

# **TRIKE ULTRALIVIANO BIFUNCIONAL. Rediseño y Construcción**

**WILLIAM FERNANDO MARTÍNEZ QUINTERO  
CESAR ADRIAN REYES VERA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2011**

**TRIKE ULTRALIVIANO BIFUNCIONAL. Rediseño y  
Construcción**

**WILLIAM FERNANDO MARTÍNEZ QUINTERO  
CESAR ADRIAN REYES VERA**

**Trabajo de grado para optar al título de:  
INGENIERO MECÁNICO**

**Director  
JORGE ENRIQUE MENESES FLÓREZ  
Magister en Ingeniería  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2011**

## DEDICATORIA

*A Dios, por darme la fortaleza para salir adelante a pesar de las adversidades, a mi madre por su valentía, su amor y ser mi ejemplo de vida, a mi padre por sus valiosas enseñanzas, a Isa mi novia, por su apoyo incondicional y creer en mi desde el comienzo y a todos mis hermanos y sobrinos, por su incondicionalidad y su apoyo contante.*

*Cesar Adrian Reyes Vera*

## DEDICATORIA

*A Dios quien me guía y cuida de mí todos los días, a mi padre Libardo y a mi madre Rosenda quienes con sus consejos y apoyo han sido mi modelo e inspiración para la realización de este proyecto, a Erica Monsalve mi novia, quien con su amor se ha convertido en el motor de mi vida, a Isaura mi tía quien con sus consejos y apoyo hizo que en los momentos difíciles no decayera.*

*William Fernando Martínez*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al profesor Jorge Enrique Meneses, por constante apoyo, dedicación e interés para lograr que este proyecto se llevara a buen término, quien además de ser nuestro director de proyecto, se ha convertido en un excelente amigo, y por toda la formación que nos ha dejado durante el desarrollo de este trabajo de grado.

A Hamer López Toscano, por su importante apoyo y colaboración, por aportarnos de su amplia experiencia y sus valiosos consejos.

A nuestro compañero Alexander Velilla, por su incalculable ayuda con el proceso de manufactura y por toda su colaboración en el desarrollo de este proyecto.

A METÁLICAS CASTILLÓN por su oportuna colaboración en el proceso de construcción de este proyecto de grado

A los señores Freddy Vargas, Henry Cruz y Gonzalo por sus valiosos aportes durante todo el proceso de construcción.

A nuestros compañeros y amigos Kelwin Tunjuelo, Edinson Remolina, Ray Carreño, Luis Carlos Quitian, Halker Díaz quienes de una u otra manera apoyaron y contribuyeron en el logro de adquisición de esta meta.

A Juanita, por su incesante servicio y constante colaboración durante el desarrollo de este trabajo de grado.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	20
<b>1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO</b> .....	23
1.1 OBJETIVOS GENERALES.....	23
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
<b>2. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN</b> .....	25
2.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO BASTIDOR Y CANASTILLA.....	25
2.1.1 Alternativa 1 .....	26
2.1.2 Alternativa 2 .....	28
2.1.3 Alternativa 3 .....	29
2.2 ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA EL REMOLQUE.....	31
2.2.1 Alternativa 1 .....	32
2.2.2 Alternativa 2 .....	33
2.2.3 Alternativa 3 .....	34
<b>3. PROCESO DE REDISEÑO DEL TRIKE ULTRALIVIANO PENDULAR</b> .....	36
3.1 REDISEÑO DEL CHASIS.....	37
3.1.1 Cálculo del centro de gravedad del trike ultraliviano usado para el diseño del bastidor.....	38
3.1.2 Cálculo para el trike (plano horizontal):.....	39
3.1.3 Cálculo para el trike (plano vertical) .....	41
3.1.4 Resistencia de los elementos de unión .....	42
3.1.5 Disposiciones y recomendadas para la ubicación de los tornillos.....	43
3.1.6 Diseño del bastidor.....	45
3.1.7 Diseño de la canastilla .....	57
<b>4. DISEÑO DEL REMOLQUE</b> .....	69
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISEÑO .....	69
4.2 CALCULO DE LA SUSPENSIÓN DEL REMOLQUE.....	71
4.2.1 Elementos estructurales y mecánicos del remolque .....	71
4.2.2 Proceso de selección de las ballestas.....	71

4.3 ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL REMOLQUE .....	77
<b>5. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN</b> .....	<b>83</b>
5.1 CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR .....	83
5.2 CONSTRUCCIÓN DE LA CANASTILLA .....	89
5.3 CONSTRUCCIÓN DEL REMOLQUE .....	94
<b>6. PRUEBAS</b> .....	<b>101</b>
6.1 BASTIDOR Y CANASTILLA .....	101
6.1.1 Prueba estática .....	101
6.1.2 Pruebas dinámicas.....	104
6.2 REMOLQUE .....	109
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>110</b>
<b>RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES</b> .....	<b>112</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>113</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>114</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ultraliviano Pendular tipo Trike de Ala Delta.....	21
Figura 2. Trike Paramotor Alternativa 1. ....	27
Figura 3. Trike Paramotor Alternativa 2 .....	28
Figura 4. Trike Paramotor Alternativa 3 .....	30
Figura 5. Canastilla Seleccionada.....	31
Figura 6. Remolque Alternativa 1.....	33
Figura 7. Remolque Alternativa 2.....	34
Figura 8. Remolque Alternativa 2.....	35
Figura 9. Partes principales del Trike.....	36
Figura 10. Diseño Final.....	37
Figura 11. Vista Superior Trike .....	38
Figura 12. Calculo Peso Trike.....	39
Figura 13. Centro de Gravedad Vertical. ....	41
Figura 14. Fuerzas en un Tornillo. ....	43
Figura 15. Detalle de la junta delantero. ....	43
Figura 16. Recomendaciones para la ubicación de tornillos.....	44
Figura 17. Bastidor.....	45
Figura 18. Detalle de los anclajes del parapente. ....	47
Figura 19. Comparación del mástil original y el nuevo.....	48
Figura 20. Junta Delantera .....	48
Figura 21. Junta Trasera con refuerzo interior. ....	49
Figura 22. Aplicación de antropometría al diseño del bastidor. ....	52
Figura 23. Análisis de cargas bastidor. ....	53
Figura 24. Análisis de Deformación bastidor.....	54
Figura 25. Análisis de Esfuerzos bastidor.....	55
Figura 26. Factor de Seguridad Bastidor. ....	56
Figura 27. Análisis de los esfuerzos alternantes.....	56
Figura 28. Análisis del Ciclo de Vida Útil. ....	57
Figura 29. Diseño final Canastilla. ....	58
Figura 30. Canastilla construida e instalada. ....	59
Figura 31. Detalle de la Guaya Tensora .....	60
Figura 32. Refuerzo Interno y placas de soporte Canastilla. ....	61
Figura 33. Detalle de la malla tejida.....	62
Figura 34. Diagrama de Cargas Canastilla. ....	63
Figura 35. Análisis de la deformación Total Canastilla .....	64

Figura 36. Análisis de Esfuerzos Canastilla.....	65
Figura 37. Diagrama del Factor de Seguridad Canastilla .....	66
Figura 38. Esfuerzos Alternantes Canastilla .....	67
Figura 39. Análisis de la vida útil Canastilla.....	68
Figura 40. Diseño final del Remolque.....	69
Figura 41. Detalles Remolque.....	70
Figura 42. Partes principales de una suspensión por ballestas .....	72
Figura 43. Calculo de pesos remolque. ....	73
Figura 44. Distribución de cargas Remolque. ....	77
Figura 45. Análisis de Esfuerzos Remolque. ....	78
Figura 46. Deformación Total Remolque .....	79
Figura 47. Factor de Seguridad Remolque.....	80
Figura 48. Esfuerzo Equivalente Alternante Remolque .....	81
Figura 49. Ciclo de Vida Útil Remolque. ....	82
Figura 50. Doblado de tubería para el bastidor.....	83
Figura 51. Reemplazo del Mástil.....	84
Figura 52. Procedimiento de Construcción Bastidor .....	86
Figura 53. Centrado y Alineación del Bastidor. ....	87
Figura 54. Inspección y acabado del Bastidor. ....	88
Figura 55. Bastidor Construido e instalado. ....	88
Figura 56. Aros principales Canastilla.....	89
Figura 57. Proceso de construcción Canastilla.....	90
Figura 58. Canastilla.....	91
Figura 59. Detalle de los soportes Canastilla.....	92
Figura 60. Detalle de los soportes Canastilla.....	92
Figura 61. Canastilla con la malla de protección.....	93
Figura 62. Proceso de Soldadura del Remolque. ....	94
Figura 63. Montaje de Canaletas.....	95
Figura 64. Recubrimiento con pintura anticorrosiva.....	96
Figura 65. Suspensión de ballestas.....	97
Figura 66. Muelles, eje, bocines y llanta del remolque. ....	97
Figura 67. Detalle de la base del malacate y gancho remolque. ....	98
Figura 68. Malacate para remolque de carga .....	98
Figura 69. Detalle de la rueda timonera.....	99
Figura 70. Rampas desmontables para cargue y descargue.....	100
Figura 71. prueba de resistencia estructura y desplazamiento del C.D.G. ....	102
Figura 72. Prueba de resistencia para los amarres del parapente.....	103
Figura 73. Posición de los amarres del parapente.....	104
Figura 74. Pruebas de Carreteo.....	105

Figura 75. Preparación Pruebas de Carreteo. ....	106
Figura 76. Preparación Pruebas de Carreteo con Parapente. ....	107
Figura 77. Prueba de Carreteo con Parapente. ....	108
Figura 78. Remolque. ....	109

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Distancia centro de gravedad plano horizontal.....	40
<b>Tabla 2.</b> Distancia centro de gravedad plano vertical.....	42
<b>Tabla 3.</b> Parámetros antropométricos de la población masculina colombiana. ....	51

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO A:</b> CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES USADOS.....	115
<b>ANEXO B:</b> RESISTENCIA Y GRADOS DE LOS TORNILLOS .....	117
<b>ANEXO C:</b> CONSTANTE PARA BALLESTAS .....	121
<b>ANEXO D:</b> TRIKE FLASH .....	122
<b>ANEXO E:</b> PLANOS.....	127

## GLOSARIO

**Ultraliviano:** Carro motorizado suspendido bajo un ala tipo delta o bajo un parapente

**Carreteos:** Conjunto de movimientos que el avión hace en tierra.

**Parapente:** Es un aerodeslizador ultraliviano, que consta de un ala de estructura no rígida o blanda llamada VELA o VELAMEN

**Ala Delta:** Ala con un ángulo de flechamiento pronunciado y con una forma triangular.

**Flexwing:** Elemento en el cual se genera la sustentación esta es de material flexible.

**Monopole:** Elemento estructural principal el cual va en forma vertical el cual soporta la mayor parte de la carga.

**Quilla:** Elemento estructural principal el cual va en forma horizontal y sostiene parte de la carga en el trike y la mayor parte de la carga en el ala.

**Trike:** Estructural tubular la cual contiene la tripulación, instrumentos de vuelo y la planta motriz.

**Decolaje:** Acción de despegue de una aeronave

## RESUMEN

### TÍTULO:

**TRIKE ULTRALIVIANO BIFUNCIONAL. Rediseño y Construcción\***

### AUTORES:

Cesar Adrian Reyes Vera.

William Fernando Martínez Quintero\*\*

### PALABRAS CLAVES:

Ultraliviano, trike, aeromodelismo, bifuncional, parapente.

### DESCRIPCIÓN:

La finalidad de este trabajo de grado, es la de impulsar una industria regional de turismo incipiente, pero significativo para la región, fortaleciendo la relación Industria-Universidad y así mismo sentar las bases tecnológicas y de investigación, para generar una industria aeromotriz capaz de diseñar y construir equipos aeronáuticos con fines recreativos.

El desarrollo de este rediseño se llevó a cabo, sobre un trike ultraliviano, modelo Bison, de la casa COSMOS ULTRALIGHTS, haciendo una adaptación que le permitiera sustentar su vuelo a partir de un parapente o un ala delta (*bifuncionalidad*), logrando así una mayor introducción en los diferentes destinos turísticos de vuelo en Colombia. Instalando un sistema que sea montable y desmontable fácilmente por una sola persona en modalidad de ala delta o en modalidad de parapente, así mismo un sistema de protección en la hélice que permita proteger las líneas del parapente, conservando al máximo las características ergonómicas del diseño original.

Adicionalmente, surgió la necesidad de transportar el *trike ultraliviano* hasta los diferentes sitios característicos de vuelo, por lo cual fue necesario diseñar y construir un remolque que cumpliera con las siguientes características: Manipulable por una sola persona instalando un malacate manual de palanca, para fácil montaje y desmontaje del trike, rueda jockey o timonera para estabilizar el remolque desenganchado y desplazarlo sin esfuerzo.

