimiento aceptable y es económica. Sin embargo, su tiempo de recarga es lento, adicional, su peso y volumen es significativo.

**Figura 17.**

*Batería AGM-Plomo*



#### 4.3.2. *Batería Níquel Metal Hidruro*

Estas baterías poseen mayor capacidad por volumen en comparación con las baterías AGM-Plomo, así como un mayor número de ciclos de carga. Por otro lado, soportan un rango muy mínimo de temperatura, su costo de mantenimiento es elevado y son significativamente más sensibles a las sobrecargas.

**Figura 18.**

*Batería Níquel Metal Hidruro*



### 4.3.3. *Batería Litio*

Actualmente, es la alternativa más comercial en el mercado gracias a su alta capacidad, elevada eficiencia y no requiere mantenimiento. Sin embargo, su principal desventaja radica en su inestabilidad a altas temperaturas, ya que puede llegar a ser explosivo o inflamable.

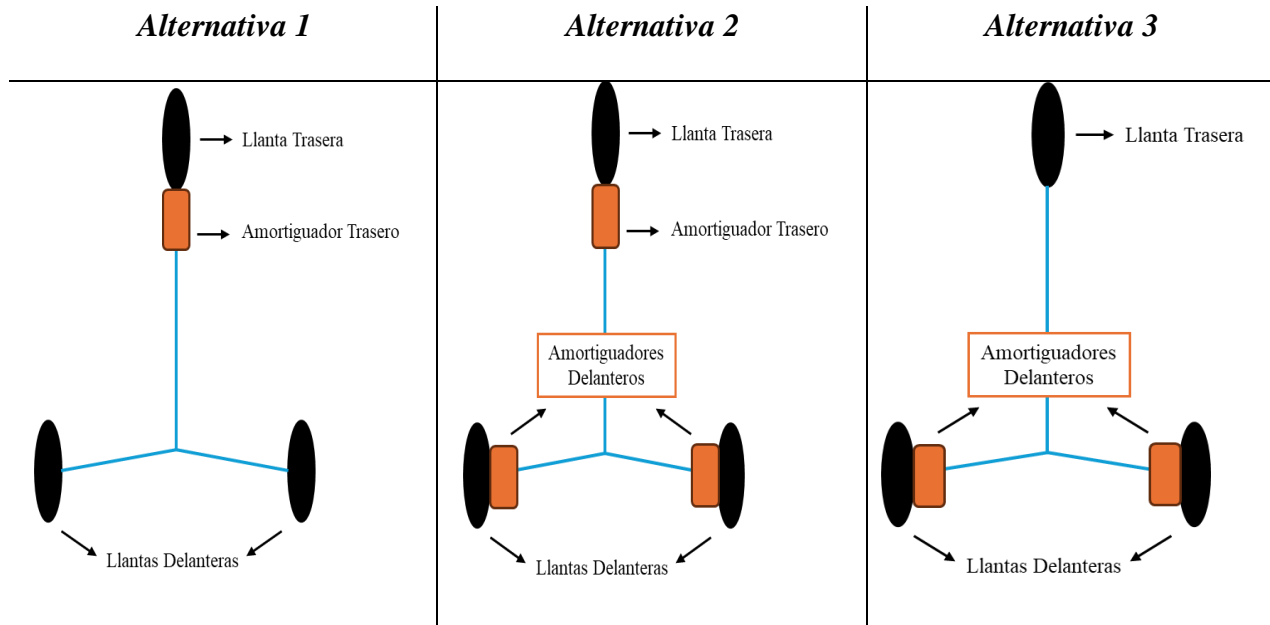
### **Figura 19.**

*Batería Litio*



### **4.4. Alternativas para la Configuración de la Suspensión**

En la siguiente tabla se presentan alternativas de ubicación del amortiguador, que se contemplaron en este proyecto.

**Tabla 4.***Alternativas de Posición del Amortiguador.*

#### 4.5. Alternativas del Subsistema de Frenado

En esta parte, se mencionan los tipos de frenos más utilizados para este tipo de mecanismo.

##### 4.5.1. Freno V-Brake

Este tipo de freno es bastante similar a un freno de zapata, la diferencia radica en que posee unos brazos más largos lo cual proporciona una mayor potencia de frenado. Se caracterizan por ser económicos, de fácil reemplazo. Sin embargo, su efectividad disminuye cuando la superficie se encuentra mojada y/o hay barro, presentando un mayor desgaste que otro tipo de frenos.

**Figura 20.**

*Freno V-Brake*



#### 4.5.2. Freno de Disco Mecánico

Este tipo de freno funciona mediante una guaya o cable que se encarga de presionar una pinza en el freno de disco.

Esta alternativa ofrece mayor potencia de frenado, alta resistencia al desgaste y menor mantenimiento, por otro lado, su coste es elevado en comparación a los frenos de zapata.

**Figura 21.**

*Freno de Disco Mecánico*



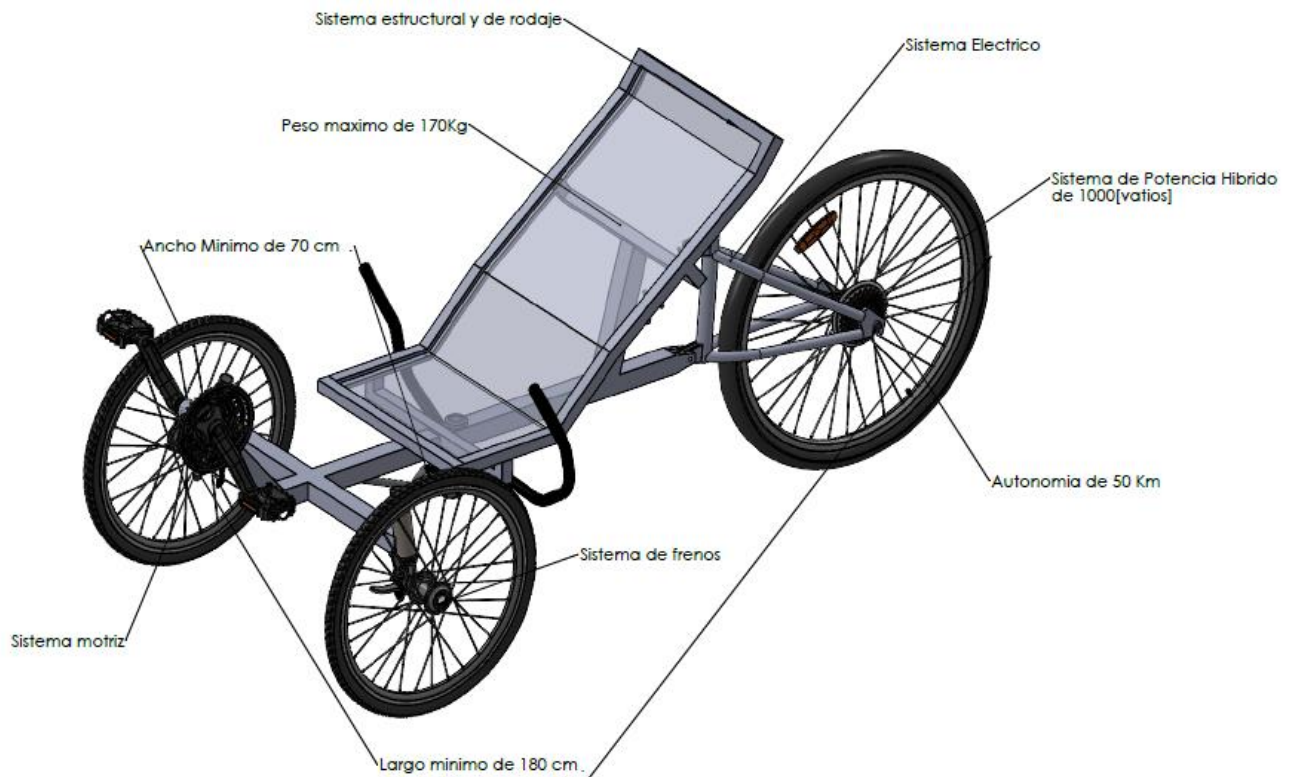
### 4.5.3. Configuración mixta

Se ha tenido en cuenta una configuración que plantea el uso de frenos de zapata para la llanta trasera y frenos de disco para las llantas delantera o viceversa, este sistema permite una potencia de frenado más equilibrada.

Finalmente, y de acuerdo con las alternativas mencionadas se propone el siguiente esquema conceptual de la Trike Híbrida, sobre el cual se realizarán los cálculos y diseño a detalle.

### Figura 22.

*Esquema Conceptual de la Trike y requerimientos del diseño*



## 5. Diseño del Marco Estructural

Para el diseño del marco estructural es importante identificar inicialmente los parámetros incidentes que influyen en la concepción del chasis de la trike, teniendo en cuenta que la configuración de esta debe ser cómoda y segura para el usuario.

Como punto de inicio, se contempla el estudio realizado por Rosalio Chaurand, Lilia Prado y Elvia González en dónde se exponen las dimensiones antropométricas de la población colombiana, las cuales sirven para determinar las medidas adecuadas que debe tener la estructura acorde a la configuración tipo Tadpole planteada.

Adicional a esto, también se busca que el bastidor diseñado y el material escogido soporte los esfuerzos generados de las cargas que se plantean en los requerimientos del proyecto.

### 5.1. Parámetros Incidentes para el Diseño del Marco Estructural

Para diseñar un marco estructural ergonómico y seguro para el usuario, se debe partir de las siguientes dimensiones antropométricas que presenta en el ser humano:

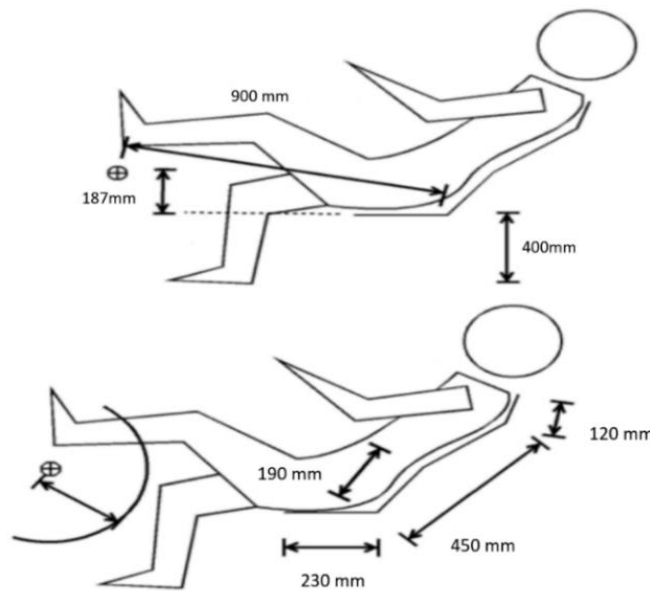
- **Altura del Asiento:** La altura a la que se encuentre el asiento debe permitir que los pies del usuario toquen el suelo de manera cómoda cuando el vehículo se encuentre estático.
- **Longitud del Pedal:** Se recomienda que la distancia entre el asiento y los pedales sea adecuada para permitir un pedaleo eficiente sin causar tensión en las piernas.
- **Ancho del Asiento:** El ancho del asiento debe ser suficiente para proporcionar apoyo y comodidad al usuario.

- **Ángulo y longitud del Respaldo:** El ángulo y longitud del respaldo del asiento debe ser ergonómico para brindar comodidad y soporte adecuados.

De acuerdo con las dimensiones antropométricas de la población laboral colombiana de 20 a 59 años, expuesta en la página 195 del libro Dimensiones Antropométricas de Población Latinoamericana, se obtienen las medidas que se muestran en la figura 23.

### Figura 23.

*Medidas Antropométricas para el Diseño del Marco de la Trike*



## 5.2. Diseño del Bastidor

Una vez identificadas estas medidas, se establece la altura apropiada a la que debe estar la silla con respecto al suelo, el nivel y la distancia que debe estar presente entre la silla y los pedales.

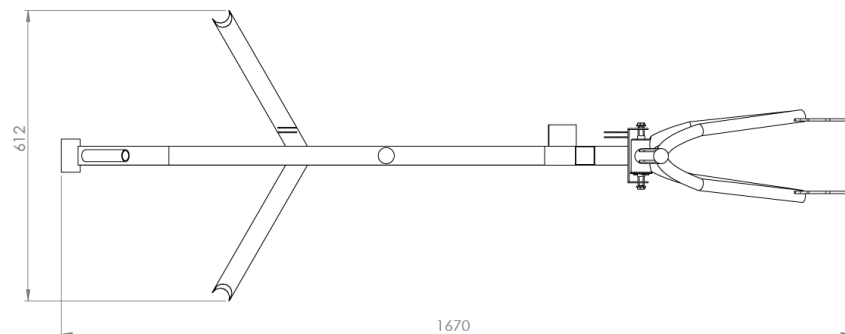
Así mismo, con estos datos se define la altura del bastidor y la ubicación del pedalier con relación a la silla. De esta forma, se mantiene un diseño recumbente con el centro de masa bajo, el cual proporciona una mayor estabilidad a la Trike.

Con el fin que la Trike pueda transitar sin problema por el área metropolitana de Bucaramanga, se plantea que la distancia entre los extremos laterales de las llantas delanteras sea lo menor posible sin afectar la estabilidad del diseño, es decir, no debe ser menor de 800 mm.

Por estas razones se opta por las siguientes medidas: 1670 mm como medida longitudinal y 612 mm como medida entre los laterales, teniendo en cuenta que la distancia extra será otorgada por los ejes y la sujeción de las llantas delanteras.