Con el apoyo de las herramientas computacionales tipo CAD – CAE se lograron simplificar significativamente los procesos de modelado y simulación en el diseño y el análisis estructural. Para finalmente, obtener una estructura totalmente funcional, con la capacidad de sustentar su vuelo a partir de un parapente o de un ala delta, con un considerable margen de seguridad y una configuración ergonómica y estética consistente con el modelo original.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Jorge Enrique Meneses.

## SUMMARY

### TITLE:

**SOFTWARE FOR THE TEACHING OF THE HEAT TRANSFER \***

### AUTHORS:

Cesar Adrian Reyes Vera.

William Fernando Martínez Quintero. \*\*

### KEY WORDS:

Ultralight, trike, aeromodeling, bifunctional, paragliding.

### DESCRIPTION:

The purpose of this paper grade, is to encourage regional incipient tourism industry, but significant for the region, strengthening University-Industry relationship and likewise to lay the technological foundations and of research, to build anaeromotriz industry capable of designing and build recreational appliances.

The development of this redesign was carried out, on a trike ultralight Bison model, of COSMOS ULTRALIGHTS manage, making an adaptation that allowed support their flight from a paraglider or a hang glider (*bifunctionaly*), thus achieving greater its introduction to the various flight destinations in Colombia. Installing a system that is easily assembled and dismantled by one person in form of hang gliding or paragliding mode, likewise a protection system that protects the propeller lines paragliding, retaining most of the ergonomic features of the original design.

Additionally, it became necessary to transport the ultraligh ttrike to the different sites characteristics of flight, which was necessary to design and build a trailer that meets the following characteristics: manipulated by one person, installing a manual winch handle for easy assembly and removing the trike, a jockey wheel to stabilize the trailer disengaged and move without effort.

With the support of computational tools such CAD - CAE was able to simplify significantly the process of modeling and simulation in the design and structural analysis. To finally get a fully functional structure, with the ability to sustain its flight from a paraglider or a hang glider, with a considerable margin of safety and ergonomic and aesthetic settings consistent with the original model.

---

\*Degree Work.

\*\* Physical-Mechanical Engineering Faculty, Mechanical Engineering School, Eng. Jorge Enrique Meneses.

## INTRODUCCIÓN

Volar es la acción de desplazarse a través de un espacio tridimensional, con movimientos vectoriales o relativos en cualquier sentido; en otras palabras, no es más que la acción de moverse por el aire sostenido por las alas, o cualquier otro mecanismo que genere sustentación. El deseo de volar como los pájaros no es algo nuevo, la historia se remonta hacia la leyenda de Ícaro y su padre Dédalo, quienes construyeron unas alas a partir de plumas, y las pegaron con cera, para escapar de una prisión; Ícaro voló muy cerca del Sol, la cera se derritió y él cayó al mar, donde murió ahogado. Es a partir de ahí, cuando la humanidad despierta esa curiosidad ambiciosa de querer volar como las aves.

Durante muchos años se han creado diferentes mecanismos ideales para volar. Dentro de los cuales tenemos, solo por mencionar algunos, el ala delta, el paracaídas, el parapente, los helicópteros, los ultralivianos, los aviones, etc. Hoy en día uno de los más recientes es el Trike de paramotor, a este, se le considera una adaptación del parapente y son llamados “*Trike paramotor, paragliding trike o simplemente trike de paramotor*”. Están constituidos básicamente por un parapente, un trike (*vehículo de tres ruedas*) y un motor especial adaptado para la aeronáutica. Este motor le ofrece la ventaja de lograr despegues prácticamente desde cualquier terreno sin necesidad de vientos fuertes o grandes pendientes, ya que este genera su propio empuje y al alcanzar la velocidad necesaria la vela despega.

La finalidad de este proyecto de grado era la de rediseñar y construir los elementos estructurales de un ultraliviano pendular biplaza de ala delta de la marca COSMOS ULTRALIGHT (*ver figura 1*), haciendo una adaptación que le permitiera sustentar su vuelo a partir de un parapente o de un ala delta (**bifuncionalidad**), puesto que anteriormente, éste solo volaba por medio de un ala delta, lo que implicaba contar con amplios terrenos planos de hasta 300 metros

de pista para el despegue y aterrizaje; algo no muy común en nuestra montañosa geografía santandereana.

**Figura 1.** Ultraliviano Pendular tipo Trike de Ala Delta



**Fuente:** Autores

A fin de impulsar una industria de turismo incipiente, pero significativa para la región, fortaleciendo la relación Industria-Universidad, se hace necesario sentar las bases tecnológicas y de investigación, para generar una industria aeromotriz capaz de diseñar y construir equipos aeronáuticos con fines recreativos. Logrando así una mayor introducción en los diferentes destinos turísticos de vuelo en

Colombia, permitiendo realizar vuelos en regiones como los llanos orientales, donde sus características geográficas le permiten volar usando el ala delta o en regiones como Santander donde se vuela por térmicas o corrientes ascendentes de aire caliente, en las cuales el parapente es el que mejor se adapta a estas condiciones.

En este documento se encuentran paso a paso cada una de las etapas que se presentaron para el rediseño y construcción del trike ultraliviano bifuncional y el diseño del remolque para el mismo. Comenzando por detallar claramente los objetivos que se plantearon para el alcance del proyecto, seguido por la justificación de la solución, en el cual se plantean las alternativas de diseño del bastidor, la canastilla y el remolque. Más adelante se detalla el proceso de rediseño del trike, al igual en el capítulo cuatro se consigna todo el proceso de diseño del remolque. Una vez seleccionada la alternativa de diseño adecuada para el trike y para el remolque en los capítulos anteriores, pasamos a ilustrar el proceso de la construcción. En el siguiente capítulo se registran las pruebas realizadas para corroborar la calidad y funcionalidad de lo creado. Para finalizar se presenta la formulación de las conclusiones y recomendaciones derivadas a través del desarrollo de este trabajo de grado.

# 1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.

## 1.1 OBJETIVOS GENERALES.

- Hacer efectiva y práctica la misión de la Universidad Industrial de Santander de atender y dar solución a diferentes necesidades de todas las comunidades, integrando las diferentes áreas de conocimiento de la Ingeniería Mecánica.
- Continuar con la línea de investigación aeromotriz, participando en el estudio y fabricación de elementos de aviación, implementando los conocimientos que permitan adaptar la tecnología existente a nuestro entorno, así como mejorar la funcionalidad de los diseños.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Rediseñar y construir el chasis de un ultraliviano motorizado tipo trike de ala delta, instalando un sistema que sea montable y desmontable fácilmente por una sola persona en modalidad de ala delta o en modalidad de parapente, así mismo un sistema de protección en la hélice que permita proteger las líneas del parapente manteniendo las características ergonómicas del diseño original, a fin de obtener la polifuncionalidad para generar la sustentación de su vuelo a partir de un parapente o a partir de un ala delta.

Las características originales del ultraliviano a rediseñar son:

• MARCA:	Cosmos
• MODELO:	Bison
• CONFIGURACIÓN:	Biplaza (tándem)
• PESO EN VACÍO:	290 lb
• PESO TOTAL:	860 lb
• ÁREA DE LAS ALAS:	16.2 m <sup>2</sup>
• MOTOR ESTÁNDAR:	532 Rotax
• POTENCIA DEL MOTOR:	49 H.P / @ 6500 RPM
• VELOCIDAD DE CRUCERO:	43 MPH
• RUTA DE ASCENSO CON PESO TOTAL:	800 pies/min
• DISTANCIA DE DESPEGUE:	200 pies
• DISTANCIA DE ATERRIZAJE:	200 pies

- Realizar un análisis de los esfuerzos mecánicos con una herramienta CAE, a los diferentes elementos constituyentes del rediseño y suministrar los planos con la herramienta CAD *Solidworks 2009*.
- Verificar, cualitativamente, el correcto funcionamiento de lo rediseñado, mediante pruebas de carreteo realizadas en tierra para comprobar: la respuesta de inflado del parapente, la resistencia, la fiabilidad, y la ergonomía del chasis.
- Diseñar y construir un tráiler(remolque) que permita el desplazamiento del trike hasta el sitio donde se realizarán las correspondientes pruebas (*aeropuerto de San Gil*) y que además cumpla con las siguientes características; que sea manipulable por una sola persona, montado sobre un solo eje, con llantas rin 14", suspensión por ballestas, rueda jockey o timonera para estabilizar el remolque desenganchado y desplazarlo sin esfuerzo, malacate o winche manual de 1600 lb para fácil remolque de la carga de mínimo 300lb, kit de instalación eléctrica para tráiler.

## 2. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Con la realización de este proyecto de grado se busca disminuir los costos de adquisición por parte del usuario, diseñando y construyendo las partes necesarias, asegurar productos de calidad competitivos con el mercado extranjero y mejorar el sistema de vuelo del trike ultraliviano, permitiéndole generar sustentación a partir de un parapente, fortaleciendo y estimulando el desarrollo tecnológico de la línea aeromotriz en Santander; para lograr este propósito debemos tener en cuenta en nuestro rediseño los siguientes parámetros:

- Poco Peso.
- Espacio disponible.
- Bajo Costo.
- Comportamiento Cinemático y Dinámico.
- Facilidad de Montaje y Mantenimiento.
- Adaptabilidad sin grandes modificaciones a la estructura original.
- Ergonomía.

### 2.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO BASTIDOR Y CANASTILLA

El rediseño propuesto está basado en diseños existentes como el *TRIKE FLASH* de la casa *FLY Products* (Ver Anexo D), y el modelo *TRASAN C2*<sup>1</sup> de la casa *AIFER PARAMOTORES* entre otros. Este diseño se caracteriza por modificar el chasis del ultraliviano original (Ver figura 1), lo que le permite ser bifuncional, para lograr lo propuesto anteriormente se deben diseñar y construir los siguientes elementos.

---

<sup>1</sup><http://fly-bg.com/airfer-trike.html>

➤ **Bastidor:**

Es la estructura metálica que sirve de soporte para las líneas del parapente y a su vez distribuye las cargas de todo el sistema.

➤ **Canastilla:**

Es una estructura de protección, cuyo principal objetivo es evitar que las líneas del parapente terminen enredadas en la hélice. El rediseño propuesto se ha centrado básicamente en el costo, peso, espacio disponible, ergonomía y estética.

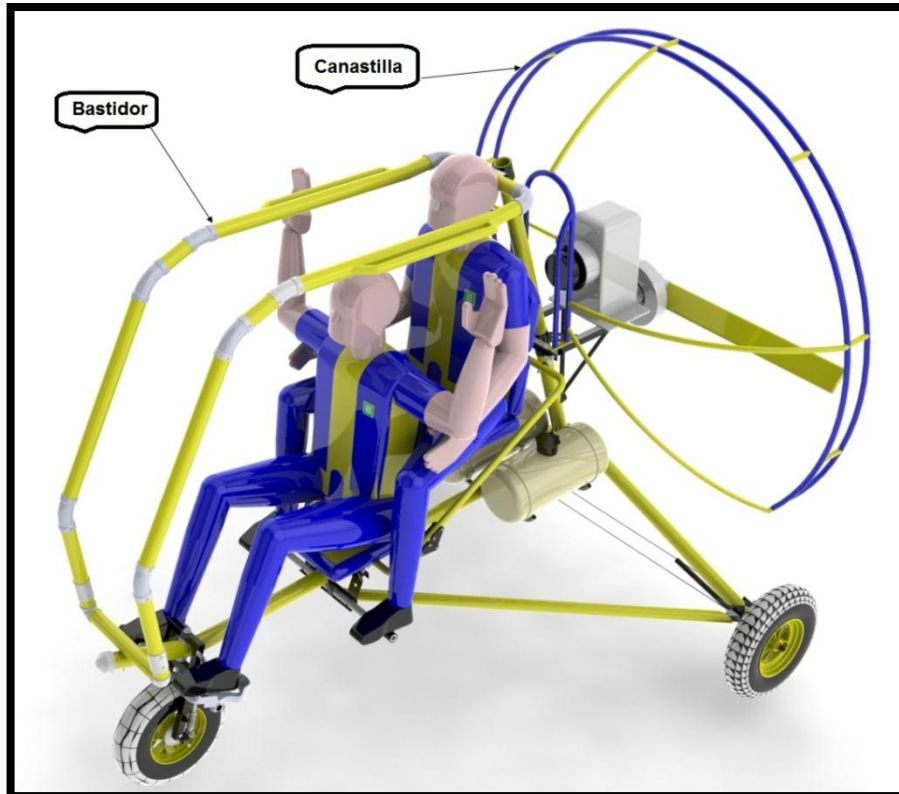
### **2.1.1 Alternativa 1**

Esta propuesta se basa en uno de los modelos más populares del mercado, el *TRIKE FLASH* de la casa *FLY Products* (Ver Anexo D), el cual es un diseño robusto de un bastidor en duraluminio con uniones en acero, con una configuración amplia y cómoda para el piloto y el pasajero como se puede apreciar en la figura 2. En este diseño el piloto se encuentra en el asiento delantero, lo cual ofrece facilidad para la enseñanza. Cuando el sistema está configurado para volar con Ala Delta el piloto debe estar adelante para manipular libremente la barra de control, cuando se cambia a la configuración de parapente, para efectos del Centro de Gravedad y del control sobre los mandos de los pedales, el piloto deberá permanecer en el asiento delantero, lo que conlleva a instalar guías separadoras en la parte superior del bastidor, donde se anclarán las líneas de control del parapente para mantener el sistema estable en el momento del decolaje o aterrizaje de esta pequeña aeronave.