**Figura 24.**

*Dimensiones Generales del Bastidor*



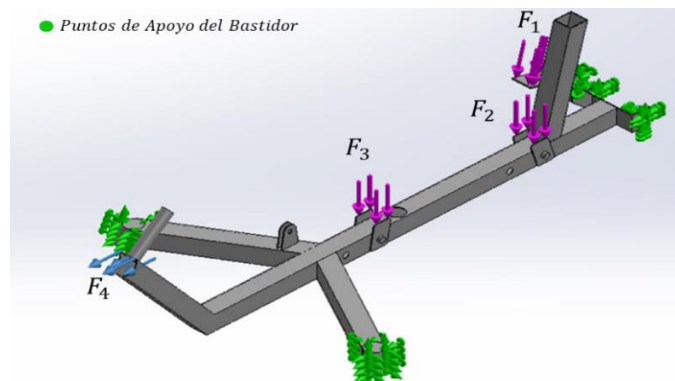
Adicionalmente, se escoge que el perfil del tubo sea cuadrado, ya que según Alsimet permite una mayor distribución de las cargas ofreciendo mayor estabilidad a la estructura y la manufactura de las piezas con este tipo de perfil es mucho más sencilla.

En consecuencia, para la selección del material, se realizaron simulaciones en el software SolidWorks con el fin de obtener un referente en la resistencia del diseño, sus puntos críticos, comprobar las medidas de la estructura y asegurar un factor de seguridad mayor a 2.

En la figura 25, se plantean las fuerzas que se tuvieron en cuenta para el realizar el análisis estático del diseño planteado, dónde,  $F_1$  es la fuerza ejercida por el peso de la batería,  $F_4$  la fuerza que ejerce una persona al momento de pedalear y por último  $F_2$  y  $F_3$  las fuerzas de reacción de la silla, la cual se encuentra sometida a una carga de 100 [Kg].

**Figura 25.**

*Diagrama de Cuerpo Libre para el Bastidor*



**Tabla 5.**

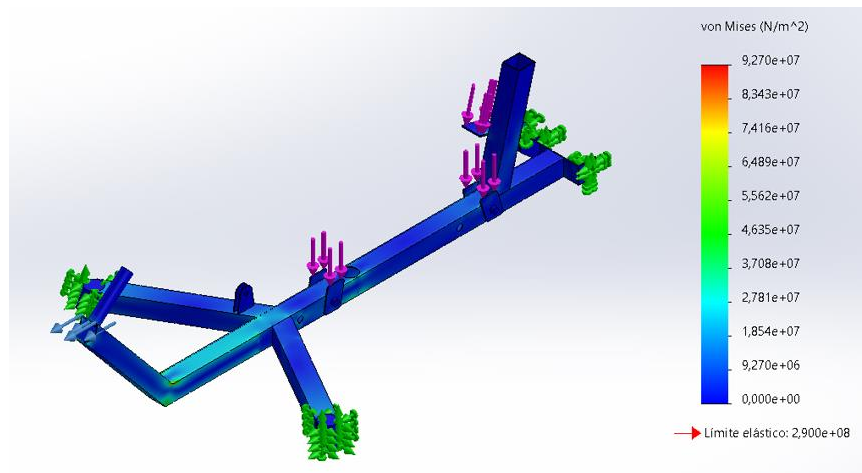
*Fuerzas Aplicadas sobre el Bastidor*

<i>Fuerzas</i>	<i>Magnitud</i>
$F_1$	69 [N]
$F_2$	229 [N]
$F_3$	812 [N]
$F_4$	294 [N]

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las simulaciones de tensión de Von Mises, deformación y factor de seguridad del bastidor diseñado con tubo cuadrado de 40x40x1.5mm, material ASTM A500 Grado B.

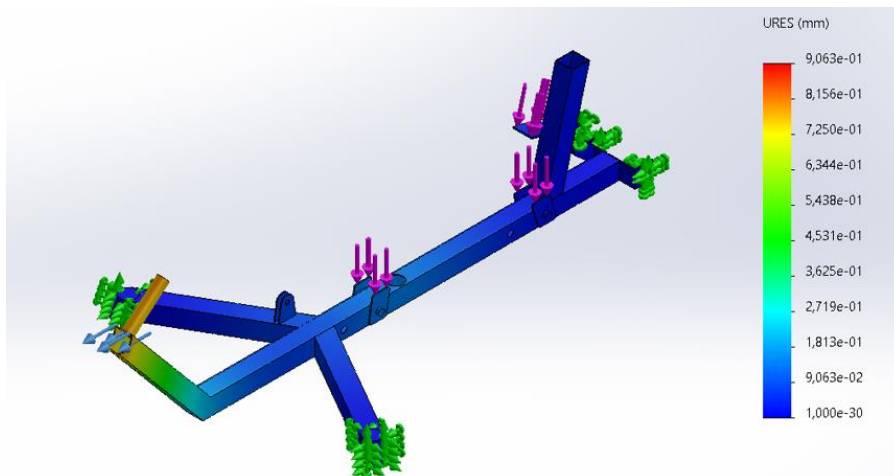
**Figura 26.**

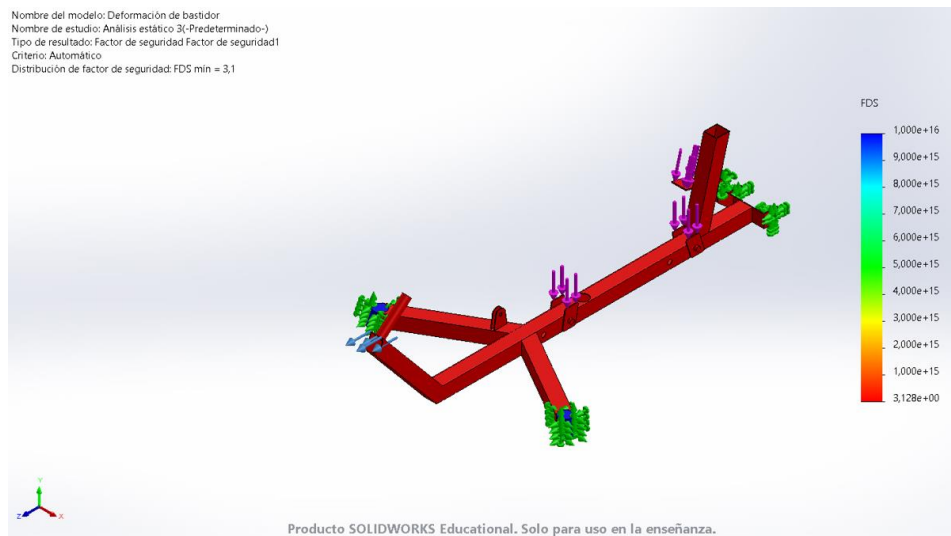
*Simulación de Tensión de Von Mises para el Bastidor*



**Figura 27.**

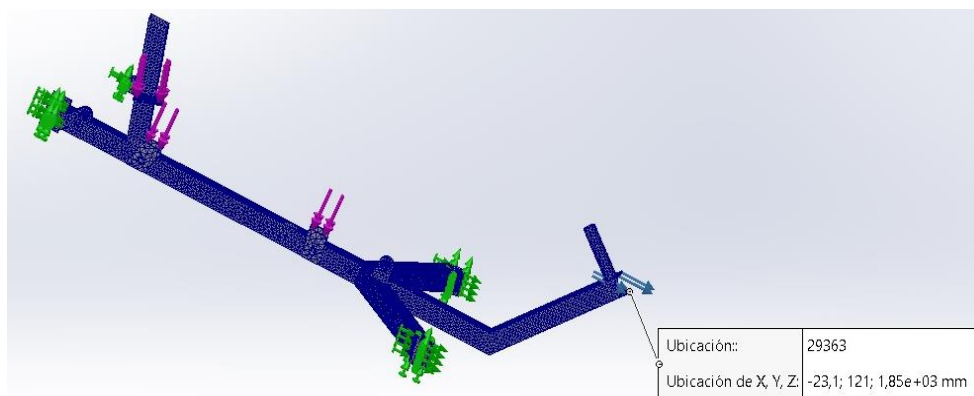
*Simulación de Deformación para el Bastidor*



**Figura 28.***Simulación Factor de Seguridad para el Bastidor*

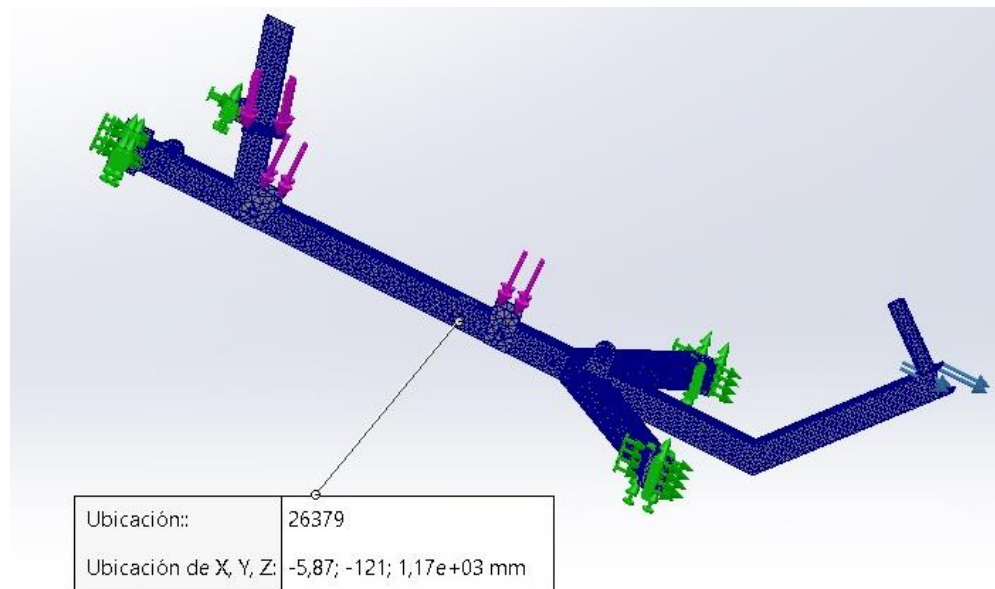
En tal sentido, se puede observar que el material seleccionado junto con la geometría cumple con los requisitos establecidos, ya que cuenta con un factor de seguridad mayor a 2.

También, se obtiene una ubicación aproximada de los dos puntos críticos de la estructura, tal como se muestran en las figuras 29 y 30.

**Figura 29.***Ubicación del Primer Punto Crítico en el Bastidor*

**Figura 30.**

*Ubicación del Segundo Punto Crítico en el Bastidor*



Para el segmento del tenedor trasero se opta por un diseño clásico muy similar al de una bicicleta, cabe resaltar que una de las principales características que se tiene en cuenta para la selección del material del tenedor es su manufactura, por esto se selecciona un tubo de perfil circular, ya que este tipo de geometría se pueda doblar con facilidad.

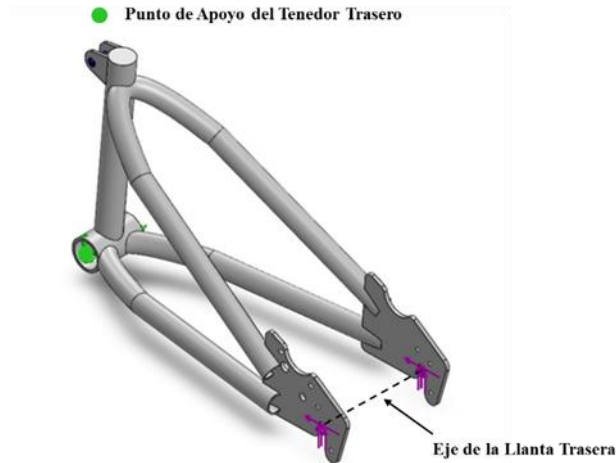
Así mismo, como parte del proceso de selección de diseño, se implementa un sistema que permita el montaje de la suspensión. Por tal razón, se usa un pedalier con el fin de otorgar un grado de libertad al tenedor trasero de modo que, al ensamblarse un amortiguador, se disminuya los impactos y las fuerzas torsionales ejercidas en la rueda trasera.

Nuevamente, se realiza simulaciones en el software SolidWorks con el fin de obtener un referente en la resistencia del diseño, comprobar las medidas de la estructura y asegurar un factor de seguridad mayor a 2.

En la figura 31, se observa una representación visual del lugar ocupado por el eje de la llanta trasera, donde se plantean las fuerzas que afectan la estructura del tenedor trasero.

**Figura 31.**

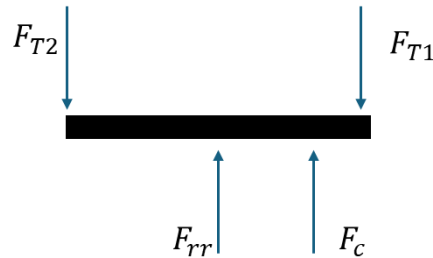
*Representación del Eje de la Llanta Trasera en el Tenedor para Análisis de Fuerzas*



En la figura 32, se muestra el diagrama de cuerpo libre de las fuerzas presentes en el eje horizontal, donde,  $F_C$  es la fuerza ejercida por la cadena,  $F_{rr}$  la fuerza que ejerce la fricción sobre el eje y por último  $F_{T1}$  y  $F_{T2}$  las fuerzas de reacción del tenedor.

**Figura 32.**

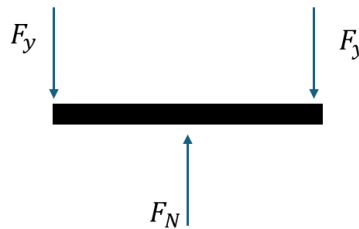
*Diagrama de Cuerpo Libre Vista Superior del Eje de la Llanta trasera*



Por otro lado, en la figura 33, se observar el diagrama de cuerpo libre de las fuerzas presentes en el eje vertical, las cuales están conformadas por:  $F_y$  que representa la reacción del tenedor sobre el eje, la cual sería igual en ambos extremos, y  $F_N$  que representa la fuerza normal.