El duraluminio es un material que tiene una elevada resistencia mecánica a temperatura ambiente, sin embargo, le afecta la corrosión, tiene mala soldabilidad, además de perder sus propiedades al ser doblado, así que los dobleces para esta alternativa se harán con codos en acero uniéndolos con pernos y reforzando

interiormente los tubos de duraluminio para contrarrestar la concentración de esfuerzos.

**Figura 2.** Trike Paramotor Alternativa 1.



**Fuente:** Autores

La canastilla se fabricará con tubería de acero 1045 col roll de  $\frac{1}{2}$  pulgada, se unirá por medio de soldadura y su configuración será de doble aro y abierta en la parte inferior, para evitar golpearla al aterrizar, el doble aro logra que la canastilla sea más rígida y estructuralmente más confiable.

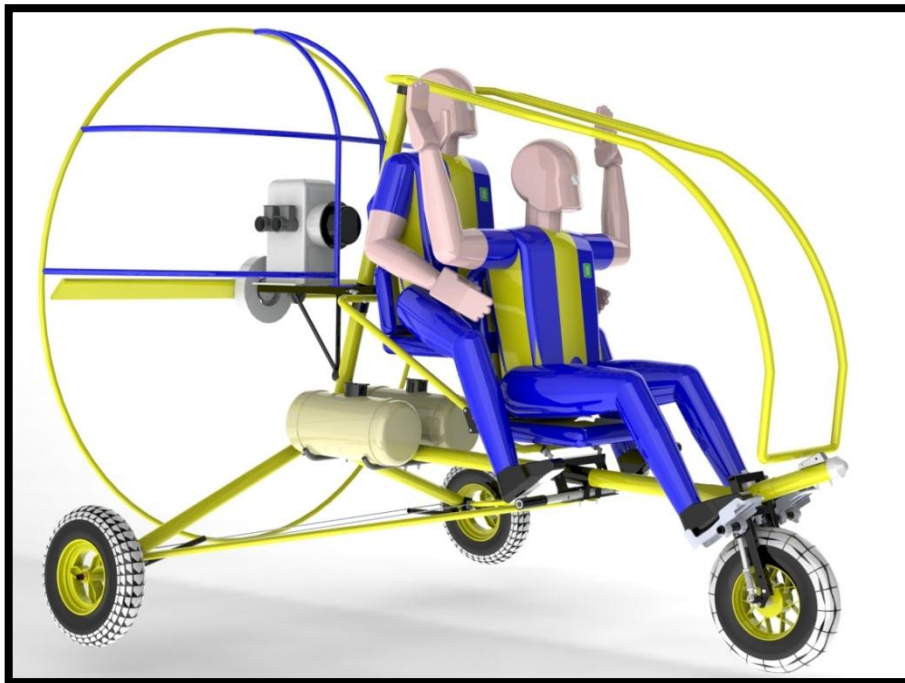
La alternativa 1 permite la realización del proceso en forma continua, sin embargo el sistema de ensamble con codos de acero requiere bastante precisión y se convierte en un trabajo tedioso y poco eficiente, lo que implica mayores costos de construcción debido a que no es una tarea sencilla conseguir dobleces perfectos en pequeñas secciones de tubo, dichas secciones deben estar unidas fuertemente a los tubos de duraluminio y para ello los extremos de los tubos se deben reforzar

en los lugares en que se localicen los remaches que los unen, esto incurre en mayor complejidad y reduce el factor de seguridad de la estructura. El análisis de fallas de esta alternativa nos lleva al desarrollo de las alternativas siguientes, que son variantes de esta, en cuanto a que su configuración y diseño.

### 2.1.2 Alternativa 2

La segunda alternativa es un diseño muy similar al anterior (*figura 3*), salvo que el bastidor se realizará con tubería de Acero satinado de una y media pulgada (1 ½”), con la cual se consigue simplificar el proceso de doblaje de tubería eliminando las uniones, la soldadura y logrando unas curvas más suaves y definidas, lo que marca un punto a favor a nivel estético, no obstante se debe considerar el aumento de peso en la estructura en cuanto a la diferencia de peso entre el duraluminio y el acero. Es por ello que se propone construir la canastilla con un solo aro.

**Figura 3.** Trike Paramotor Alternativa 2



Fuente: Autores

Será de vital importancia tener en cuenta el decremento significativo del factor de seguridad debido a la tubería de media pulgada que constituye el bastidor, siendo este quien soporta todo el peso del equipo cuando se encuentra en vuelo. Al decidir construir la canastilla en un solo aro se hace necesario que se construya una circunferencia cerrada con un diámetro considerable por las grandes dimensiones de la potente hélice de vehículo ultraliviano, lo que aumenta la posibilidad de golpearla contra el suelo al momento del despegue o aterrizaje. Otra desventaja de esta alternativa es que esta tubería con un diámetro tan pequeño se hace poco agradable estéticamente hablando.

Con el desarrollo de estas dos alternativas y con la evolución de las ventajas que cada una presenta por separado, se llega a una propuesta definitiva que muestra un perfil de solución al problema planteado, dando cobertura a la mayoría de subproblemas que se presentan buscando convertir y optimizar el sistema de sustentación del ultraliviano motorizado tipo trike de ala delta.

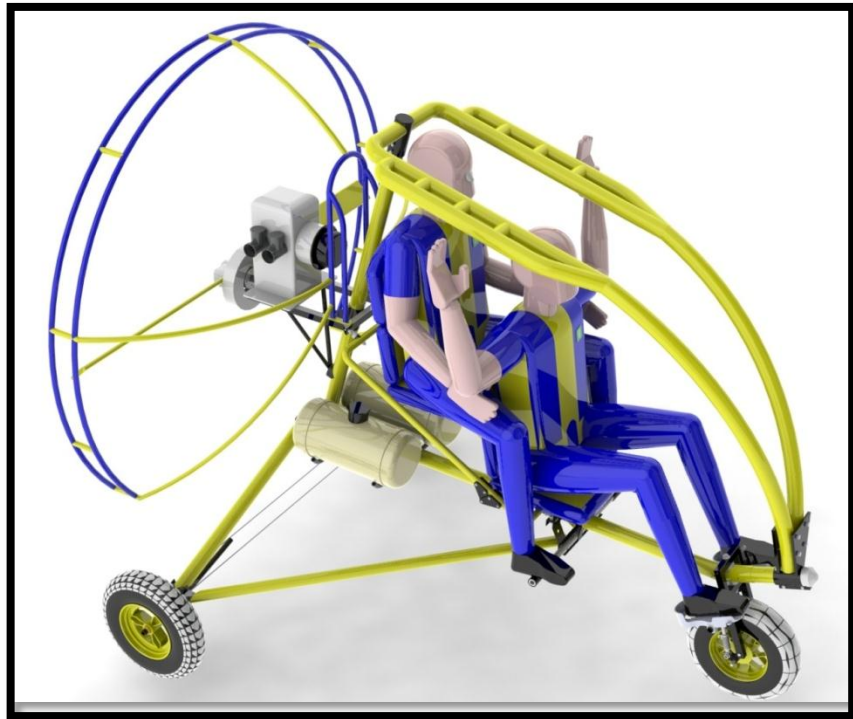
### **2.1.3 Alternativa 3**

La alternativa tres presentada en la figura 4, retoma las características estéticas de la primera alternativa junto con el diseño propuesto en la segunda; proponiendo la construcción del bastidor más compacto en la parte frontal, además, con esta propuesta se ahorra en materiales, lo cual implica una reducción en los costos de fabricación. Este diseño consta de unas barras superiores en las que se ha conseguido implementar un nuevo sistema de anclaje que le permite tener varias posiciones de sujeción del parapente, y con ello variar el centro de gravedad de la estructura respecto a las diferentes combinaciones de peso, lo que permite tener más estabilidad en vuelo.

Este trike es ideal tanto para vuelos recreativos como para la enseñanza, pues se puede pilotar perfectamente desde la posición delantera como trasera.

Fabricado con tubería de Acero COLD ROLLED de 1½ pulgadas de diámetro, que permite hacer dobleces bien definidos sin perder sus características estructurales, apoyando sólidamente la caracterización estética, haciéndose bastante atractivo a simple vista, acrecentando el factor de seguridad y complementando cada una de las necesidades requeridas.

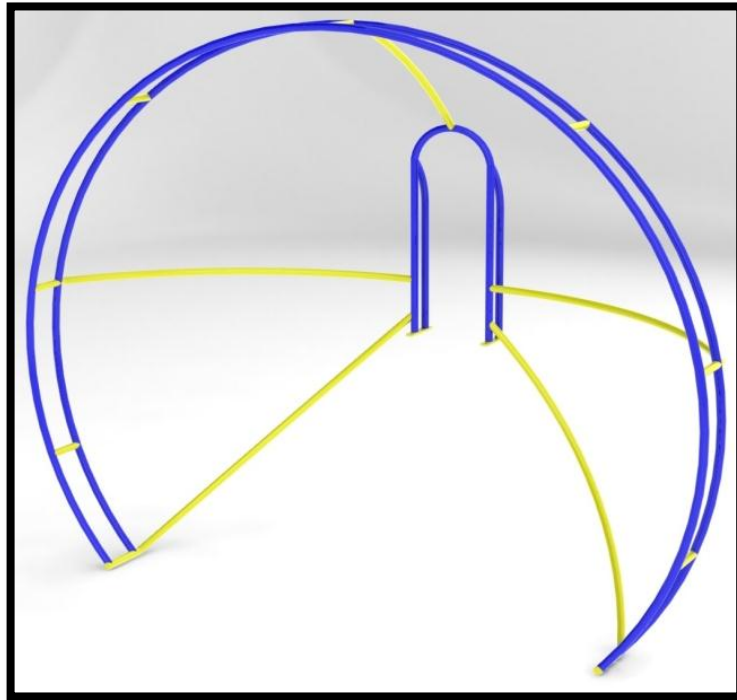
**Figura 4.** Trike Paramotor Alternativa 3



**Fuente:** Autores

La canastilla se retomará de la alternativa 1 (*figura 5*), la cual se considera adecuada para el modelo, en cuanto a las características estéticas, estructurales y parte funcional.

**Figura 5.** Canastilla Seleccionada



**Fuente:** Autores

## **2.2 ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA EL REMOLQUE**

### **➤ Remolque**

También conocido como *acoplado* o tráiler es un vehículo de carga no motorizado que consta como mínimo de chasis, ruedas, superficie de carga, y dependiendo de su peso y dimensiones, frenos propios. No se puede mover por sus propios medios sino que es arrastrado y dirigido por otro vehículo: desde camiones-remolque específicos hasta motocicletas.

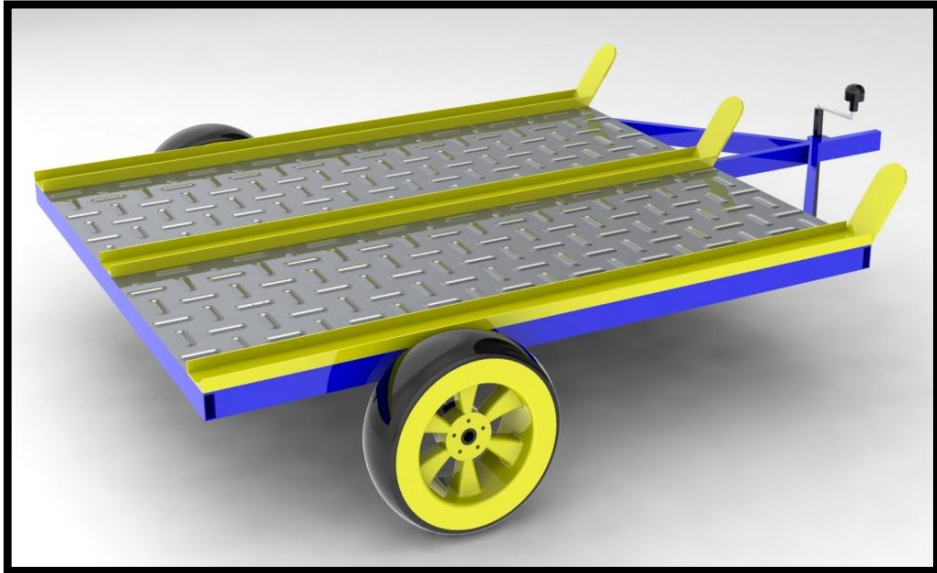
### 2.2.1 Alternativa I

Para esta propuesta se presenta un diseño de remolque, tipo planchón en lámina alfajor, y la estructura en tubería de acero rectangular de 80 x 30 mm (*figura 6*), con tres guías de igual longitud, fabricadas en lámina de acero calibre 1/8", con tres rampas desmontables, fabricadas en la misma lámina. El eje de las ruedas se fabricará de acero SAE 4140

El sistema de suspensión por ballestas, se tomará de un automóvil que contenga las características geométricas afines al diseño, al cual se le realizarán una serie de modificaciones para lograr la amortiguación adecuada del sistema. Se instalará una rueda timonera en la parte delantera, con la que se busca facilitar la manipulación del remolque cuando esté desenganchado, además de un cabestrante que facilita el montaje y desmontaje de la carga por una sola persona.

Esta alternativa permite la utilización de este remolque para el transporte de otro tipo de cargas, como motocicletas, bicicletas, entre otros. Pero contradictoriamente todas estas características, conllevan a un diseño más costoso, con mayor cantidad de materiales, mayor peso y más complejidad en la construcción.

**Figura 6.** Remolque Alternativa 1



**Fuente:** Autores

### **2.2.2 Alternativa 2**

Otra alternativa sería, la adquisición de un remolque como en la figura 7, ya fabricado, que cumpla con las especificaciones, pero esta propuesta se descarta por su alto costo debido a los materiales en que está construida.

**Características:** Chasis fabricado en chapa galvanizada de 3mm, Guías de longitud 2 m, guía central longitud 2,5 m. Diseñado para grandes trikes, hasta 3 m de longitud, eje de 500 Kg o 750 Kg, rueda R-13” y piso de aluminio.

**Figura 7.** Remolque Alternativa 2



**Fuente:** <http://seat600.mforos.com/586330/9929494-remolque-para-motos-en-venta-vendido/>

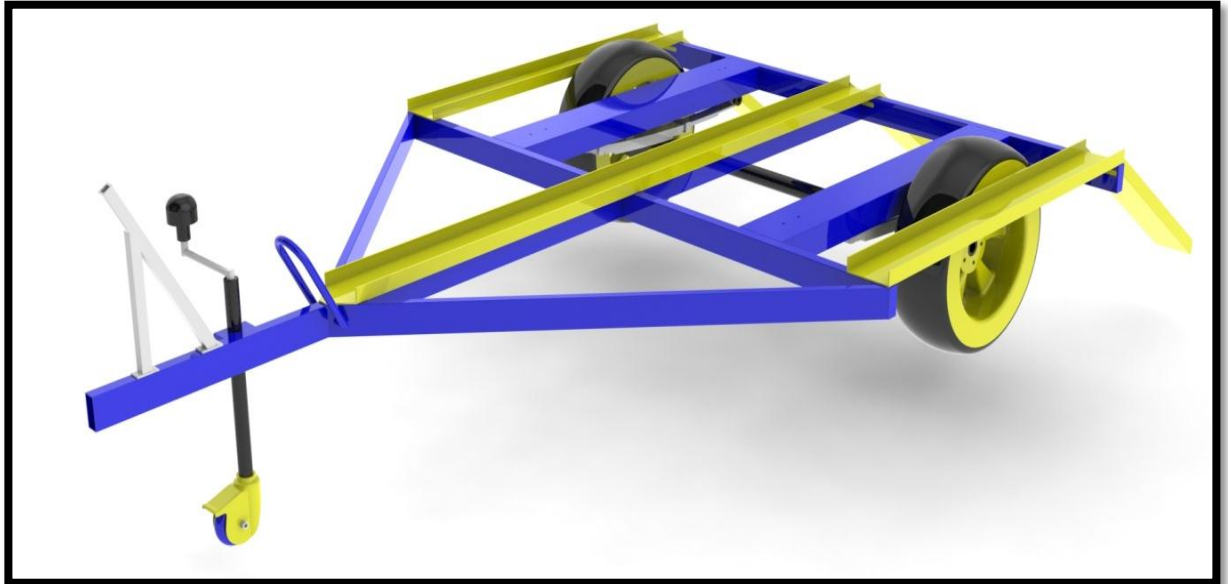
Con el desarrollo de las dos alternativas de diseño y la evolución de las ventajas que cada una presenta por separado, se llegó a la propuesta definitiva que muestra un perfil de solución al problema planteado, dando cobertura a la mayoría de subproblemas presentados.

### **2.2.3 Alternativa 3**

Esta alternativa (*figura 8*) consta de un diseño más compacto y ligero, ya que se suprime la lámina alfajor presentada en las dos propuestas anteriores, las guías por la que se va a desplazar el trike se montan directamente sobre el chasis, con lo que logramos reducir considerablemente los costos y el peso total de la estructura, lo que se ve reflejado en un ahorro de combustible. Además permite que sea desenganchado y enganchado por una sola persona al vehículo que lo

remolca. El sistema de amortiguación, la rueda timonera y el cabestrante se mantienen como en la alternativa 1. La ventaja de esta configuración se ve reflejada en los costos y en la facilidad de construcción.

**Figura 8.** Remolque Alternativa 2



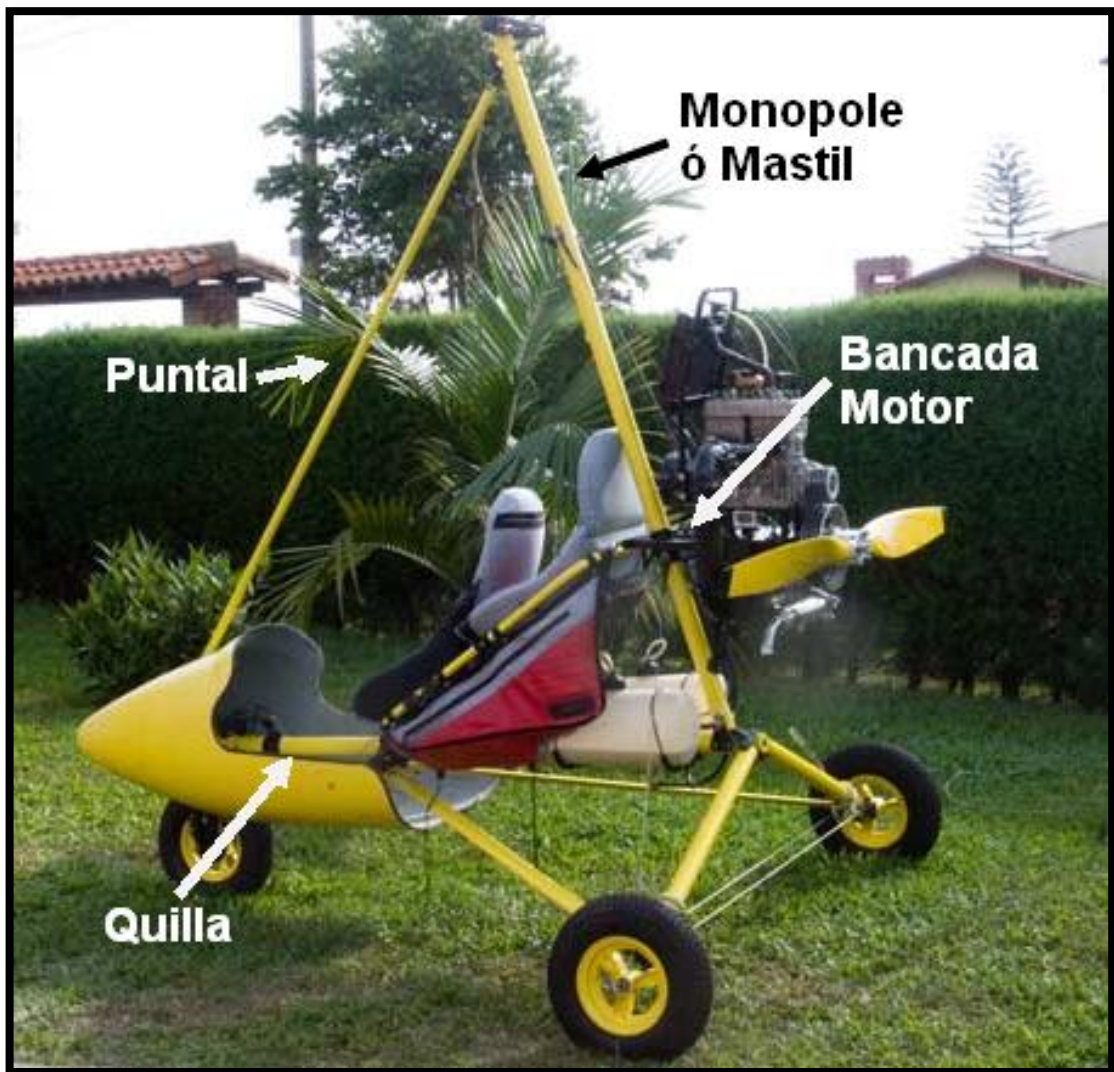
**Fuente:** Autores

### 3. PROCESO DE REDISEÑO DEL TRIKE ULTRALIVIANO PENDULAR

Este proceso se llevó a cabo, teniendo en cuenta el análisis de las alternativas de diseño planteadas, de donde se ha seleccionado la propuesta más conveniente.

Para mejor entendimiento de los elementos a rediseñar, en la siguiente figura se describen las partes principales del trike ultraliviano pendular original.

**Figura 9.** Partes principales del Trike.

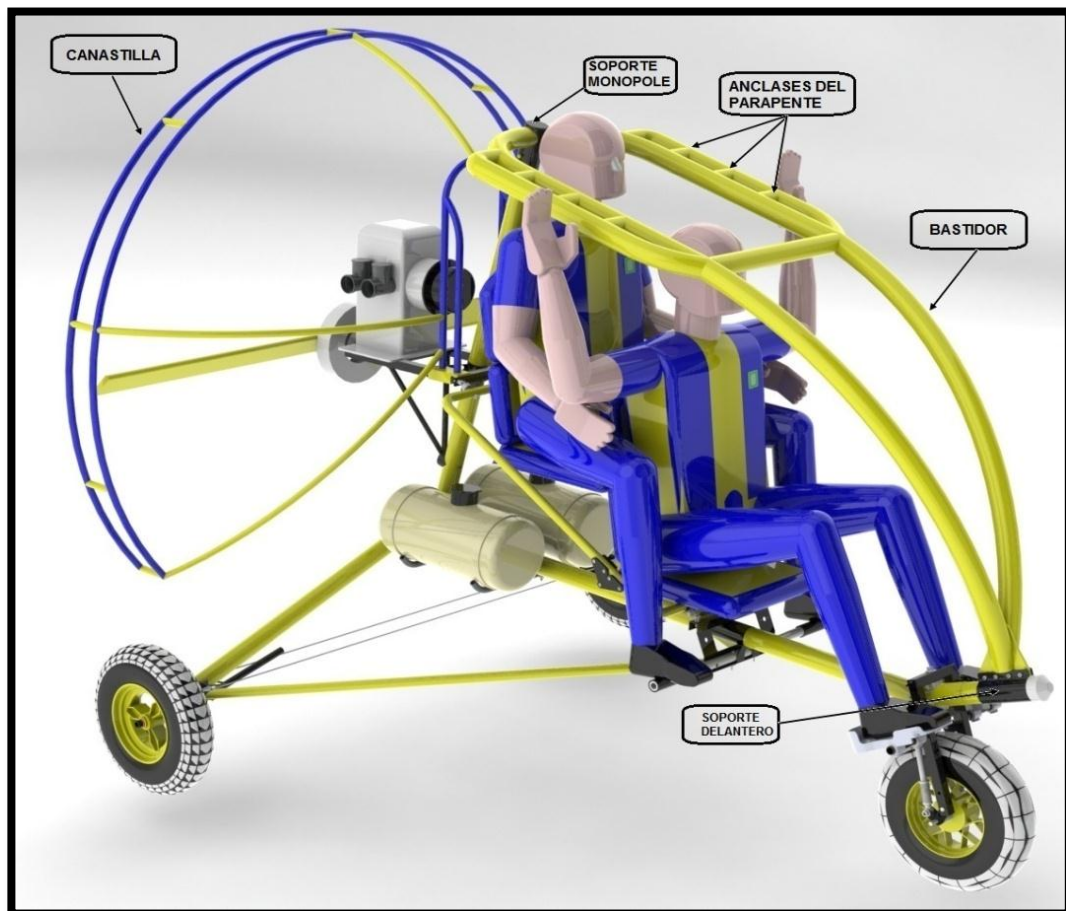


**Fuente:** Autores

### 3.1 REDISEÑO DEL CHASIS

Para el desarrollo del rediseño del chasis, se hizo un enlace minucioso entre los requerimientos mecánicos, el alto nivel de seguridad, la polifuncionalidad y la configuración estética deseadas. En este orden de ideas, se prosiguió a diseñar dos elementos fundamentales para cumplir con estas condiciones (*figura 10*); un bastidor que ofreciera rigidez y seguridad a la estructura, que brindará protección a los tripulantes y que sirviera como puntos de anclaje del parapente. Se diseñó también una canastilla para proteger las líneas del parapente y evitar que terminen enredadas en la hélice.