**Figura 33.**

*Diagrama de Cuerpo Libre Vista Frontal del Eje de la Llanta trasera*



En la tabla 6, se muestran todas las fuerzas que se tienen en cuenta para la simulación de resistencia del tenedor trasero.

**Tabla 6.**

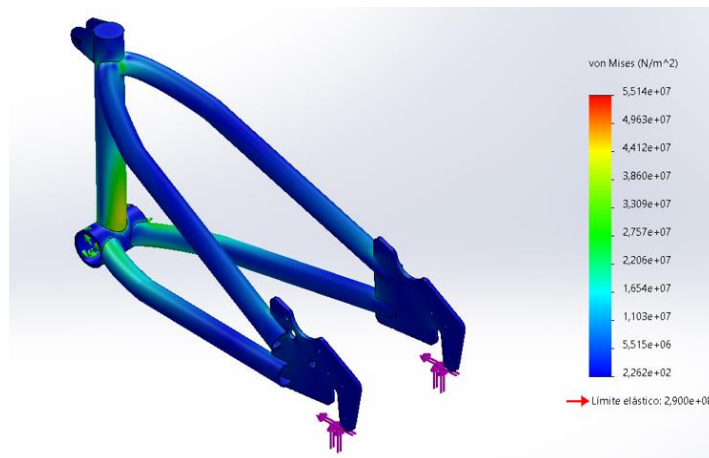
*Fuerzas Aplicadas sobre el Tenedor*

<i>Fuerzas</i>	<i>Magnitud</i>
$F_{T1}$	285 [N]
$F_{T2}$	58,2 [N]
$F_{rr}$	18 [N]
$F_C$	300 [N]
$F_y$	130,5 [N]
$F_N$	261 [N]

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la simulación que incluye tensión de Von Mises, deformación y factor de seguridad para el tenedor de Acero ASTM A500 Grado B con diámetro de 25.4mm y un grosor de 2mm, además de lámina de grado 10 del mismo material.

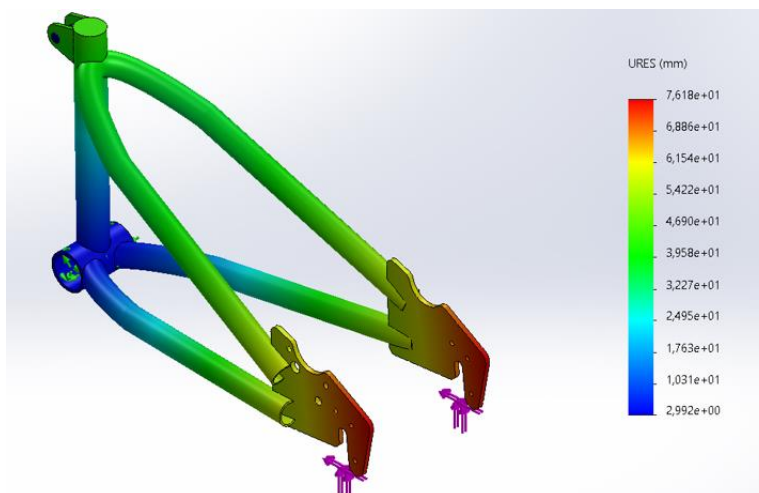
**Figura 34.**

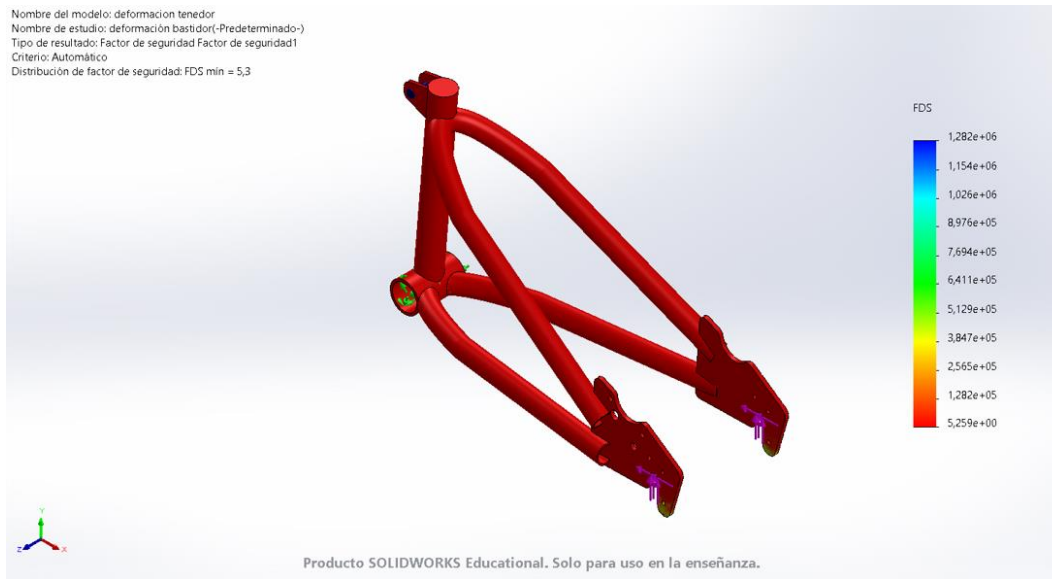
*Simulación de Tensión de Von Mises para el Tenedor Trasero*



**Figura 35.**

*Simulación de Deformación para el Tenedor Trasero*



**Figura 36.***Simulación Factor de Seguridad para el Tenedor Trasero*

Finalmente, se puede observar que se ha seleccionado un material que cumple con los parámetros contemplados inicialmente, además, que cuenta un factor de seguridad mayor a 2.

**6.3. Diseño de la Silla**

Gracias al análisis antropométrico, se obtienen las medidas óptimas para el diseño de una silla ergonómica, dimensiones que se muestran en la figura 23.

Para la estructura se opta por usar tubo circular de Acero estructural ASTM A500 grado B, con un diámetro de 21mm y 2 mm de espesor, como materia prima por su facilidad de manufactura, además, para las juntas se usa lamina del mismo material con grado 10 para ensamblarla al bastidor.

**Figura 37.**

*Modelado 3D Ergonómico de la Silla*



Finalmente, para el asiento de la silla se plantea realizar un tejido con manguerilla alrededor del perfil de la silla, ofreciendo comodidad y transpirabilidad.

#### **6.4. Diseño de la Parrilla**

Uno de los requerimientos iniciales es que el diseño cuente con una configuración para llevar peso extra no mayor a 10 [Kg]. Por tal razón, se plantea una parrilla conforme a los diseños que se encuentran actualmente en el mercado para bicicletas. En tal sentido, se desarrolla este diseño acoplado a las dimensiones del bastidor y del tenedor trasero, de forma que sea un accesorio complementario al vehículo.

Para la selección del material, se tiene en cuenta la manufactura de la pieza, razón por la cual se escoge tubos con perfiles circulares de diámetro de 15 mm y 8 mm con un grosor de 1 mm de aluminio.

**Figura 38.**

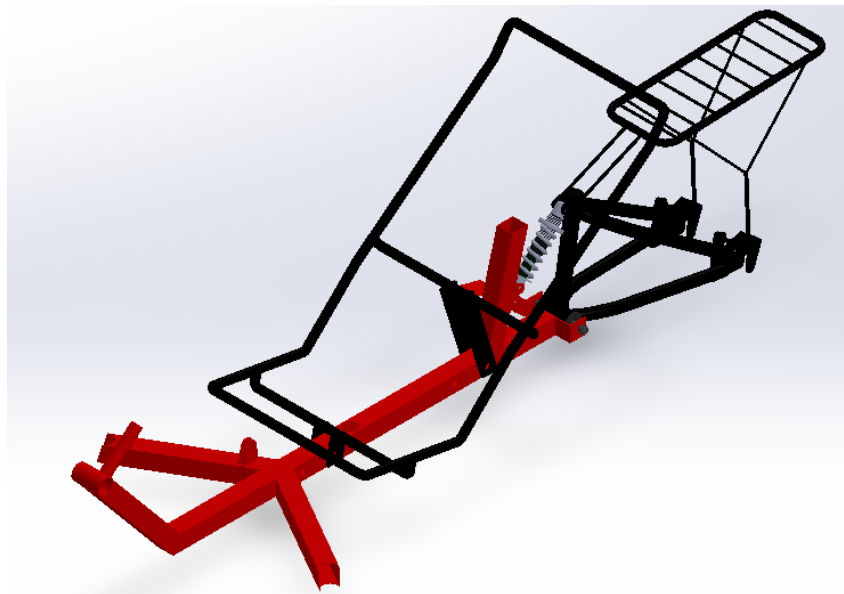
*Modelado 3D de la Parrilla*



Finalmente, en la figura 37 se observa el ensamble de las distintas partes que conforman el marco estructural de la Trike.

**Figura 39.**

*Modelado 3D del Marco Estructural*



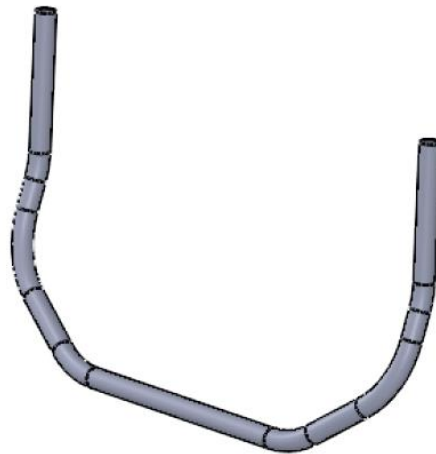
## 6. Diseño de la Dirección de la Trike

Al considerar la Trike como uso cotidiano, se debe tener en cuenta que la mejor opción de diseño para la dirección es tipo Ackermann, ya que ofrece una mayor estabilidad y menor desgaste en los neumáticos con el uso continuo.

Para transmitir la dirección entre el usuario y el vehículo se plantea un sistema de dirección en “U”, el cual consta de un tubo con la forma de una “U” que se encuentra sujeto por medio de una espiga en el medio de este, proporcionando un gran rango de giro sin afectar la comodidad del usuario. Como materia prima se opta por un tubo de aluminio con 21 mm de diámetro y un espesor de 2 mm.

### Figura 40.

*Modelado 3D del Tubo de Dirección*

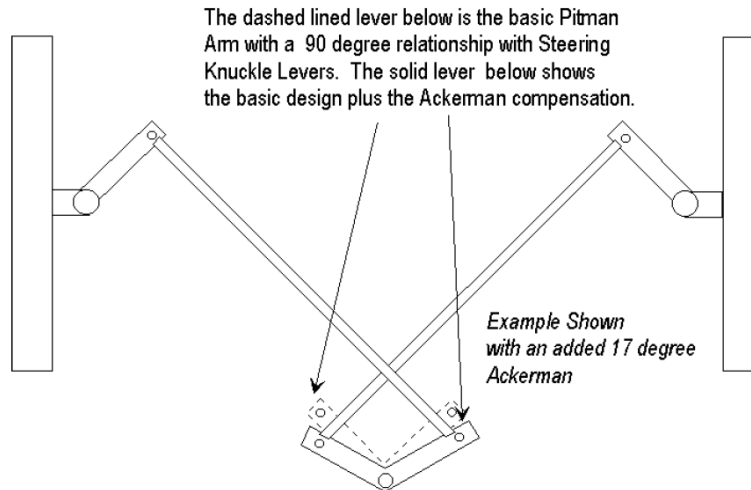


Aunque existen diferentes configuraciones de direcciones tipo Ackermann, para el diseño de la Trike se escoge el sistema de arrastre con enlace doble cruzado, ya que es un sistema

optimizado para las direcciones que presentan un tubo de dirección en “U” como es este caso, el cual permite mayor control sobre la dirección al girar levemente el tubo en “U”.

### Figura 41.

#### *Dirección con Sistema de Arrastre con Enlace Doble Cruzado*



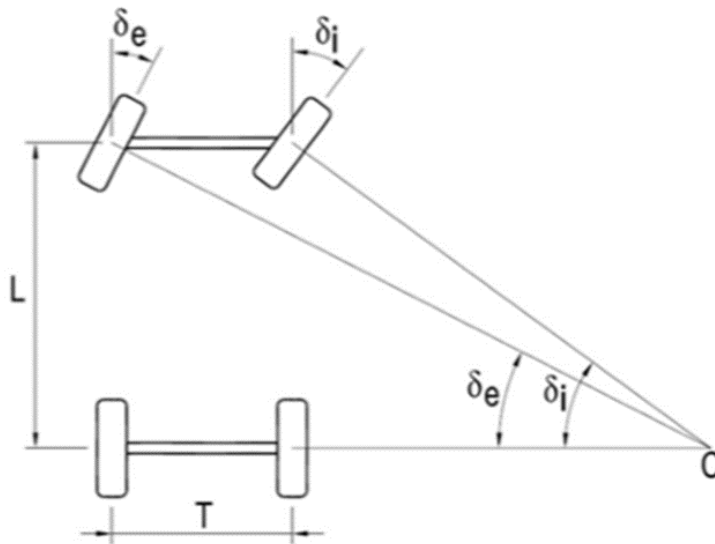
El sistema consta de tres (3) partes, la primera es la sección que gira en su propio eje, se plantea el mismo diseño de cabezal de las llantas delanteras, permitiendo un giro suave y sin fricción, esta sección se encuentra unida al siguiente conjunto por medio de una mariposa de dirección, la cual está ensamblada a varillas de  $\frac{1}{2}$ " y cabezales con rotula facilitando así el giro en cualquier ángulo sin que se trabaje en una posición específica. Por último, las varillas se unen al ala de dirección por medio de soldadura, la cual es la pieza encargada de transmitir el ángulo requerido por el usuario a las llantas delanteras.

Para las piezas que conforman el sistema de dirección, se opta por usar acero estructural ASTM A500 Grado B.

Una variable importante que se debe tener en cuenta en el diseño de la dirección tipo Ackermann es el radio de giro, el cual depende de la distancia entre los ejes y el ángulo de la vertical con respecto a las ruedas al momento de dar una curva.