**Figura 10.** Diseño Final.



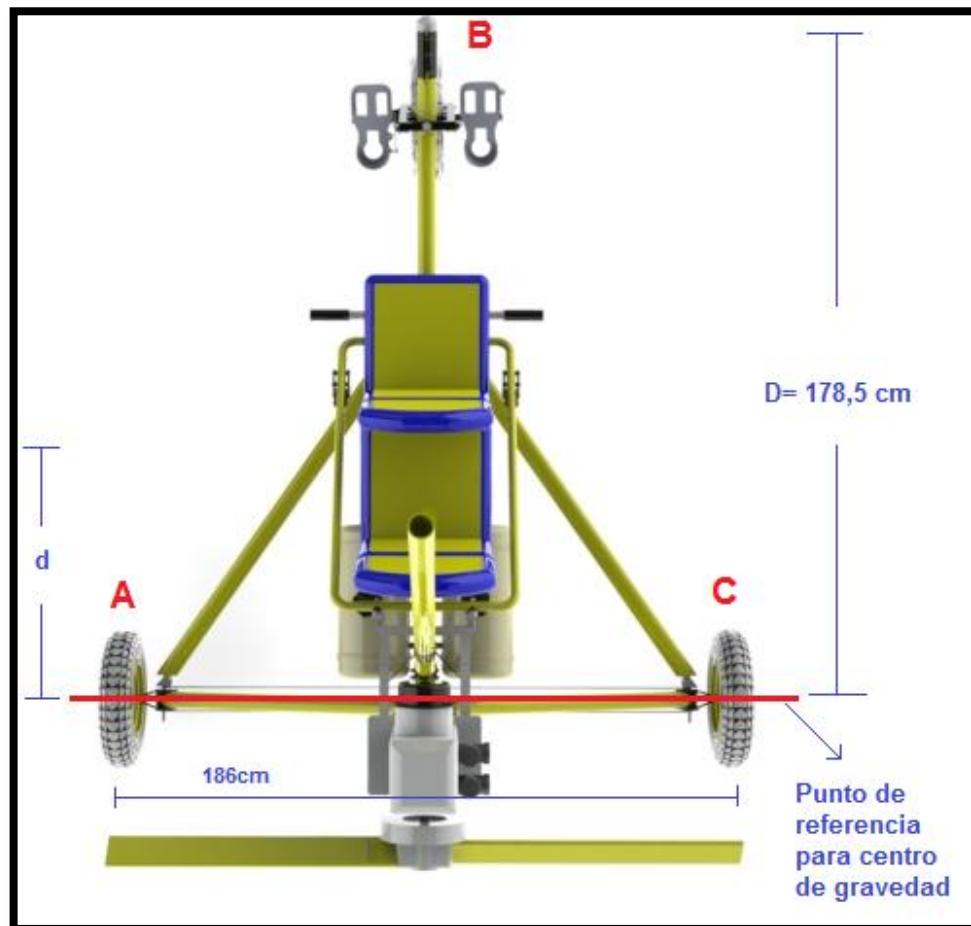
**Fuente:** Autores

Antes de proceder a rediseñar, se calculó el Centro de Gravedad de la estructura, el cual nos sirvió como punto de partida para diseñar el sistema de soporte del parapente, ya que el objeto es hacer las mínimas modificaciones posibles al diseño original.

### 3.1.1 Cálculo del centro de gravedad del trike ultraliviano usado para el diseño del bastidor

Lo primero que se hizo fue adoptar un punto de forma aleatoria que sirvió como referencia para situar el centro de gravedad (C.D.G), para este caso en particular se situó en el punto mostrado en la (Figura 11), siendo “d” la distancia desde el punto de referencia a la posición donde se encuentra el (C.D.G).

Figura 11. Vista Superior Trike

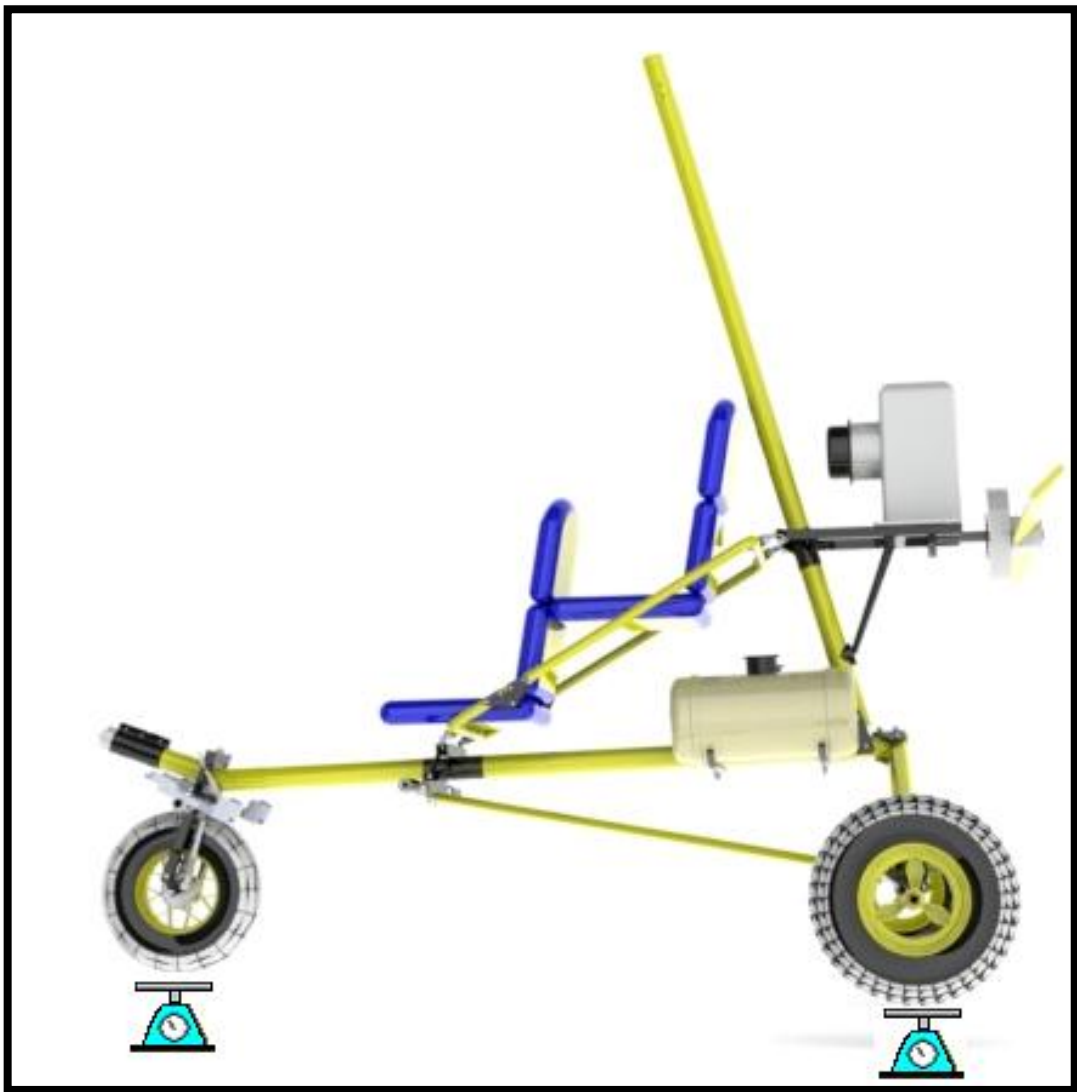


Fuente: Autores

### 3.1.2 Cálculo para el trike (plano horizontal):

Para el cálculo del (C.D.G), en el plano horizontal del trike ya construido se utilizó técnica de la pesada, es decir, se ubicaron unas básculas debajo de cada una de las ruedas como se aprecia en la figura 12 y calculó la distancia del (C.D.G), al punto de referencia señalado anteriormente por medio de un sencillo modelo matemático.

**Figura 12.** Calculo Peso Trike



**Fuente:** Autores

A cada bascula se les asignó el nombre A, B y C, las cuales corresponden con las tres ruedas del trike y meden las reacciones generadas por pesos  $R_{PA}$ ,  $R_{PB}$  y  $R_{PC}$ , siendo  $R_{PB}$  el correspondiente a la rueda de la parte delantera,  $R_{PA}$  y  $R_{PC}$  las ruedas del tren principal.

La reacción total del trike ultraliviano será por lo tanto:

$$R_T = R_{PA} + R_{PB} + R_{PC}$$

Como queremos expresar el (C.D.G), con respecto al punto de referencia, tendremos:

$$d = \frac{R_B * D}{R_T}$$

**Tabla 1.** Distancia centro de gravedad plano horizontal

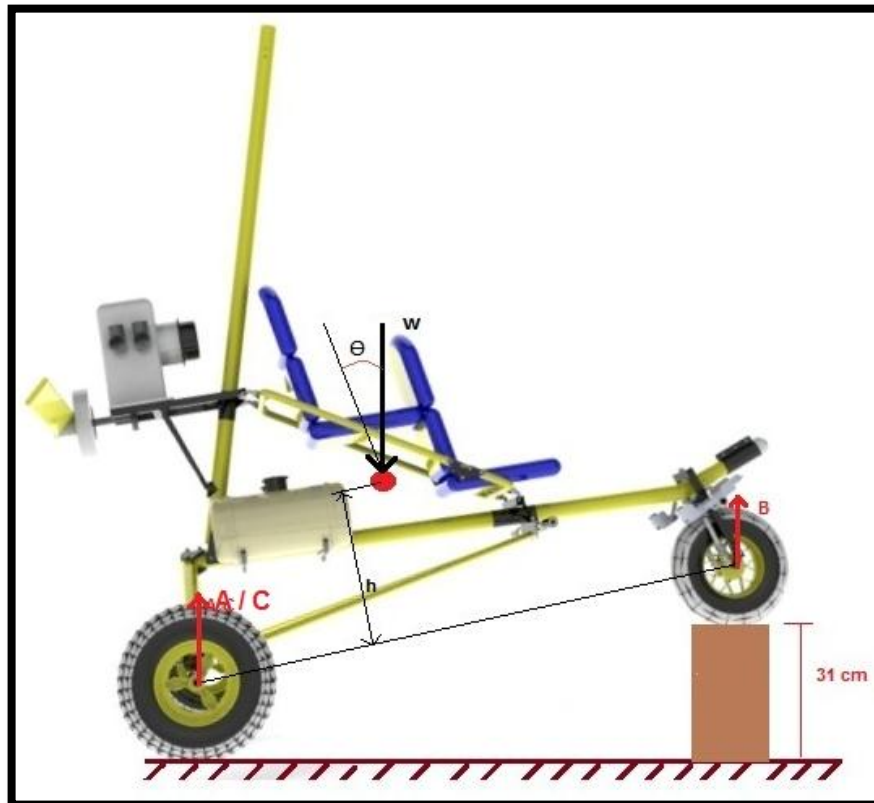
PRUEBAS REALIZADAS	VALOR DE LAS REACCIONES (N)				d (m)
	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_T$	
Trike solo tanques vacíos	382,59	166,77	382,59	931,95	0,3194
Trike con una persona (59,25 kg) y tanques vacíos	522	490,5	522	1530,36	0,5721
Trike con una persona (84 kg) y tanques vacíos	559,17	657,27	559,17	1775,61	0,562
Trike con dos personas (166 kg) y tanques vacíos	814,23	941,76	814,23	2570,22	0,6528
Trike con una persona (59,25 kg) y tanques llenos	598,41	529,74	598,41	1726,56	0,546
Trike con dos personas (147 kg) y tanques llenos	843,66	892,71	843,66	2580,03	0,6188

El valor promedio de la distancia del centro de gravedad, según el punto de referencia tomado desde las llantas traseras es 0,545 m; este valor se utilizó para el diseño del bastidor, es de resaltar que el valor del centro de gravedad depende del peso de las personas que utilicen el trike, esta distancia aumenta a medida que aumenta el peso de los tripulantes del trike.

### 3.1.3 Cálculo para el trike (plano vertical)

Para el cálculo del (C.D.G), en el plano vertical, se usó la siguiente ecuación, la cual se dedujo de la ecuación de momentos de la (Figura 13). El valor de la altura  $Y$  es una medida arbitraria, puesto que se tomó con el fin de obtener una nueva reacción con la que se procede a calcular el valor de  $h$ .

Figura 13. Centro de Gravedad Vertical.



Fuente: Autores

Finalmente se desea calcular el valor de la altura  $h$ , en vista de que nuestro interés es el de saber cuánta distancia vertical se encuentra el centro de gravedad del ultraliviano.

$$h = \frac{Wy * d - RPB * D \cos \theta}{Wx}$$

**Tabla 2.** Distancia centro de gravedad plano vertical

PRUEBAS REALIZADAS	Valor de Y(cm)	VALOR DE LAS REACCIONES (N)				Altura
		R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>A</sub>	R <sub>T</sub>	h(m)
Trike vacío	31	416,92	107,91	416,925	941,76	0,65
Trike vacío	37	421,83	93,195	421,83	936,855	0,83

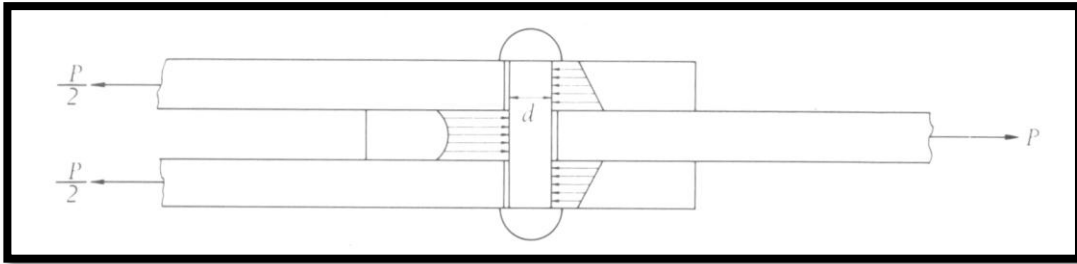
El valor promedio de la altura a la que está el centro de gravedad es **0,74m**.

### 3.1.4 Resistencia de los elementos de unión

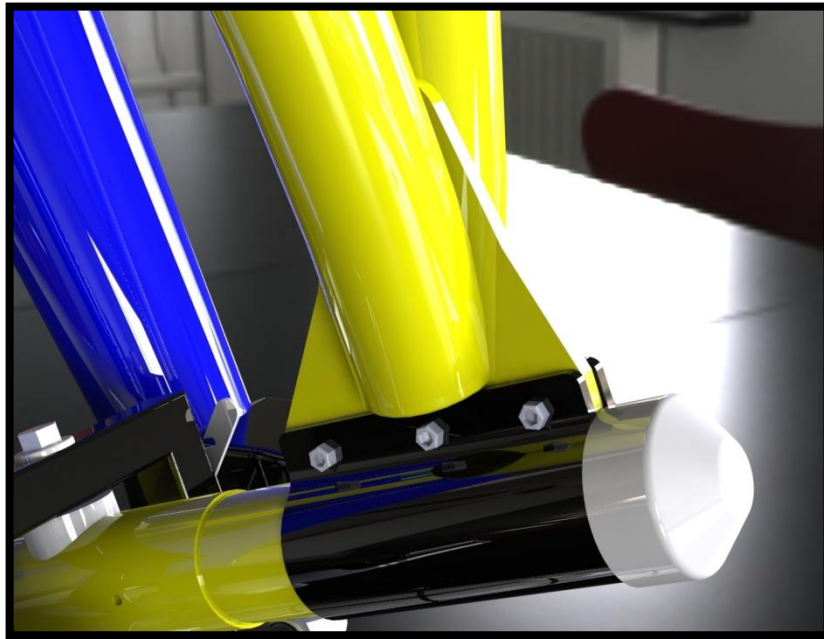
Los tornillos se utilizan en las construcciones o elementos desmontables, por tal razón son los más indicados para ser usados en las uniones de los elementos a diseñar. El bastidor al ser un elemento desmontable que debe ser unido a la quilla por medio de un soporte delantero y la forma más idónea y fácil fue hacerlo con pernos roscados de ¼ de pulgada.

La clase de tornillo utilizado fue el grado 8, por su alta resistencia a la tensión cuyo valor es de 800MPa. Estos son también de filetes finos, ya que logran una fuerza de ajustamiento mayor que los de filetes gruesos, además se realizaron las uniones con doble chapa para evitar momentos flectores ver *figuras 14 y 15*.

**Figura 14.** Fuerzas en un Tornillo.



**Figura 15.** Detalle de la junta delantero.

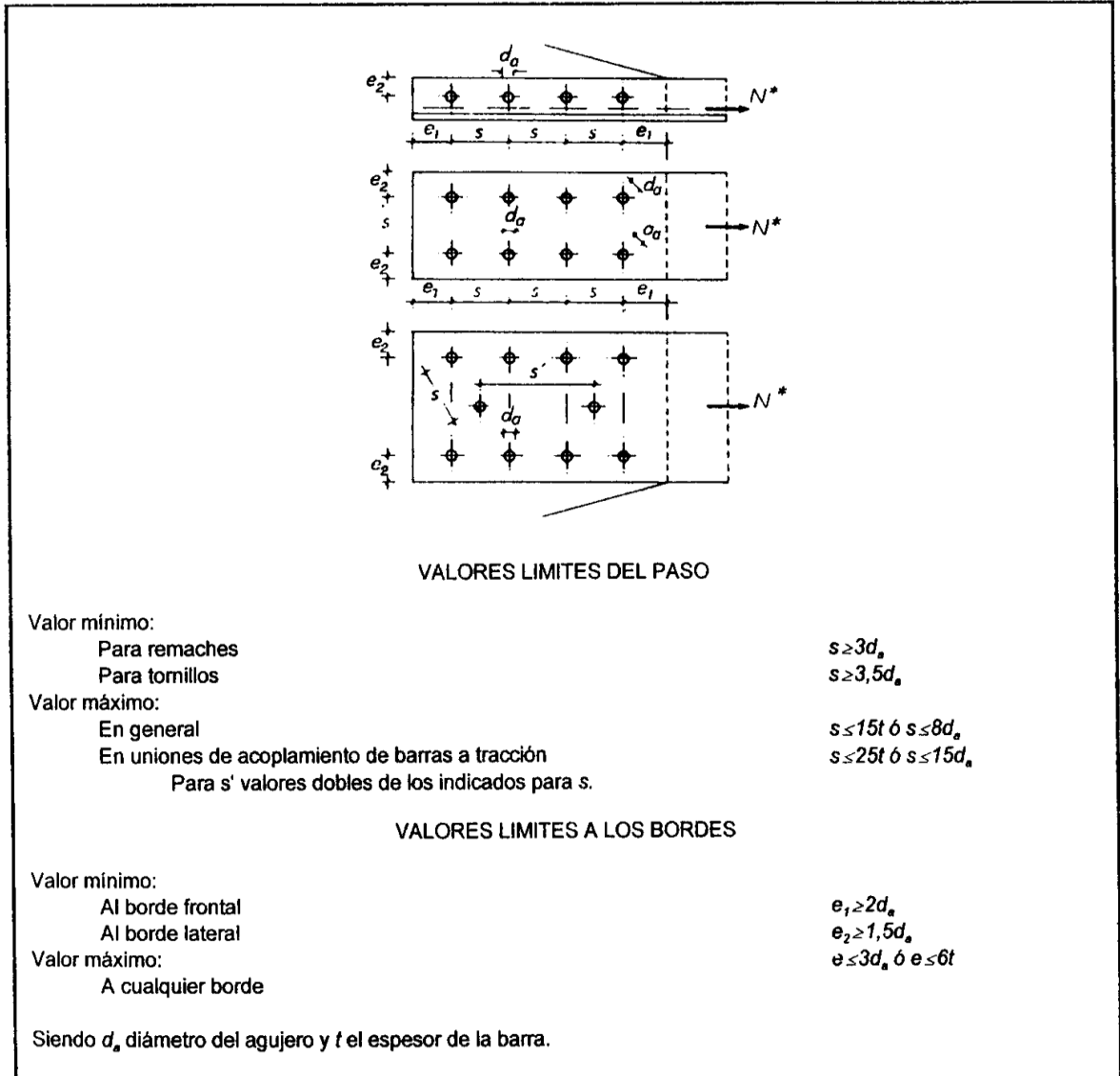


**Fuente:** Autores.

### **3.1.5 Disposiciones y recomendadas para la ubicación de los tornillos (figura 16).**

- No se considera la colocación simultánea de más de 5 tornillos en la dirección paralela, y en una misma fila, a la del esfuerzo axial.
- La suma de espesores de las piezas unidas por un tornillo, no excederá de 4.5 veces el diámetro para tornillos ordinarios. Para tornillos calibrados esta suma no podrá superar 6.5 veces el diámetro.
- Todas las uniones de fuerza deberán contar al menos con dos tornillos.

**Figura 16.** Recomendaciones para la ubicación de tornillos.



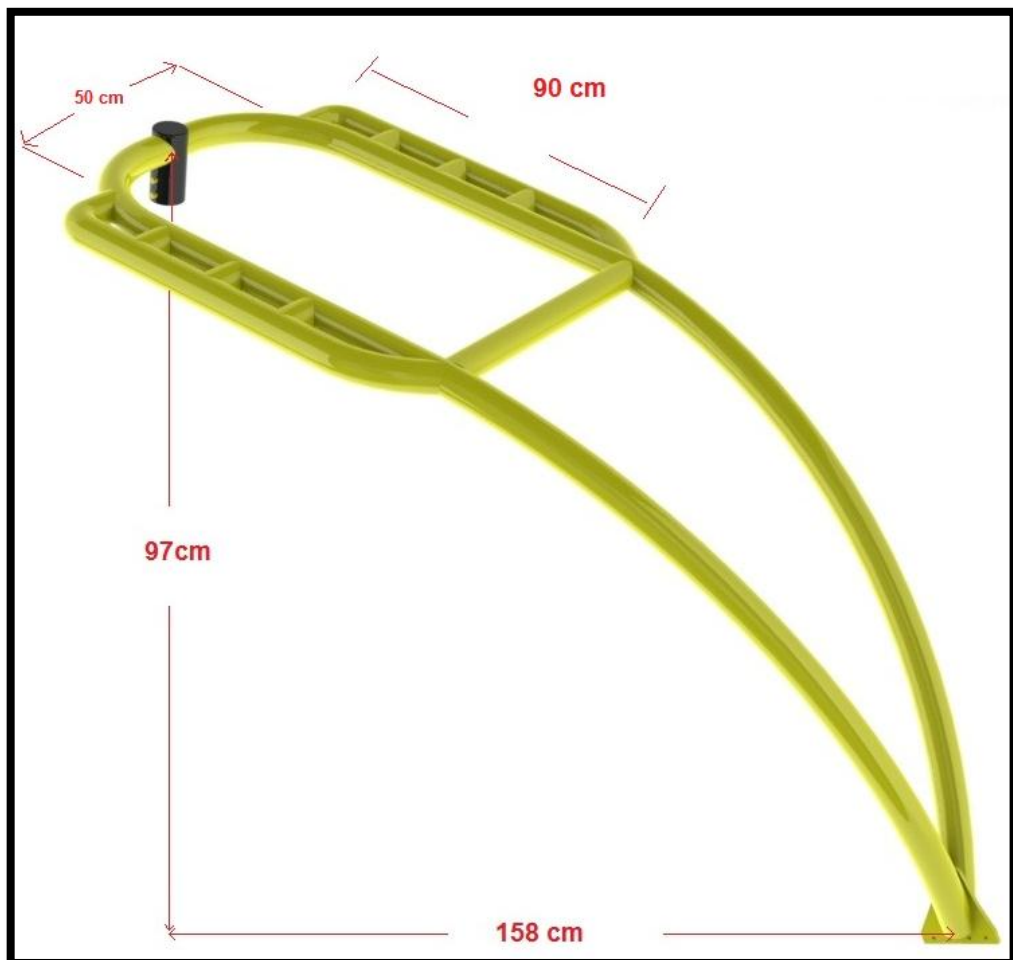
**Fuente:** Texto, Uniones por tornillo.

### 3.1.6 Diseño del bastidor

#### 3.1.6.1 Descripción general (figura 17)

El bastidor es un componente rígido que permite obtener una conexión solidaria de todo el armazón, logrando enlazar cada punto del sistema para conseguir una disposición estructuralmente cerrada, lo que permite entonces, aplicar las modificaciones deseadas, manteniendo al máximo las características estructurales del diseño original que acrecientan su importancia, puesto que se desea obtener un modelo estética y ergonómicamente consistente en todo el conjunto.

Figura 17. Bastidor.



Fuente: Autores.

Para el diseño del bastidor se seleccionó el acero COLD ROLLED (*ver Anexo A*) de 1½ pulgada de diámetro y calibre 18, por sus excelentes propiedades mecánicas, su elevado módulo de rigidez y su bajo costo, se optó por el calibre 18 por su bajo peso, ya que el Reglamento Aeronáutico de Colombia<sup>2</sup> en su parte cuarta, capítulo 25, regula el peso máximo de ultralivianos biplaza tipo trike hasta las 500 Lb. Finalmente el diámetro de 1½ pulgada para guardar consistencia con la estética del modelo original. Este elemento además sirve como punto de anclaje del parapente, por lo cual se le insertaron un par de manijas laterales en la parte superior, con las que se reforzó esa zona del bastidor al mismo tiempo que se controla la posición de los anclajes según varía el centro de gravedad de todo el sistema como se ve en la figura 18. De igual forma, este bastidor es parte integral del chasis del ultraliviano, por consiguiente, debe prestar tanta seguridad a los tripulantes como sea posible y es ahí donde se sustenta la forma y las características de este diseño.

El diseño del bastidor se enfocó en lograr la rigidez deseada por toda la estructura, ya que esta sirve como punto de anclaje variable para los mosquetones del parapente; dicha posición del anclaje, depende de la ubicación del centro de gravedad de la estructura, el cual se desplaza hacia adelante o hacia atrás dependiendo de la distribución del peso, en otras palabras si se desea volar en biplaza o monoplaza.