**Figura 42.**

*Ángulo de Giro*



La ecuación que brinda el radio de giro de una dirección Ackermann a bajas velocidades es:

$$\frac{L}{\delta} = \text{Radio de giro}$$

Dónde:

- $\delta$  se encuentra en radianes
- L en metros

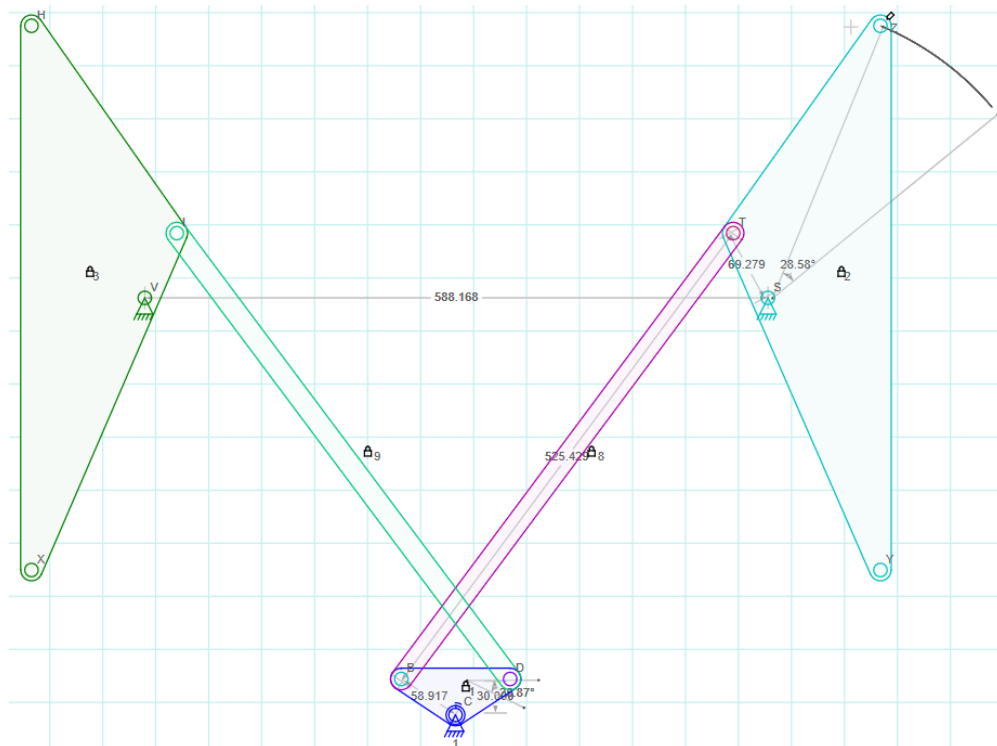
Al tener una distancia entre ejes tan corta no se necesita de un ángulo considerable para cumplir con las necesidades diarias de los trayectos a recorrer, por ende, para el proceso de este diseño se establece un radio de giro menor a 3.5 m.

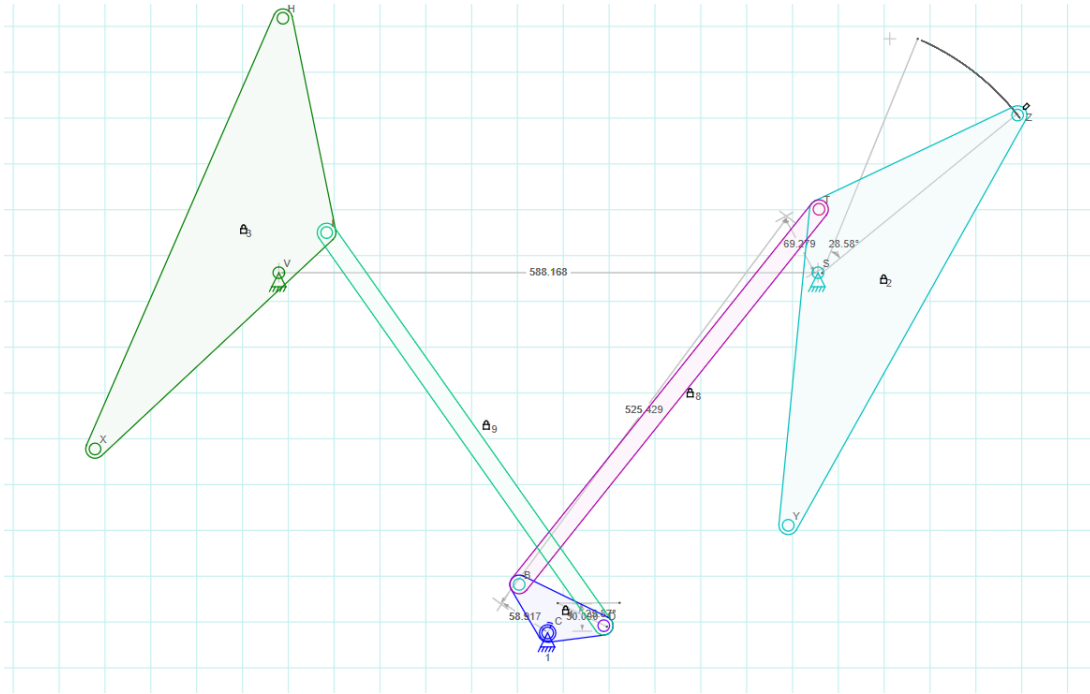
Por otro lado, el diseño se restringe por el ángulo al que se pueda girar la dirección de tubo en “U” sobre el eje de dirección, debido a que por medidas antropométricas se establece un ángulo máximo de giro de  $30^\circ$  con respecto a la horizontal, que a su vez coincide con el ángulo máximo de giro en la mariposa de dirección.

Para realizar este diseño se usa la herramienta Linkage, la cual permite simular el movimiento de la dirección con diferentes distancias y así encontrar las medidas idóneas que además cumplan los requerimientos mencionados.

**Figura 43.**

*Dirección Recta*



**Figura 44.***Dirección Accionada al Máximo*

En las figuras anteriores, se muestran sistemas equivalentes en dos distintas posiciones, dirección recta y dirección accionada al máximo respectivamente, en dónde se puede observar las dimensiones aproximadas que se deben tener en cuenta para obtener un radio menor a 3.5 m, sin generar un ángulo mayor a  $30^\circ$  en la mariposa de dirección con respecto a la horizontal.

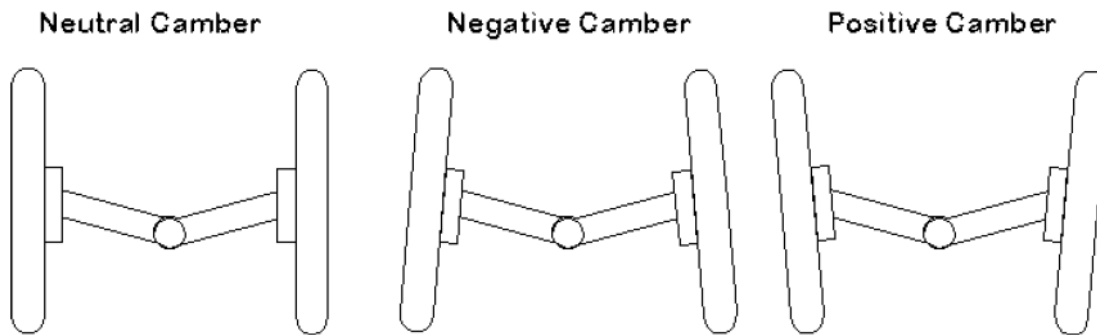
Para realizar el diseño de la dirección, se tiene una distancia de 1,327 m entre los ejes, delantero y trasero, dando como resultado un ángulo de  $\delta = 29^\circ$  y radio de giro de 2.7 m. Como se observa en la figura 33, se necesita una distancia entre la mariposa y el ala de dirección de 525 mm, además de una distancia entre el eje y el punto de unión con el cabezal de rotula de 59 mm en la mariposa de dirección y de 70 mm en el ala de dirección.

### 6.1. Diseño de Sujeción de las Llantas Delanteras

A continuación, se muestra un esquema que busca comparar los distintos ángulos Camber que se pueden tener en cuenta en el diseño de la dirección, y el cual influye en la inclinación de las llantas del vehículo con respecto al eje vertical.

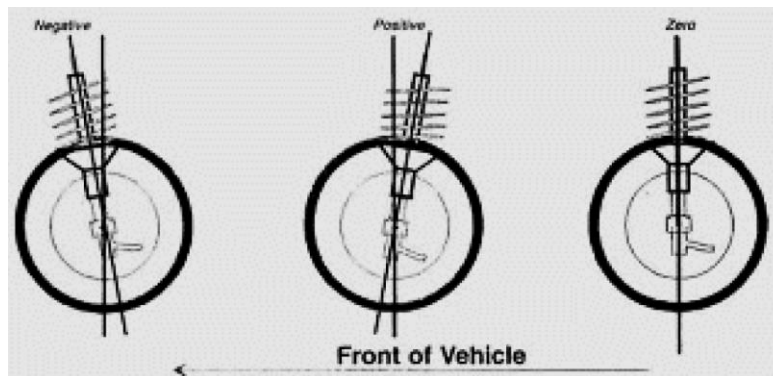
**Figura 45.**

*Ángulo de Camber*



Un ángulo de Camber positivo es algo que se debe evitar ya que según (Horwitz, 2010) produce mayor desgaste en los neumáticos y disminuye la estabilidad del sistema. Por otro lado, al usar un ángulo negativo también se produce un desgaste, aunque no se afecte considerablemente la estabilidad de la Trike.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, se decide utilizar un ángulo de Camber neutro, ya que de esta forma las llantas se encuentran en contacto con la superficie a un ángulo de  $90^\circ$ , el cual garantiza un desgaste uniforme en las mismas.

**Figura 46.***Ángulo de Caster*

Otro ángulo que se debe considerar es el Ángulo Caster, este se forma entre el eje de giro y el eje vertical de la llanta el cual permite la rotación de la dirección de la Trike. Este al ser positivo otorga una mayor estabilidad en el diseño debido a que presiona a la dirección a volver a su estado original luego de una curva, y no se recomienda que sea negativo ya que ofrece inestabilidad en el vehículo. (Horwitz, 2010)

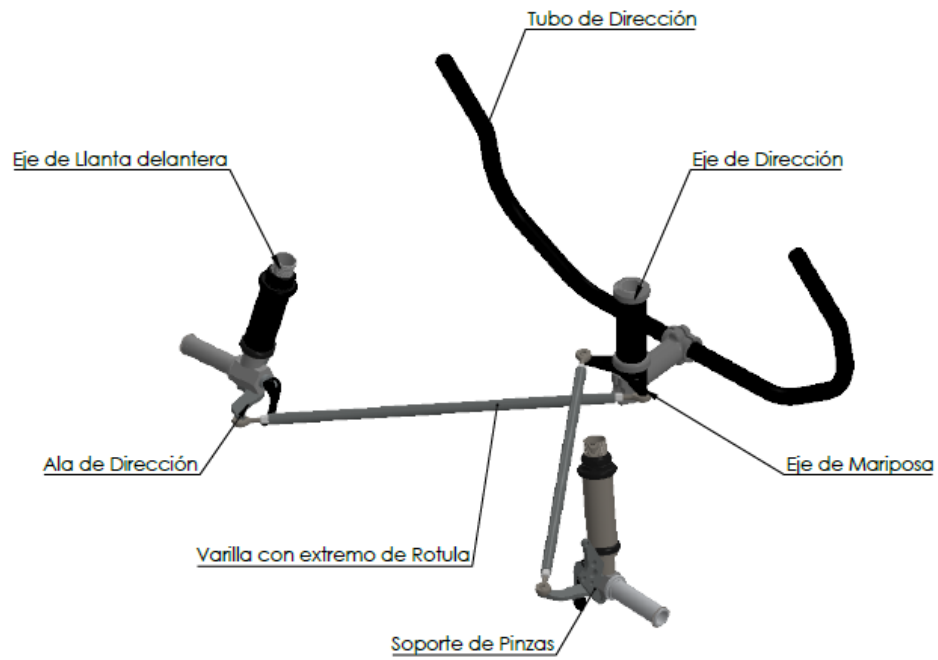
Para este diseño se opta por un ángulo Caster neutro con el fin de evitar fuerzas torsionales concentradas en los extremos de los brazos del bastidor, este tipo de ángulo disminuye los puntos de concentración de esfuerzos del sistema.

Al tener en cuenta estas configuraciones se plantea el diseño de sujeción mediante el uso de un eje central que sostendrá la llanta delantera en lugar de una manzanera, ya que de esta forma se obtiene una mejor distribución de fuerzas torsionales.

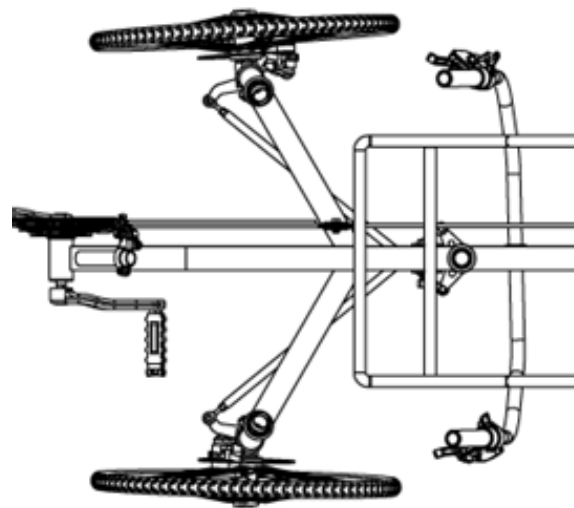
Como punto central de sujeción se tiene una varilla hexagonal de Acero AISI SAE 12L14, la cual se une al eje central de la llanta delantera, es importante recalcar, que el eje central posee el mismo diseño que el eje de dirección. Adicionalmente, a este diseño se le agrega un Quick Release de Cr-Mo tratado térmicamente para ofrecer una mayor seguridad.

**Figura 47.**

*Modelado 3D de la Dirección*

**Figura 48.**

*Vista Superior del Ensamble de la Dirección en la Trike*



## 7. Selección de los Elementos de Transmisión de Potencia

### 7.1. Selección del Motor Eléctrico

Para la selección del motor se debe tener presente los recorridos diarios y las distancias que puede llegar a desplazarse el usuario en la Trike en el área metropolitana de Bucaramanga, por esto se plantea una autonomía de 50 km.

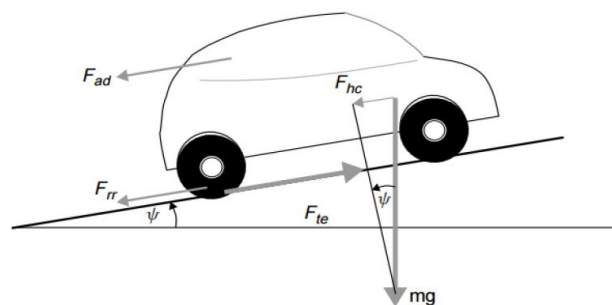
Además, debe tener el torque suficiente para recorrer sin dificultad pendientes, su eficiencia debe permitir el uso diario del vehículo y proporcionar una velocidad máxima mayor a 20 Km/h que le facilite al vehículo transitar en las vías del área metropolitana.

A continuación, se muestra el proceso de selección del motor teniendo en cuenta la potencia y el torque que necesita el motor para desplazar la trike y las fuerzas que la afectan.

En el siguiente esquema se puede evidenciar las fuerzas que actúan sobre el vehículo.

#### Figura 49.

*Fuerzas que Afectan el Desplazamiento del Vehículo*



Dónde:

- $F_{ad}$  = La fuerza que ejerce el aire en contra. [N]
- $F_{rr}$  = La fuerza de fricción presente entre los neumáticos y la superficie. [N]

- $F_{hc}$  = La componente de la fuerza que compone el peso total del vehículo. [N]
- $F_{te}$  = La fuerza ejercida por el motor eléctrico seleccionado en pendientes. [N]

Inicialmente, se halla la fuerza de fricción presente en el sistema, para esto es necesario identificar la constante de rozamiento, el peso total del vehículo y el ángulo promedio de inclinación de las pendientes en las que podría transitar la trike teniendo en cuenta las calles del área metropolitana de Bucaramanga.

Para efectos de este diseño se determinan las siguientes variables y se halla la fuerza de fricción:

$$u_{rr} = 0.5$$

$$\psi = 7^\circ$$

$$m = m_{chasis} + m_{baterias} + m_{mtor} + m_{pasajero}$$

$$m = 25 + 7 + 10 + 70$$

$$m = 112 [Kg]$$

$$F_{rr} = u_{rr} * m * g * \text{Cos} (\psi)$$

$$F_{rr} = 0.017 * 112[Kg] * 9.8[m/s^2] * \text{Cos} (7^\circ)[N]$$

$$F_{rr} = 18 [N]$$

Para hallar la componente de la fuerza en la pendiente se obtiene de la siguiente fórmula:

$$F_{hc} = m * g * \text{Sen} (\psi)$$

$$F_{hc} = 112[Kg] * 9.8[m/s^2] * Sen (7^\circ)$$

$$F_{hc} = 133 [N]$$

Adicionalmente, la fuerza de fricción con el aire y la aceleración del vehículo se establecen como:

$$F_{ad} = 8 [N]$$

$$a = 0.7 [m/s^2]$$

Una vez halladas todas las fuerzas, estas se suman para obtener como resultado final la fuerza total que debe ejercer el motor eléctrico para que el vehículo se pueda desplazar en pendientes:

$$F_{te} = F_{ad} + F_{hc} + F_{rr} + m * a$$

$$F_{te} = 18 + 133 + 8 + \left(112[Kg] * 0.7 \left[\frac{m}{s^2}\right]\right)$$

$$F_t = 237 [N]$$

Para el cálculo de la potencia se busca obtener una velocidad máxima de  $25 \frac{Km}{h}$  en superficie sin inclinaciones, por ende, en la sumatoria de fuerzas se modifica a:

$$F_{te} = F_{ad} + F_{rr} + m * a$$

$$F_{tp} = 0.017 * 112[Kg] * 9.8[m/s^2] + 8 + \left(112[Kg] * 0.7 \left[\frac{m}{s^2}\right]\right)$$

$$F_{tp} = 105 [N]$$

$$P = F_{tp} * V \left[ \frac{m}{s} \right] * \frac{1}{C_{Eficiencia}}$$

$$P = 105 * 7 * \frac{1}{0.8}$$

$$P = 919 [W]$$

El valor obtenido para la potencia se aproximará un a 1000 [W].

Finalmente, el torque se halla con la siguiente formula:

$$T_{inclinado} = F_{te} * R_{Llanta Trasera}$$

$$T_{inclinado} = 237 * 0.33$$

$$T_{inclinado} = 78.21[Nm]$$

$$T_{Plano} = F_{tp} * R_{Llanta Trasera}$$

$$T_{Plano} = 105 * 0.33$$

$$T_{Plano} = 34.65[Nm]$$

Una vez hallados estos valores, se selecciona el fabricante y el motor requerido, siendo este Greenpedel y su kit de conversión de 1000[W] a 48[V] con neumático de 24" (Ver anexo A).

En la tabla 7, se muestra las especificaciones del motor Gp-D30 de Greenpedel.

**Tabla 7.**

*Características del Motor Gp-D30 de la Marca Green Pedel*

<i>Característica</i>	<i>Valor</i>
Torque Max	80 [Nm]
Eficiencia Min	78%
Voltaje	48[V]
Potencia	1000[W]
Peso	6[Kg]

En la figura 48, se ilustra el motor seleccionado para este diseño.

**Figura 50.**

*Motor Gp-D30 Greenpedel*



## 7.2. Selección de la Batería

De acuerdo con el análisis de alternativas para la selección del tipo de batería, se opta por el uso de la batería de litio cuyas características permiten la carga rápida, su peso es menor comparada con las otras opciones, tiene mayor capacidad y eficiencia, además, no requiere de mantenimiento.

A continuación, se presentan las variables incidentes en la selección de la batería.

Para el cálculo del consumo se tendrá en cuenta que el motor seleccionado en sus especificaciones presenta una eficiencia mínima de 78%, pero en operación normal su eficiencia alcanza el 85%.

$$\text{Consumo} = P_M * n_{\text{Eficiencia}} * T$$

$$\text{Consumo} = 1000[W] * \frac{1}{0.85} * 1[h]$$

$$\text{Consum} = 1176[Wh] = 1.176[KWh]$$

La capacidad especifica de la batería se toma como:

$$I_B = \frac{\text{Consumo}}{V * \%_{\text{Descarga}}} = \frac{1.176[KWh]}{48[V] * 0.9} = 27 [Ah]$$

Para la energía especifica másica el peso de la batería se tomará como 8 [Kg] y se halla por medio de la siguiente ecuación:

$$W_m = \frac{V * I_{\text{Bateria}}}{M_{\text{Bateria}}} = \frac{48 [W] * 27 [A]}{8 [Kg]} = 162 \left[ \frac{Wh}{Kg} \right]$$

En conclusión, se selecciona la batería Ecoline Mc-S045 (Ver Anexo B).

En la tabla 8, se muestra las especificaciones de la batería seleccionada.

**Tabla 8.**

*Características de la batería Mc-S045 de Ecoline*

<i>Característica</i>	<i>Valor</i>
Capacidad	28.8 [Ah]
Tamaño	430x160x90[mm]
Voltaje	48[V]
Peso	7.7[Kg]

En la figura 49, se muestra la batería de litio seleccionada.

**Figura 51.**

*Batería Mc-S045 de Ecoline*



Además, se comprueba la energía másica de la batería seleccionada.

$$W_m = \frac{V * I_{Bateria}}{M_{Bateria}} = \frac{48 [W] * 28.8 [A]}{7.7 [Kg]} = 179.53 \left[ \frac{Wh}{Kg} \right]$$

Como se observa, la batería seleccionada posee una capacidad mayor a los requerimientos establecidos inicialmente.

Con el propósito de comprobar la autonomía del vehículo, se debe tener en cuenta que el promedio de torque nominal de un ciclo de conducción normal en el área metropolitana de Bucaramanga, acorde con las características del vehículo, se encuentra en el orden de 25 [N-m].

Adicionalmente, se contemplan las características del motor que se pueden encontrar en las especificaciones del fabricante, concretamente de la curva torque vs corriente, en la que se establece la constante  $C_m = 1.98 \left[ \frac{N-m}{A} \right]$ .

A continuación, se calcula la corriente de operación nominal promedio de un viaje en los alrededores del área metropolitana de Bucaramanga.

$$I_{Po} = \frac{T_{nominal} [N - m]}{C_m \left[ \frac{N - m}{A} \right]} = \frac{25}{1.98} = 12.62 [A]$$

Como uno de los requisitos planteados inicialmente, se busca que el vehículo tenga una autonomía mayor a 50 [Km]. En tal sentido, para verificar la autonomía de la batería seleccionada, se presenta la siguiente ecuación:

$$Autonomia = \frac{I_B [Ah] * V \left[ \frac{Km}{h} \right]}{I_{Po} [A]} = \frac{28.8 * 25}{12.62} = 57 [Km]$$

En conclusión, este resultado satisface la autonomía propuesta en la fase inicial del diseño.

## 8. Selección del Sistema de Frenos

La selección de este componente se realiza al comparar las alternativas planteadas anteriormente, en tal sentido y de acuerdo con los requerimientos de diseño, se seleccionan los frenos de disco por su durabilidad, eficiencia y capacidad de frenado.

Además, se elige el freno de disco mecánicos de la empresa Shimano con diámetro de 203 [mm] para la llanta trasera y dos frenos de discos con un diámetro de 160 [mm] para las llantas delanteras, ya que son los recomendados por el fabricante para los tamaños de neumáticos escogidos.

### Figura 52. Frenos de disco Shimano

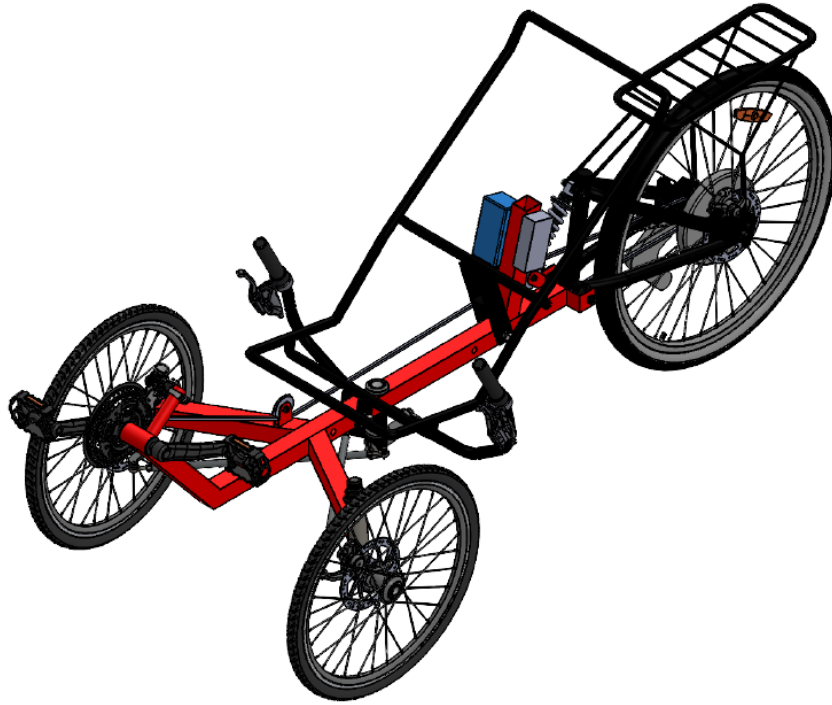
*Freno de Disco Shimano*



Como producto del diseño y selección de los componentes de la Trike se realizan los planos para tener una referencia en el proceso de construcción del prototipo de la Trike (Ver Anexo D).

**Figura 53.**

*Modelado 3D Teórico de la Trike*



## **9. Construcción del Prototipo de la Trike Híbrida**

En el siguiente apartado, se documenta el proceso de construcción del prototipo de la Trike Híbrida.

### 9.1. Adquisición de los materiales

La mayor parte de los materiales utilizados en la construcción del prototipo Trike fueron reciclados de partes o piezas que se encontraban en el taller y en la chatarrería, así mismo, se adaptaron algunas piezas de dos bicicletas de los autores que se encontraban en desuso. Cabe resaltar que el acopio de los materiales se realizó en el taller, en dónde se llevó a cabo la construcción del prototipo.

### 9.2. Proceso de Construcción del Prototipo

En primer lugar, se dimensionan las piezas a cortar en los materiales obtenidos, luego se cortan utilizando una amoladora con disco de corte.

#### Figura 54.

*Corte de las Partes de la Trike*



Una vez obtenidas las piezas del marco estructural de la Trike, estas se ensamblan mediante el proceso de soldadura, tal como se evidencia en la figura 55.

**Figura 55.**

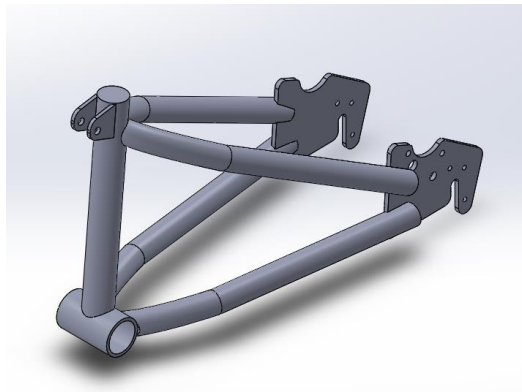
*Unión de las Piezas del Marco Estructural*



Para la parte del tenedor trasero se busca una configuración equivalente al diseño teórico planteado. A pesar de que el diseño teórico cumple con los requerimientos establecidos, su manufactura era bastante elevada e inasequible para los autores.