---

<sup>2</sup> NORMAS DE AERONAVEGABILIDAD Y OPERACIÓN DE AERONAVES / Parte Cuarta, Capítulo 25. Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.

**Figura 18.** Detalle de los anclajes del parapente.

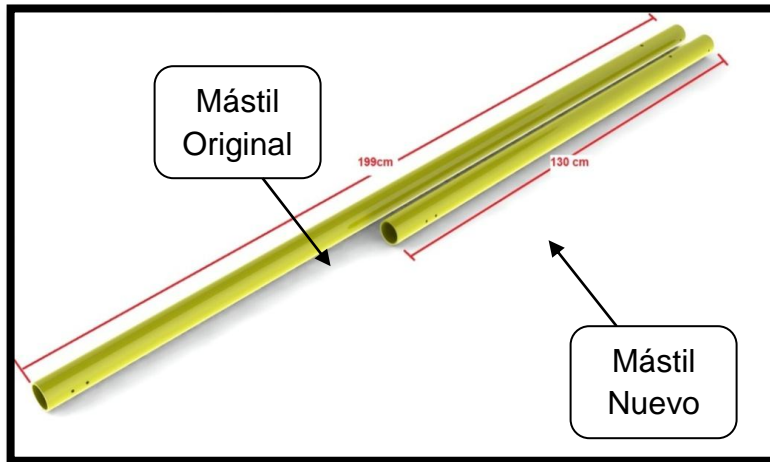


**Fuente:** Autores.

Por otro lado, cabe mencionar que se hizo necesario reemplazar el mástil del diseño original por uno nuevo (*Figura 19*) con las dimensiones requeridas para instalar el bastidor conservando todas las características mecánicas, dado que el objeto es no hacer grandes modificaciones a la estructura original. El tubo es de duraluminio de 52mm de diámetro y 5mm de espesor, además esta reforzado interiormente con una guaya de  $\frac{1}{4}$  de pulgada ajustada entre los pernos extremos, que le ayuda a aliviar tensiones en todo momento.

En esta figura se puede apreciar también una comparación entre las dimensiones del mástil original y el mástil nuevo para la configuración de vuelo con parapente.

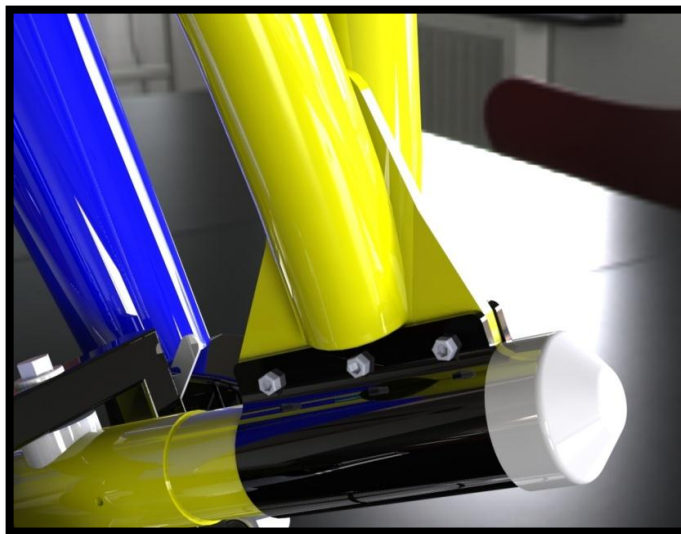
**Figura 19.** Comparación del mástil original y el nuevo.



**Fuente:** Autores.

Se diseñó también una junta en la parte delantera (*Figura 20*), que consta de una placa de acero ASTM A-36 de 5 mm de espesor, sobre la cual se soldaron los puntales delanteros del bastidor, y un soporte tubular fabricado con un tramo de tubería AISI 1008, de 2,6 mm de espesor montado sobre la quilla que termina uniéndose a la placa por medio de tres pernos roscados de acero de  $\frac{1}{4}$  de pulgada.

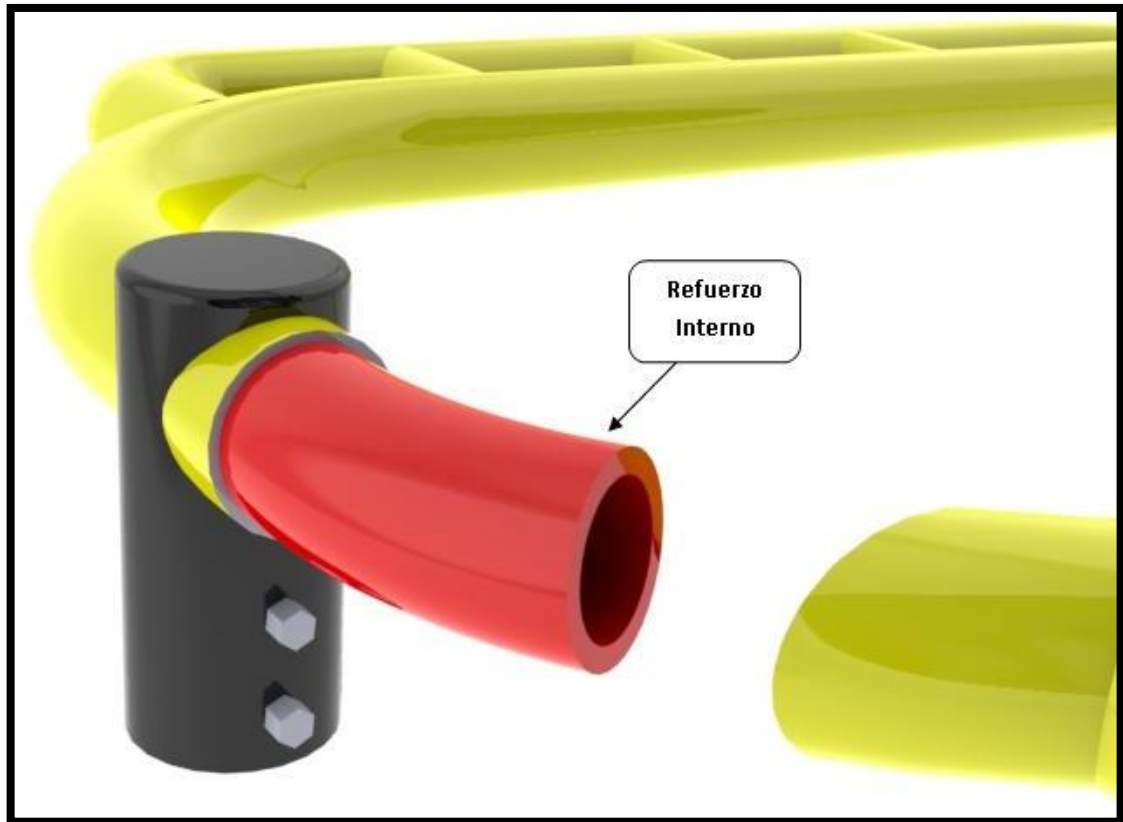
**Figura 20.** Junta Delantera



**Fuente:** Autores.

En la parte posterior, justo en el monopole, se diseñó una junta también con un tramo de tubería AISI 1008 (figura 21), de 2,6 mm de espesor, que sirve para sujetar el bastidor mediante un par de pernos acero de ¼ de pulgada y sobre el que además se soldaron un par de secciones de tubería de hierro fundido de 1 pulgada y 3 mm de espesor que sirven para reforzar interiormente esta zona, donde son mayores los esfuerzos, como se puede apreciar en la siguiente figura. Así mismo el bastidor se diseñó para brindar protección a los tripulantes en caso de un accidente en decolaje o aterrizaje. De ahí, que sus dimensiones se derivaron de los datos antropométricos de la población susceptible a practicar el vuelo de ultralivianos en Colombia.

**Figura 21.** Junta Trasera con refuerzo interior.



**Fuente:** Autores.

A continuación, se muestran algunos datos importantes para identificar la población practicante de este deporte.

- El Reglamento Aeronáutico de Colombia<sup>3</sup>, emitido por Coldeportes y el comité nacional de ultralivianismo; establece que los pilotos deben tener al menos:
  - a. 18 años de edad.
  - b. 16 y 17 años de edad con autorización de uno de sus padres o representante legal autenticada en notaria o para firmar en la zona de vuelo con dos testigos (artículo 11 ley 446).
- Los pasajeros:
  - a. Más de 18 años de edad
  - b. De 12 a 17 años de edad con autorización de uno de sus padres o representante legal autenticada en notaria o para firmar en la zona de vuelo con dos testigos (artículo 11 ley 446).
- La práctica de este deporte en Colombia es realizada en su mayoría por hombres.

Teniendo en cuenta los parámetros antropométricos de la población masculina colombiana, para trabajadores entre los 20 y los 60 años, las dimensiones antropométricas requeridas para el diseño del bastidor están especificadas en la siguiente tabla.

---

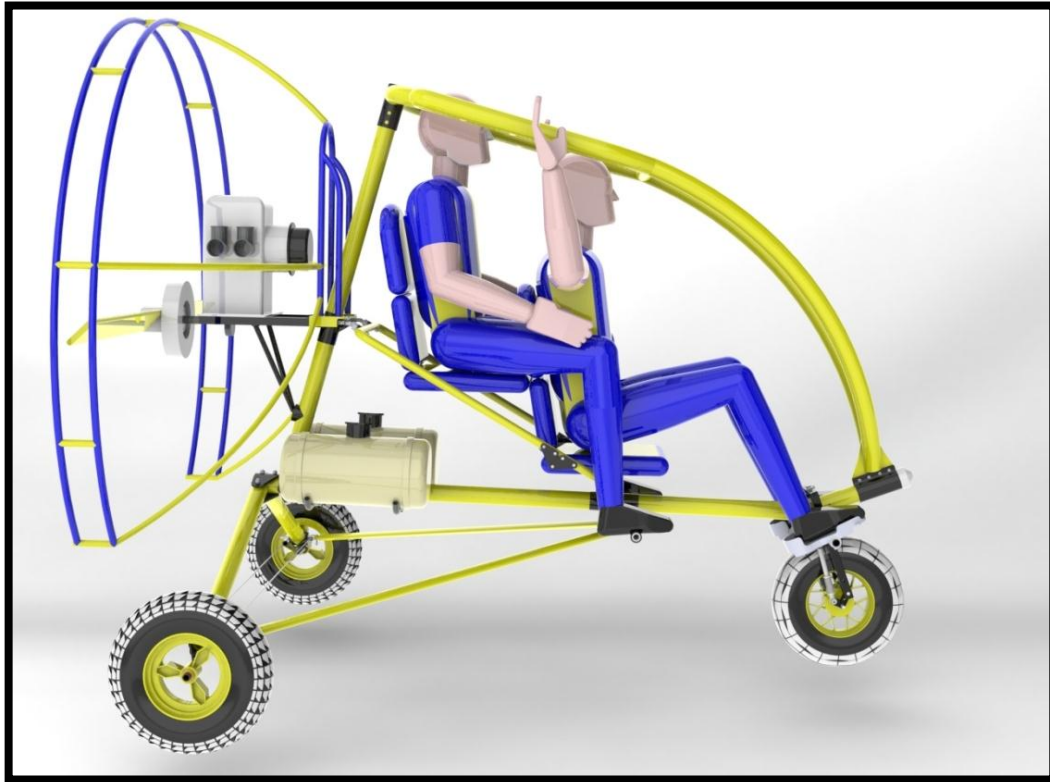
<sup>3</sup> NORMAS DE AERONAVEGABILIDAD Y OPERACIÓN DE AERONAVES / Parte Cuarta, Capítulo 25. Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.

**Tabla 3.** Parámetros antropométricos de la población masculina colombiana.

<b>NOMBRE DE VARIABLE</b>	<b>Percentil 5</b>	<b>Percentil 95</b>
Masa Corporal	53.7 [Kg]	87.9 [Kg]
Estatura	158.0	159.3
Altura sentado Erguido	83.4	94.1
Altura Ojos sentado	73.1	83.6
Altura rodilla sentado	48.2	56.6
Largura nalga a fosa poplítea	42.7	50.9
Largura nalga - rodilla	52.7	61.3
Perímetro abdominal (cintura)	71.2	99.2
Perímetro meso esternal	85.9	107.3
Segmento Cadera / Hombro	38.78	43.75
Segmento Cadera / Rodilla	36.9	42.91
Segmento Rodilla / Tobillo	44.58	52.35
Longitud Pie	23.2	27.3

Con los datos antropométricos mencionados anteriormente, se modelaron un par de maniquíes en Solidworks (*figura 22*), cuya función era la de correlacionar los parámetros antropométricos en el diseño del bastidor.

**Figura 22.** Aplicación de antropometría al diseño del bastidor.



**Fuente:** Autores.

En la figura anterior, se observa que el diseño del bastidor procura conservar al máximo las características ergonómicas y estructurales del diseño original; del mismo modo mejora la rigidez y brinda protección a los tripulantes, puesto que ellos están rodeados de dicha estructura metálica que en caso de un accidente será quien reciba el impacto, evitando así que el pasajero y el piloto reciban el golpe de forma directa o que el ultraliviano resulte hecho pedazos.