**Figura 56.**

*Modelado 3D del Tenedor Trasero en modelo*



Por tal razón, luego de finalizar el ensamblaje del bastidor de la Trike, se realiza el montaje de un tenedor trasero de una bicicleta con un diseño similar al planteado, mediante el uso de un pedalier, el cual permite que este rote.

**Figura 57.**

*Montaje del Tenedor Trasero*



Posteriormente, se añade una suspensión que une el montaje del tenedor trasero con el bastidor y se acopla la sujeción de las llantas delanteras al marco estructural. Así mismo, se montan las llantas delanteras junto con la llanta trasera, cassette y pedales.

**Figura 58.**

*Montaje de otros Componentes al Bastidor*



Adicionalmente, se realiza el montaje de la cadena con los respectivos piñones guía y se referencia la posición en dónde se ensamblará el motor de arrastre seleccionado para el prototipo.

**Figura 59.**

*Montaje de la cadena y el motor*



Luego, se mide la distancia entre los ejes delanteros y el lugar donde se ubicará el eje de giro de la dirección. Una vez determinada esta posición, se perfora el bastidor y se procede con el montaje de la dirección de la Trike.

**Figura 60.**

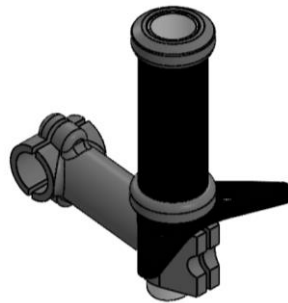
*Montaje de la Dirección*



Es importante indicar que para la facilidad del montaje se mecanizó la mariposa y el eje de dirección, componentes que se tomaron de un monopatín en desuso, evitando un costo mayor en la fabricación del prototipo. De igual forma, esta nueva configuración permite observar el comportamiento de la dirección tipo Ackermann con sistema de arrastre con enlace doble cruzado, ya que las dimensiones eran similares al diseño de la mariposa de dirección planteada en el diseño teórico.

**Figura 61.**

*Modelado 3D del Eje de Dirección*



En un principio, el ala de dirección se construyó como se muestra en la figura 62.

**Figura 62.**

*Montaje Incorrecto del Ala de la Dirección*



Sin embargo, al verificar esta medida, se encontró que la distancia no era acorde a las medidas halladas en el radio de giro teórico, por lo que se corrigió de acuerdo tal como se muestra la figura 63.

**Figura 63.**

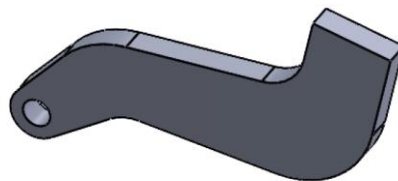
*Montaje Correcto del Ala de la Dirección*



Aunque este cambio tiene igual medida que la distancia teórica, la forma del componente planteado teóricamente cambia con el fin de ofrecer un diseño más esbelto y estético.

**Figura 64.**

*Diseño del Ala de Dirección*



Otro cambio, significativo que se realizó, fue en el diseño del tubo en “U” de la dirección, ya que en primer lugar la distancia medida no cumplía con la altura necesaria establecida en el diseño.

**Figura 65.**

*Montaje Incorrecto del Tubo de Dirección*



En tal sentido, se cambia el tubo por uno más largo que cumpla con las características planteadas y sea más ergonómico para el usuario. Además, esto permite facilitar el proceso de manufactura del tubo de dirección en “U”.

**Figura 66.**

*Montaje Correcto del Tubo de Dirección*



Una vez se valida nuevamente las medidas de todas las piezas y el ensamblaje de estas, se procese a pintar la estructura con una primera capa de pintura anticorrosiva.

**Figura 67.**

*Marco Estructural con la Primera Capa de Pintura Anticorrosiva*



Para la fabricación del perfil de la silla se utiliza un tubo de perfil circular, el cual se le da forma por medio de una dobladora de tubos manual y en frío. Este método es adecuado para tuberías de paredes delgadas.

**Figura 68.**

*Ejemplo de Doblado en Frío para Doblados Moderados*



**Figura 69.**

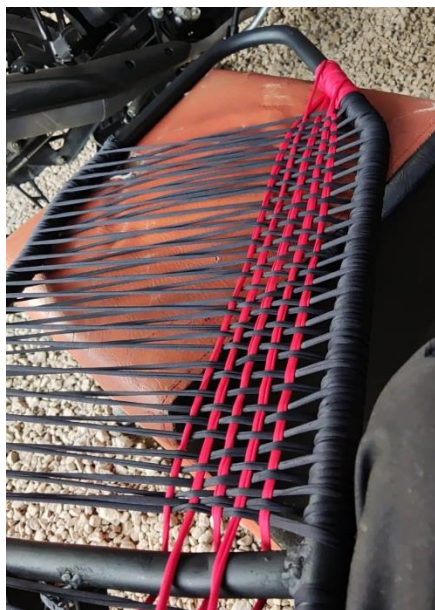
*Perfil de la Silla del Prototipo*



Luego de obtener el perfil de la silla, con una pita elástica se procede a tejer una malla alrededor del perfil para conformar la silla de la trike.

**Figura 70.**

*Proceso de Tejido de la Malla para la Silla*



**Figura 71.**

*Proceso Final del Tejido de la Silla*



Se procede a realizar el desensamblaje de algunos componentes para aplicar la capa final de pintura en la estructura de la Trike.

**Figura 72.**

*Aplicación de la Última Capa de Pintura*



En la figura 73, se muestra el motor eléctrico y las baterías usadas en el prototipo de la Trike. Cabe resaltar que, los componentes seleccionados poseen capacidades diferentes a las

elegidas en el apartado teórico ya que el adquirir esos elementos podría aumentar considerablemente el costo de fabricación del prototipo.

### Figura 73.

*Baterías y Motor Eléctrico del Prototipo*



Finalmente, se realiza el montaje de cada una de las piezas y subsistemas, se procede a mostrar el resultado final del prototipo funcional.

### Figura 74.

*Prototipo Final de la Trike Híbrida.*



## 10. Pruebas de Funcionamiento del Prototipo

Una vez construido el prototipo final, se le realizan una serie de pruebas con el objetivo de analizar el comportamiento de flexión del marco estructural sometido a una carga estática, y comprobar otras características como el radio de giro, la distancia de frenado y la autonomía del vehículo. Estas pruebas proporcionan una valoración detallada y objetiva del diseño, que permite identificar posibles fallos o áreas de mejora del vehículo.

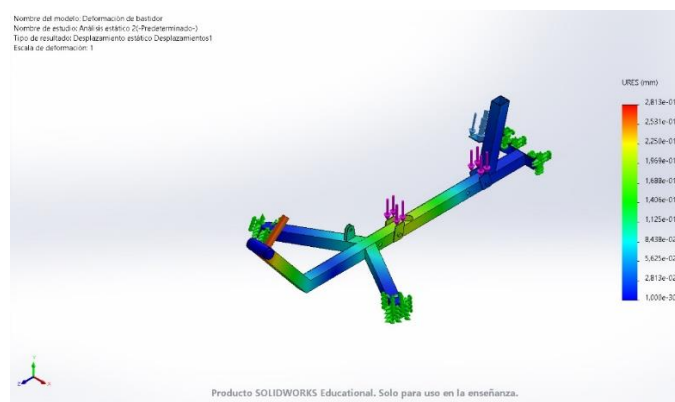
### 10.1. Prueba de Flexión en el Marco Estructural

Este tipo de prueba se plantea con la finalidad de corroborar la deformación que sufre el bastidor en sus puntos críticos al estar sometido a una carga estática no mayor a 100 [Kg].

Es importante resaltar, que para esta prueba se excluye la fuerza que puede ejercer una persona al pedalear, ya que no se cuenta con las herramientas necesarias para simular esta fuerza de forma que garantice una medición correcta.

#### Figura 75.

*Simulación de Deformación para el Bastidor para carga estática 100 [Kg]*



Al momento de realizar la prueba de flexión se debe tener en cuenta los puntos críticos de deformación identificados en la simulación de análisis estático del bastidor referidos en la figura 75. Luego, se le aplica una carga estática al bastidor y por medio de un comparador de caratula se mide la deformación en cada uno de los puntos.

#### *10.1.1. Prueba de Flexión en el Primer Punto Crítico*

Para el montaje de la prueba se debe colocar los puntos de apoyo del bastidor en una superficie uniforme evitando que las llantas toquen el suelo, de esta forma se eliminan variables que pueden interferir y/o afectar la medición de la deformación en cada uno de los puntos críticos establecidos.

#### **Figura 76.**

*Montaje de los Puntos de Apoyo del Bastidor en Superficie Uniforme*



El primer punto crítico para analizar es el que se encuentra situado en el lugar dónde se instalan el pedalier para los pedales de la Trike.

En consecuencia, se ubica el comparador de caratula en este punto sin ejercer presión sobre la superficie y así garantizar una buena medida.

**Figura 77.**

*Montaje del Comparador de Caratula en el Primer Punto Crítico*



Cuando el sistema ya se encuentre en equilibrio y el comparador se encuentre en 0, se procede a colocarle carga al bastidor tal como se muestra en la figura 75. Para esta prueba, se utilizaron tres pesos de tractor de 30 [Kg], cada uno, y tres láminas de acero con un peso total de 10,5 [Kg].

**Figura 78.**

*Bastidor Sometido a un Peso de 100,5 [Kg]*



Una vez colocada la carga en el centro de masas del prototipo se observa la medida indicada por el comparador de caratula, la cual es igual a 0,85 mm de deformación.

**Figura 79.**

*Resultado del Comparador de Caratula para el Primer Punto Crítico*



Teniendo en cuenta que el resultado teórico que se halló en la simulación de la estructura es de 0,281 mm, se puede evidenciar que el resultado hallado de forma práctica es mayor al esperado, esto se debe a diversas razones, entre las cuales tenemos la diferencia en la distribución de fuerzas debido a que el perfil de la silla se construyó de manera diferente al planteado teóricamente, esto da como resultado un punto de esfuerzos más concentrado de lo que se plantea en la simulación que se muestra en la figura 75.

**10.1.2. Prueba de Flexión en el Segundo Punto Crítico**

Se utiliza la misma configuración de los puntos de apoyo para analizar la deformación en el segundo punto crítico que se encuentra ubicado cerca al eje de dirección del bastidor.

**Figura 80.**

*Montaje del Comparador de Caratula en el Segundo Punto Crítico*



Una vez más el comparador de caratula se ubica sin ejercer presión sobre la superficie y se establece en 1, para indicar que el sistema se encuentra en equilibrio, y se procede a colocar sobre el bastidor los tres pesos de tractor y las tres láminas de acero.

Finalmente, se observa la medida indicada por el comparador de caratula, la cual es igual a 0,9 mm de deformación.

**Figura 81.**

*Resultado del Comparador de Caratula para el Segundo Punto Crítico*



Teniendo en cuenta que el resultado teórico que se halló en la simulación de la estructura es de 0,27 mm. Se observa una diferencia mayor con respecto al resultado medido por medio del comparador de caratula, esto se debe a que los puntos de apoyo de la silla se encuentran a distancias diferentes a los planteados en el diseño teórico ofreciendo un punto de concentración de esfuerzos mayor, y una menor distribución de fuerzas a lo largo del bastidor.

También, se debe tener en cuenta que el suelo puede ofrecer un porcentaje de error debido a que tiene la capacidad de deformarse cuando se somete a cargas muy altas.

## 10.2. Prueba del radio de giro

La prueba planteada consiste en girar la dirección de la Trike hasta el máximo ángulo de giro que permita la configuración diseñada.

### Figura 82.

*Ejecución de la Prueba de radio de Giro de la Trike*



*Nota: Enlace del Video de la Prueba realizada [https://youtu.be/\\_FCaGvXrrAY](https://youtu.be/_FCaGvXrrAY)*

Para realizar la prueba se trasladó la Trike hasta la cancha del barrio la Popa, ubicada en el municipio de Lebrija con el fin de tener el espacio libre requerido para esto.

En la nota de la figura 79, se presenta el enlace del video en la plataforma YouTube donde se muestra como la trike gira en un círculo de 6 metros de diámetro en su llanta exterior. Este radio corresponde al círculo central presente en el medio de la cancha.

### **Figura 83.**

*Toma de Medida del Diámetro de Giro con Ayuda de un Decámetro*



Este resultado implica que la estructura tiene buena estabilidad al momento de tomar una curva, sin embargo, un punto negativo es que su maniobrabilidad se puede ver restringida si se quiere tomar giros muy cerrados o movilizarse en espacios reducidos como lo puede llegar a ser entornos urbanos cogestionados.

### **10.3. Prueba de frenado**

La prueba realizada consiste en desplazarse una distancia de 10 metros a la máxima aceleración realizada por el usuario hasta la línea de frenado para posteriormente accionar los

frenos a máxima capacidad, por último, se mide la distancia existente entre la línea de frenado y el lugar donde se detiene la llanta delantera.

Se realizan tres estudios, el primero haciendo uso de ambos frenos, el segundo haciendo uso solo de los frenos delanteros y el último haciendo uso solo de los frenos traseros, cada una de las fases se repite un total de tres veces para caracterizar la capacidad de frenado.

#### Figura 84.

*Toma de Medida de la Distancia de Frenado con Ayuda de un Decámetro*



De los estudios realizados se obtienen los resultados que se muestran a continuación.

#### Tabla 9.

*Resultados de los Tres Estudios Realizados para la Prueba de Frenado*

<i>Frenos accionados</i>	<i>Tiempo hasta la línea de frenado. [s]</i>	<i>Tiempo necesario para detenerse. [s]</i>	<i>Distancia requerida para detenerse. [m]</i>
Delantero y trasero	6.58	0.85	2.48
	6.5	1.05	2.63
	6.26	0.73	2.57

Delantero	6.16	2.09	5.1
	5.81	2.73	5.1
	5.88	2.19	5.45
Trasero	6.24	1.46	3.05
	6.48	1.73	3.16
	6	1.62	3.34

De los resultados obtenidos, se puede afirmar que el mejor freno es el trasero, adicionalmente, el hecho que las distancias de frenado sean tan grandes puede ser un indicio que los frenos utilizados en el prototipo se encuentren un poco desgastados.

#### 10.4. Prueba de Autonomía

A continuación, en la tabla 10 se referencian algunas características principales del prototipo.

**Tabla 10.**

*Características principales del Prototipo*

<i>Característica</i>	<i>Valor</i>
Peso Total	35 [Kg]
Potencia Máxima	120 [watts]
Capacidad de Carga	70 [Kg]
Autonomía	30 min

Inicialmente, se cargan las baterías del prototipo a su máxima capacidad por medio de una fuente de alimentación y con un multímetro se comprueba que éstas se encuentren en la medida referida por el fabricante, es decir 12 voltios para cada una.

Se plantea un recorrido plano de 30 minutos con el propósito de observar el comportamiento de las baterías en uso continuo, el punto de partida inicia en el parque principal de Lebrija y se conduce hasta el Restaurante Real ubicado a 15 minutos del parque, para luego devolverse por la vía Barranca nuevamente hasta el parque principal de Lebrija.

**Tabla 11.**

*Tiempo de Descarga de las Baterías en un Recorrido continuo*

<i>Tiempo [min]</i>	<i>Batería 1 Voltaje [V]</i>	<i>Batería 2 Voltaje [V]</i>
0	12	12
5	11,58	11,56
10	10,69	10,59
15	8,45	8,43
20	8,02	8
25	7,84	7,79
30	7,24	7,2

Teniendo en cuenta los resultados hallados, se puede observar que las baterías utilizadas para este prototipo pueden otorgar una autonomía mayor a 30 minutos de recorrido.

### 11. Análisis de Costos

Para el análisis de costos se tuvo que realizar un sondeo del mercado con el propósito de elegir los materiales y componentes más económicos necesarios para fabricar el diseño en planos de la Trike.

**Tabla 12.**

*Detalle Costos Materiales*

DESCRIPCIÓN GENERAL DE MATERIALES					
ITEM	MATERIAL	UNIDAD	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Tubo Cuadrado 40 x 40 x 1,5 mm	Metro	3	\$ 10.833	\$ 32.500
2	Tubo Circular $\phi$ 8 x 1 mm	Metro	1	\$ 4.475	\$ 4.475
3	Tubo Circular $\phi$ 15 x 1 mm	Metro	1	\$ 7.379	\$ 7.379
4	Tubo Circular $\phi$ 21 x 2 mm	Metro	2	\$ 8.546	\$ 17.092
5	Tubo Circular $\phi$ 25,4 x 2 mm	Metro	1	\$ 9.528	\$ 9.528
6	Tubo Circular $\phi$ 27 x 2 mm	Metro	1	\$ 12.156	\$ 12.156
7	Tubo Circular $\phi$ 35 x 5,6 mm	Metro	1	\$ 15.964	\$ 15.964
8	Tubo Circular $\phi$ 38 x 2 mm	Metro	1	\$ 18.547	\$ 18.547
9	Tubo Circular $\phi$ 40 x 2 mm	Metro	1	\$ 19.327	\$ 19.327
10	Tubo Circular $\phi$ 42,2 x 3,5 mm	Metro	1	\$ 21.204	\$ 21.204
11	Varilla 1/2"	Metro	2	\$ 7.542	\$ 15.084
12	Varilla Hexagonal Mecanizada	Metro	2	\$ 10.589	\$ 21.178
13	Varilla $\phi$ 34	Metro	1	\$ 14.268	\$ 14.268
14	Lamina Grado 1/4"	m2	1	\$ 60.000	\$ 60.000
15	Lamina Grado 6	m2	1	\$ 85.000	\$ 85.000
16	Lamina Grado 10	m2	1	\$ 90.000	\$ 90.000
17	Rotula con Macho	Unidad	4	\$ 7.200	\$ 28.800
18	Cabezal Inferior Shimano	Unidad	1	\$ 14.155	\$ 14.155
19	Circlip 25 x 1,2	Unidad	2	\$ 5.000	\$ 10.000
20	Espiga para Manubrio GW	Unidad	1	\$ 66.500	\$ 66.500
21	Amortiguador MRF Universal - 18mm	Unidad	1	\$ 175.177	\$ 175.177
22	Eje Pedalier Shimano	Unidad	2	\$ 67.990	\$ 135.980

23	Kit de Conversión Bicicleta Eléctrica Greenpedel 1000W Powerful DC Hub Motor Electric Bike System	Unidad	1	\$ 2.211.320	\$ 2.211.320
24	Batería de Litio Ecoline Mc-S045	Unidad	1	\$ 720.000	\$ 720.000
25	Cassette piñones Shimano - 8 Velocidades	Unidad	1	\$ 62.500	\$ 62.500
26	Tensor Shimano	Unidad	1	\$ 85.600	\$ 85.600
27	Piñón Guía Cadena Shimano	Unidad	3	\$ 11.900	\$ 35.700
28	Juego de Platos y Bielas Shimano	Unidad	1	\$ 79.900	\$ 79.900
29	Pedal Shimano	Unidad	2	\$ 40.469	\$ 80.937
30	Descarrilador Shimano	Unidad	1	\$ 27.900	\$ 27.900
31	Shifter Shimano	Unidad	2	\$ 84.950	\$ 169.900
32	Neumático Llanta Trasera Chaoyang - Rin 24"	Unidad	1	\$ 24.900	\$ 24.900
33	Llanta Delantera Chaoyang - Rin 19"	Unidad	2	\$ 69.528	\$ 139.056
34	Cadenilla Shimano - 348 eslabones	Unidad	3	\$ 23.500	\$ 70.500
35	Mordaza Shimano	Unidad	3	\$ 76.200	\$ 228.600
36	Disco Shimano	Unidad	3	\$ 27.900	\$ 83.700
37	Guaya	Metro	2	\$ 8.900	\$ 17.800
38	Accionador de Freno	Unidad	2	\$ 15.000	\$ 30.000
38	Manubrio	Unidad	2	\$ 7.000	\$ 14.000
40	Tornillería y Tuercas	Unidad	N/A	\$ 30.000	\$ 30.000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 4.986.627</b>

**Tabla 13.***Detalle Costos Mano de Obra*

<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DE MATERIALES</b>					
<b>ITEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANT.</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
1	Construcción de la Silla	Unidad	1	\$ 300.000	\$ 300.000
2	Construcción del Soporte de la Silla	Unidad	1	\$ 280.000	\$ 280.000
3	Construcción del Tenedor	Unidad	1	\$ 300.000	\$ 300.000
4	Construcción de la Parrilla	Unidad	1	\$ 200.000	\$ 200.000

5	Mecanizado de la Mariposa de Dirección	Unidad	1	\$ 100.000	\$ 100.000
6	Doblado del Tubo de Dirección	Unidad	1	\$ 60.000	\$ 60.000
7	Mecanizado del Soporte de Pinzas	Unidad	2	\$ 200.000	\$ 400.000
8	Mecanizado del Ala de Dirección	Unidad	2	\$ 100.000	\$ 200.000
9	Ensamblaje de todas las Piezas	Unidad	1	\$ 100.000	\$ 100.000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 1.940.000</b>

**Tabla 14.***Detalle Valor Total Proyecto*

IMPREVISTO	\$ 500.000
COSTOS DE TRANSPORTE COMPONENTES	\$ 500.000
UTILIDAD DEL PROTOTPO	\$ 1.000.000
<b>TOTAL, VALOR DEL PROTOTIPO</b>	<b>\$ 8.926.627</b>

Aunque siguen siendo valores mayores para la fabricación de una Trike, el valor total se mantiene en el rango que actualmente se pueden encontrar Trikes Híbridas en el mercado, el cual va desde los \$900 dólares hasta los \$3000 dólares. Por tal motivo, para llegar a ser un producto competitivo en el mercado se debe optimizar algunos costos lo cual se puede lograr obteniendo mejores precios directamente con los proveedores.

## 12. Conclusiones

Se diseño y desarrollo una trike con sistema híbrida como alternativa para solucionar el creciente aumento de vehículos a combustión presentes en el territorio del Área Metropolitana de Bucaramanga, situación que ha afectado notoriamente la salud de los santandereanos.

Para este proceso de diseño se tuvo en cuenta la antropometría de la población colombiana, con el propósito de obtener un vehículo ergonómico, cómodo y seguro. Tal como se puede evidenciar en el Anexo C del presente documento, el diseño de la trike cumple con los requerimientos planteados inicialmente.

Se puede evidenciar en las simulaciones que su estructura posee un factor de seguridad mayor a 3, lo cual implica que las dimensiones y el material seleccionado para el marco estructural otorgan una configuración estable para el usuario, adicional, la selección del sistema motriz y eléctrico brinda una autonomía de recorrido mayor a 50 [Km].

A pesar de que no se logró un prototipo apegado totalmente a los planos, con este se puede realizar pruebas correspondientes a la funcionabilidad del diseño teórico planteado, así como, factores que se deben tener en cuenta para mejoras del diseño. Las pruebas realizadas en el prototipo indican porcentajes de error considerables debido a las configuraciones equivalentes que se tuvieron en cuenta en el proceso de prototipado, sin embargo, el diseño en esencia sigue cumpliendo con los objetivos del proyecto.

Cabe resaltar, que para el desarrollo de este trabajo de grado, se enfrentaron varios desafíos importantes, particularmente en la fase de la recopilación de la información necesaria que se debía tener en cuenta para el diseño a detalle de las piezas de la Trike, ya que este tipo de vehículo cuenta

con un diseño bastante nuevo, el cual no posee mayores estudios o investigaciones científicas realizadas a la fecha.

Finalmente se espera que con esta alternativa que se plantea como solución para el área metropolitana de Bucaramanga sea la base de futuros proyectos de investigación que logre realizar un impacto positivo en la sociedad y sea base de un transporte que sea sostenible y amigable con el medio ambiente.

### Bibliografía

- Alguero, M. (2024, 4 abril). *En Bucaramanga y Girón es donde más crece la compra de carros nuevos en Colombia para los primeros meses del 2024*. [Www.vanguardia.com. https://www.vanguardia.com/economia/local/2024/04/04/en-bucaramanga-y-giron-es-donde-mas-crece-la-compra-de-carros-nuevos-en-colombia-para-los-primeros-meses-del-2024/](https://www.vanguardia.com/economia/local/2024/04/04/en-bucaramanga-y-giron-es-donde-mas-crece-la-compra-de-carros-nuevos-en-colombia-para-los-primeros-meses-del-2024/)
- Autosolar. (s. f.). *¿Qué es una batería AGM?* Disponible en: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-una-bateria-agm>
- Alsiment. (s. f.). Características del tubo cuadrado y principales aplicaciones. Disponible en: <http://alsimet.es/es/noticias/caracteristicas-del-tubo-cuadrado-y-principales-aplicaciones#:~:text=El%20tubo%20cuadrado%20ofrece%20mayor,varios%20tubos%20por%20los%20extremos>
- Cango, B., & Espinoza, A. (2019). *Diseño y construcción de un trike Bike híbrido configurado para personas de la tercera edad como alternativa de movilidad* [Tesis para optar al título de Ingeniero Mecánico, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Chaurand, R., Prado, L., & González, E. (2007). *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. Universidad de Guadalajara, CUAAD.
- DANE - Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. (s.f). Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>

Digitaler Portraitindex: *Darstellung von Hanns Haydens Geigen-clavicymbel, Johann Hautschens Kunstwagen und Stephan Farflers Kunstwagen.* (s. f.). Disponible en: <https://www.portraitindex.de/documents/obj/33708680/gmmp10110-0167>

Electric Bike Journal. (2023, 19 marzo). HUB VS MID DRIVE | Choosing the Best Electric Bike Motor. [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=kAgcldeWjHE>

Equipo editorial, Etecé. (s.f.). *Antropometría - Concepto, tipos, nutrición, arquitectura y más. Concepto.* Disponible en: <https://concepto.de/antropometria/>

Ergonomus (s.f.). ¿Qué es el diseño ergonómico y por qué es importante? Ergonomus CO. <https://ergonomus.co/blogs/noticias/que-es-diseno-ergonomico>

Hell-Bent Cycle Works (2012). *The Recumbent Trike Design Primer.* Florida Biking. Disponible en: <https://floridabiking.wordpress.com/hell-bent-cycle-works-the-recumbent-trike-design-primer/>

*Book of Threes. High Wheel tricycle.* (2011, 21 marzo). Disponible en: <https://www.bookofthrees.com/high-wheel-tricycle/>

Iberdrola. (2021, 22 abril). *Baterías de ion de litio.* Disponible en: <https://www.iberdrola.com/innovacion/baterias-ion-litio>

Ingeniería y Mecánica Automotriz. (2019, 21 octubre) ¿Qué es y cómo funciona el principio de Ackerman? Disponible en: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-y-como-funciona-el-principio-de-ackerman/>

Jetrike an open design - Ergonomics. (2007, 17 octubre). *Ergonomic Recumbent Design.* Disponible en: <http://www.jetrike.com/ergonomics.html#BasicAnthropometricData>

Laid Back Cycles. (2022, 2 junio). Hub Drive VS Mid Drive | Electric Assist on a Recumbent Trike [Video]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=\\_la5wW7R-iI](https://www.youtube.com/watch?v=_la5wW7R-iI)

Marín, E. (2019). *Propuesta de diseño de triciclo reclinado (HPV)*. [Tesis para optar al título de Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Morón, E. (2020). *Baterías de NiMH ¿qué son y por qué son mejores?* Hive Blog. <https://hive.blog/hive-196387/@emiliomoron/bater-as-de-nimh-qu-son-y-por-qu-son-mejores--1600979269>

Ñañez, Y. (2018). *Diseño del sistema eléctrico para la conversión de una bicicleta convencional a eléctrica*. [Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista, Universidad del Valle]. Repositorio institucional de la Universidad del Valle.

O'Brien, M. (2022, 17 agosto). Delta vs Tadpole Recumbent Trikes. Laid Back Cycles Store. Disponible en: <https://laidbackcycles.com/blogs/news/types-of-recumbent-trikes-tadpole-trikes-and-delta-trikes>.

*Pedalmoto Bicicletas* (s.f.). *¿Hidráulico, mecánico, V-Brake? Elige el mejor tipo de freno para tu bicicleta*. *Pedalmoto Blog*. Disponible en: <https://pedalmoto.com/blog/hidraulico-mecanico-v-brake-elige-el-mejor-tipo-de-freno-para-tu-bicicleta/>

Pineda, J. (2021, 4 agosto). *147% aumentó en Bucaramanga y su área el parque automotor*. [Www.vanguardia.com](https://www.vanguardia.com). <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/2021/08/04/147-aumento-en-bucaramanga-y-su-area-el-parque-automotor/>

PVS Interactive. (2018). *Invest in Santander - Datos del Departamento de Santander*. Invest in Santander. Disponible en: <https://investinsantander.co/razones-para-invertir-/datos-generales-del-departamento-de-santander/>

Rentingfinders. (s.f.). *¿Qué Es el Caster o Ángulo de Avance de un Coche?* Rentingfinders Disponible en: <https://rentingfinders.com/glosario/caster-angulo-de-avance/>

Sadeco - Vulco. (s.f.). *Camber o ángulo de caída del neumático - Grupo Sadeco*. Noticias Y Consejos Grupo Sadeco. Disponible en: <https://www.gruposadeco.com/blog/camber-o-angulo-de-caida-del-neumatico/>

Todo Ingeniería Industrial. (s.f.). *Comparadores de Carátula*. Disponible en: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/comparadores-de-caratula/>

Apéndices

Apéndice A. Catálogo Greenpedel Selección Motor Eléctrico – Tienda Virtual



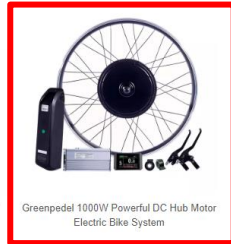
Greenpedel G24 36V 250W Geared Hub Motor Electric Bike System



36V 250W City Bike Silence Electric Bike Kit Road Legal System



Greenpedel Electric Bike Solution 350W Electric Hub Motor Drive System



Greenpedel 1000W Powerful DC Hub Motor Electric Bike System



Greenpedel G27 250W fat tire geared hub motor electric bike kit



350W-750W Geared Hub Motor Fat Bike Wheel Drive System



500W-750W High Torque Hub Motor Electric Bike Drive System



Greenpedel High Torque 500W DC Motor Electric Bike Kit



<60db

El ruido es inferior a 60 dB, que es inferior al de la mayoría de los kits de bicicletas eléctricas del mercado. Viaja tranquilo y vive feliz



45km/h

La velocidad puede alcanzar los 45 km/h, apenas puedes sentir el placer de conducir rápido sin pedalear.



5minutes

Solo toma 5 minutos convertir tu bicicleta en una bicicleta eléctrica con este kit de conversión de bicicleta eléctrica.



high cost performance

Cumple con la mayoría de las normas viales nacionales, con precios bajos, brindándote el mayor rendimiento en costos.

Accesorios relacionados



motor D30



Bateria DP-6C



controlador 30A



Pantalla LCD8H



Acelerador 130X



freno electrónico 115PDD



KT-8PAS



Luz (opción)

Voltaje	48V	Velocidad máxima	45KM/H
Fuerza	1000W	Rango	50KM-70KM
Controlador	KT 48V 30A	Batería	48V 11AH <a href="#">(leer más)</a>
Mostrar	LCD8H <a href="#">(leer más)</a>	Peso total	11KG

#### Información de configuración

Tamaño de la rueda	20"-28"(700C)	Dimensión del motor	GP-D30 <a href="#">(leer más)</a>
Borde	Llanta de aluminio de doble pared 1,75-2,125	Montaje de freno	Freno de disco/freno V
Ojete	36H	Habló	12g
Recubrimiento de poder	Negro plata	Modelos a juego	BTT

Se puede decir que el potente sistema de bicicleta eléctrica con motor de buje de CC de 1000 W de Greenpedal es un kit básico de conversión de bicicleta eléctrica BLDC que es muy adecuado para la conducción en montaña. Este kit incluye motor de cubo de CC de 48 V y 1000 W, una batería de litio, controlador electrónico, acelerador, pantalla, palanca de freno electrónico y PAS. Puede cumplir con todos los requisitos para transformar bicicletas comunes en bicicletas eléctricas. Al mismo tiempo, también puede elegir una caja de controlador adicional para colocar su controlador de manera más estética y elegir luces delanteras y traseras para satisfacer sus necesidades de viaje nocturno.

**Ver más kit de conversión de bicicleta eléctrica de 1000w.** En cuanto al motor de 48v 1000w, podrás elegir libremente rueda delantera, rueda trasera o rueda trasera tipo cassette. Por supuesto, también puedes pedirnos volante. Este motor es adecuado para 6-7 volantes. En cuanto al tamaño de llanta, podemos elegir desde 20 pulgadas hasta 29 pulgadas, que se pueden adaptar tanto a modelos grandes como pequeños. En términos de controlador, podemos personalizar muchas funciones, como la función de lámpara, función de bocina, función de marcha atrás, etc., y al mismo tiempo, podemos elegir si todo el sistema es resistente al agua o no. Además, podemos reemplazar todos los demás accesorios. En términos de batería, puedes elegir si necesitas una batería en el tubo inferior o una batería en el portaequipajes trasero. Contamos con docenas de estuches de baterías diferentes para satisfacer diversas necesidades. Tenemos celdas chinas, celdas LG, celdas Panasonic y celdas Samsung para elegir, y hay un rango de capacidad muy amplio para elegir. Tenemos entre varios y docenas de esquemas diferentes para elegir para otras piezas de bicicletas eléctricas. Tenemos docenas de pantallas LED, pantallas LCD y pantallas coloridas diferentes, tanto pantallas grandes como pantallas pequeñas están bien. Contamos con diferentes sensores de freno y freno, este último es principalmente para evitar reemplazar la manija de freno original de la bicicleta. Disponemos de una gran cantidad de aceleradores de pulgar y de giro con diferentes funciones, algunas de las cuales pueden incluso sustituir la pantalla. También disponemos de PAS con diferente número de puntos magnéticos para elegir, ¿Prefieres la forma de pisar el poder? Entonces elija un PAS de alta calidad para que le ayude. Si tiene una tienda o incluso una fábrica que necesita comprar kits de conversión de bicicletas eléctricas, tenemos muchas actividades preferenciales para la compra por lotes. No importa si tiene 100 juegos, 1000 juegos o incluso 10,000 juegos, siempre podemos satisfacer sus necesidades.

#### Características clave

#### Características clave del potente sistema de bicicleta eléctrica con motor de cubo de CC de 1000 W

El potente sistema de bicicleta eléctrica con motor de cubo de CC de 1000 W es un sistema de propulsión de bicicleta eléctrica avanzado y eficiente diseñado para proporcionar un transporte ecológico y de alto rendimiento. Este sistema incorpora un motor de cubo de corriente continua (CC) de 1000 W, que ofrece potencia y confiabilidad superiores para bicicletas eléctricas.

##### Motor de alta potencia

El motor de 1000 W ofrece una potencia robusta y constante, lo que garantiza una experiencia de conducción suave y sin esfuerzo, incluso en terrenos desafiantes y pendientes pronunciadas.

##### Diseño de motor de cubo

Este sistema cuenta con un motor de buje integrado en el buje de la rueda. Este diseño proporciona un centro de gravedad bajo, estabilidad mejorada y un aspecto limpio y minimalista a su bicicleta eléctrica.

##### Conversión de energía eficiente

El motor de buje de CC es muy eficiente y maximiza la autonomía de su bicicleta eléctrica al tiempo que minimiza el consumo de energía. Es una excelente opción para ciclistas preocupados por el medio ambiente.

##### Operación silenciosa

Gracias a su sistema de transmisión directa, el motor funciona silenciosamente, lo que permite una conducción agradable y sin ruidos.

##### Fácil instalación

La instalación del sistema de bicicleta eléctrica de 1000 W es sencilla y se puede realizar con herramientas y conocimientos básicos. Es compatible con una amplia gama de cuadros de bicicletas.

##### Personalizable

A menudo puedes personalizar varios parámetros, como los límites de velocidad y los niveles de asistencia al pedaleo, para adaptarlos a tus preferencias de conducción.

#### Consejos de mantenimiento

#### Consejos de mantenimiento del potente sistema de bicicleta eléctrica con motor de cubo de CC de 1000 W

##### Manteniéndolo limpio

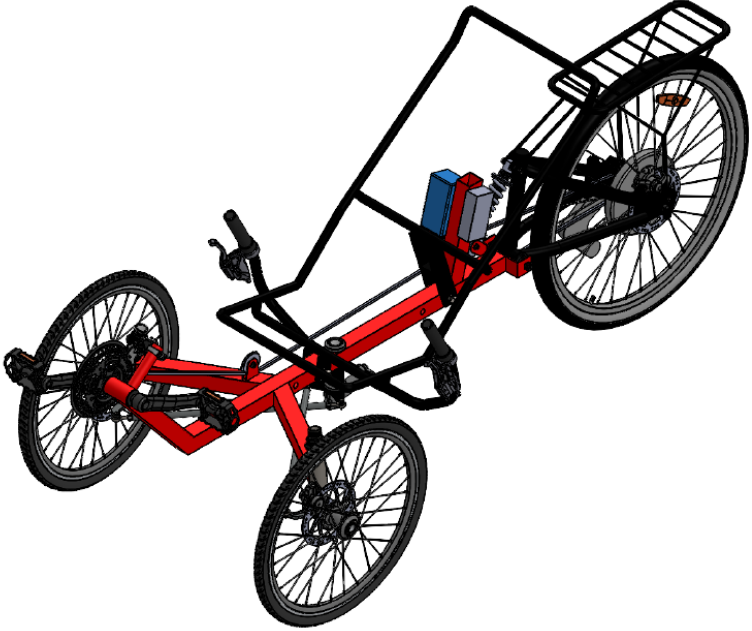
Limpie periódicamente su bicicleta eléctrica para evitar que el polvo y la suciedad afecten su rendimiento. Preste especial atención al motor del cubo, asegurándose de que permanezca libre de contaminantes.

##### Inspecciones periódicas

Inspeccione periódicamente su bicicleta eléctrica en busca de pernos flojos, componentes desgastados y signos de daños. Aborde cualquier problema con prontitud para mantener la seguridad y el rendimiento.



## Apéndice C. Ficha Técnica Trike Teórica

Imagen de Referencia			
			
Especificaciones Técnicas			
<b>Clase de vehículo</b>	Triciclo o Trike Híbrido	<b>Autonomía máxima</b>	57 [Km]
<b>Peso bruto vehicular</b>	25 [Kg]	<b>Tracción</b>	Trasera
<b>Capacidad de carga</b>	90 [Kg]	<b>Tipo de frenos</b>	Discos Mecánicos
<b>Capacidad de pasajeros</b>	1 pasajero	<b>Dimensiones</b>	Largo: 2115 mm Ancho: 827 mm Alto: 898,5 mm
<b>Tipo de combustible</b>	Eléctrico	<b>Rines</b>	Llanta Trasera 24" Llantas Delanteras 19"
<b>Potencia en HP</b>	1,34 [HP]	<b>Suspensión trasera</b>	Amortiguador
<b>Potencia en watts</b>	1000 [W]	<b>Marco</b>	ASTM 500 Grado B
<b>Motor</b>	Gp-D30 Green Pedel	<b>Silla</b>	Manguerilla Elástica
<b>Voltaje</b>	48 [V]	<b>Cambios</b>	1x8 Velocidades
<b>Tipo de batería</b>	Litio Ecoline Mc-S045	<b>Cassette</b>	Hg31 8 Velocidades 11-30
<b>Capacidad de la batería</b>	28.8 [Ah]	<b>Juego de Plato y Biela</b>	Triplato Shimano Altus M2000 22-30-40t
<b>Velocidad máxima</b>	25 [Km/h]	<b>Pedal</b>	Aluminio

**Apéndice D. Planos del Diseño Teórico de la Trike**

Plano 1. General Trike Hibrida Ensamblaje

Plano 2. General Trike Ensamblaje con Cotas

Plano 3. Explosionado por Sistemas

Plano 4. Explosionado Sistema A

Plano 5. Plano Bastidor

Plano 6. Plano Silla

Plano 7. Plano Tenedor Trasero

Plano 8. Plano Parrilla

Plano 9. Explosionado Sistema B

Plano 10. Explosionado Sistema C

Plano 11. Explosionado Sistema D

Plano 12. Explosionado Conjunto Dirección

Plano 13. Mariposa Dirección

Plano 14. Tubo Exterior

Plano 15. Eje Interior

Plano 16. Tubo de Dirección

Plano 17. Explosionado Conjunto Soporte Llanta Delantera

Plano 18. Varilla Hexagonal Mecanizada

Plano 19. Eje de Llanta

Plano 20. Soporte de Pinzas

Plano 21. Ala de Dirección