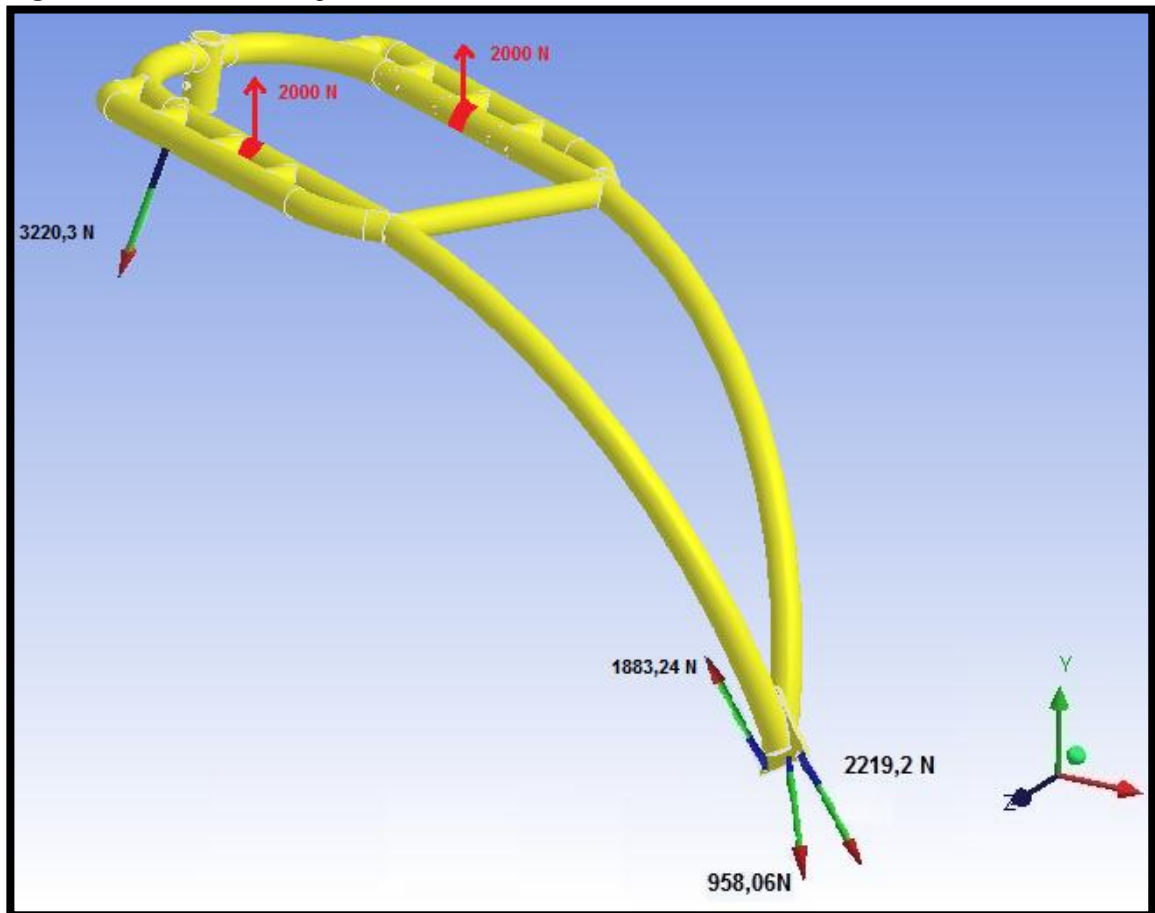
### **3.1.6.2 Análisis de esfuerzos bastidor**

En este sentido, se procede a realizar los respectivos cálculos, con el objeto de comprobar la fiabilidad de este diseño, se creó un modelo en CAD (Solidworks) y se evaluaron sus capacidades físicas y mecánicas con un software CAE (Ansys),

de donde se obtuvo el ciclo de vida útil, el factor de seguridad, el análisis de deformación y el análisis de esfuerzos. Cabe señalar que dicho análisis se hizo con la intención de llevar al límite las propiedades mecánicas del prototipo diseñado en el que se asumen cargas extremas.

En la figura subsiguiente, se detallan las cargas a las que se encuentra sometida la estructura, debido al peso de los tripulantes más su propio peso, representadas por un par de flechas rojas ubicadas en los puntos de anclaje del parapente, con un valor de 2000 N cada una, obteniendo como resultado las fuerzas en colores rojo, verde y azul.

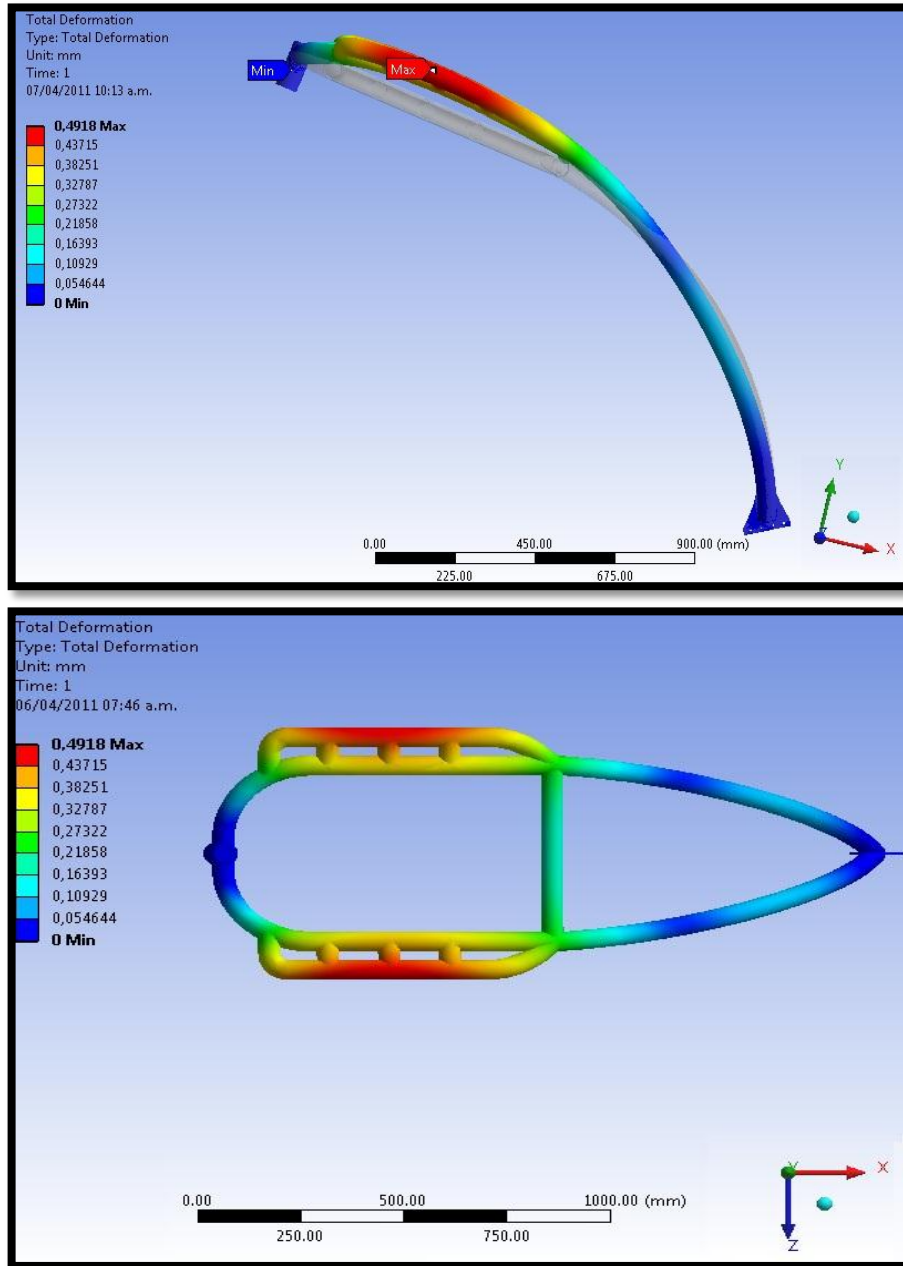
**Figura 23.** Análisis de cargas bastidor.



Fuente: Autores.

Así mismo, se realizó el análisis de deformación (figura 24) para determinar el desplazamiento máximo del bastidor en una situación de cargas extremas, de donde resultó que no es más de 0.49mm, un valor prácticamente despreciable comparado con los 4KN de carga que se aplica en dicho instante.

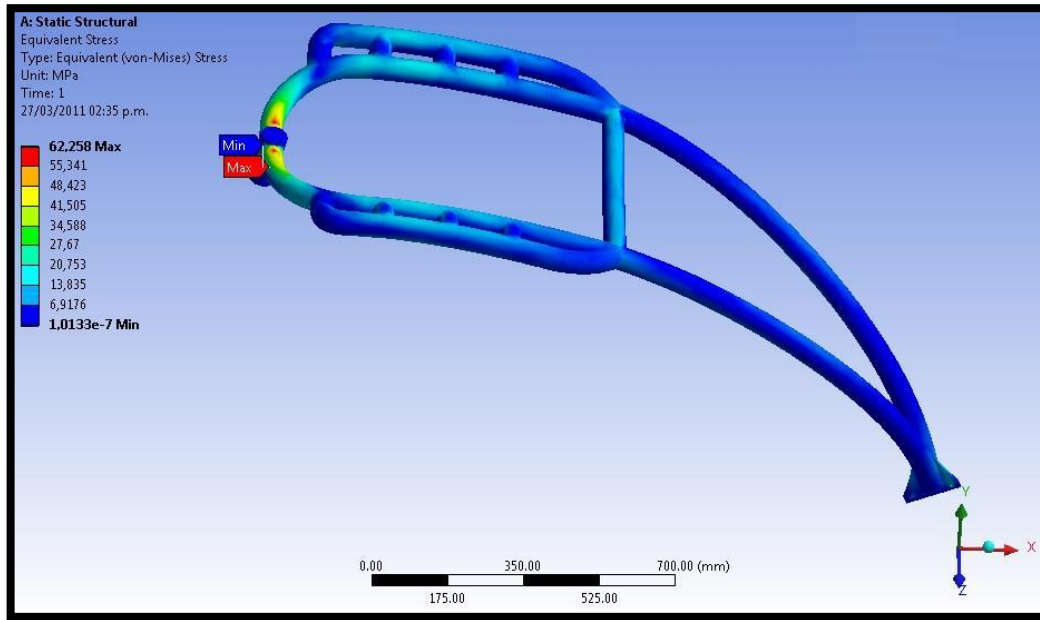
Figura 24. Análisis de Deformación bastidor.



Fuente: Autores.

Luego se evaluó el análisis de esfuerzos (*figura 25*), al aplicar los 4KN de carga en un instante dado, obteniendo como resultado un esfuerzo máximo en la zona crítica igual a 62.26 MPa, lo que es bastante menor al esfuerzo de fluencia que puede soportar el material (370 MPa). Con esto se pudo concluir que el material seleccionado ofrece un margen de seguridad bastante significativo.

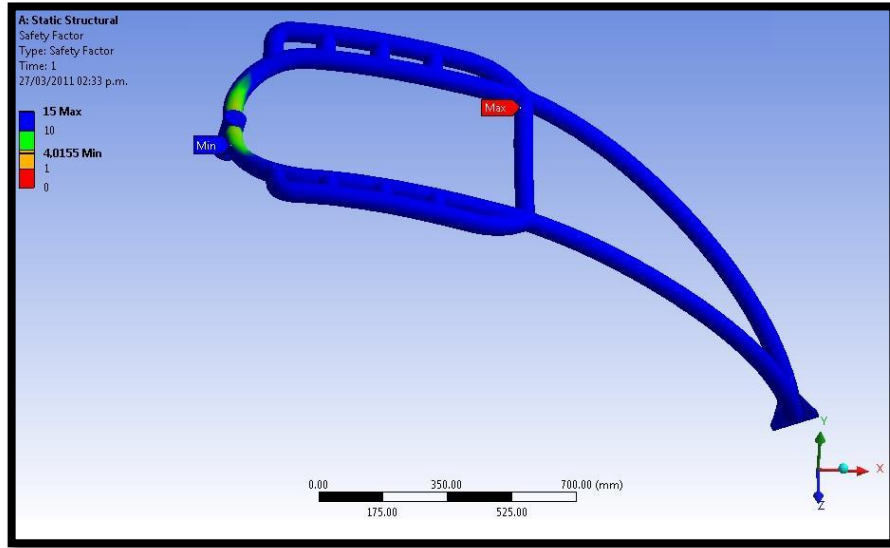
**Figura 25.** Análisis de Esfuerzos bastidor.



**Fuente:** Autores.

Después se realizó el análisis del factor de seguridad (*figura 26*), para el cual se obtuvo un valor mínimo de 4 en la zona crítica y máximo de 15, lo que permite concluir que es un diseño suficientemente seguro, en cuanto a las capacidades físicas y mecánicas.

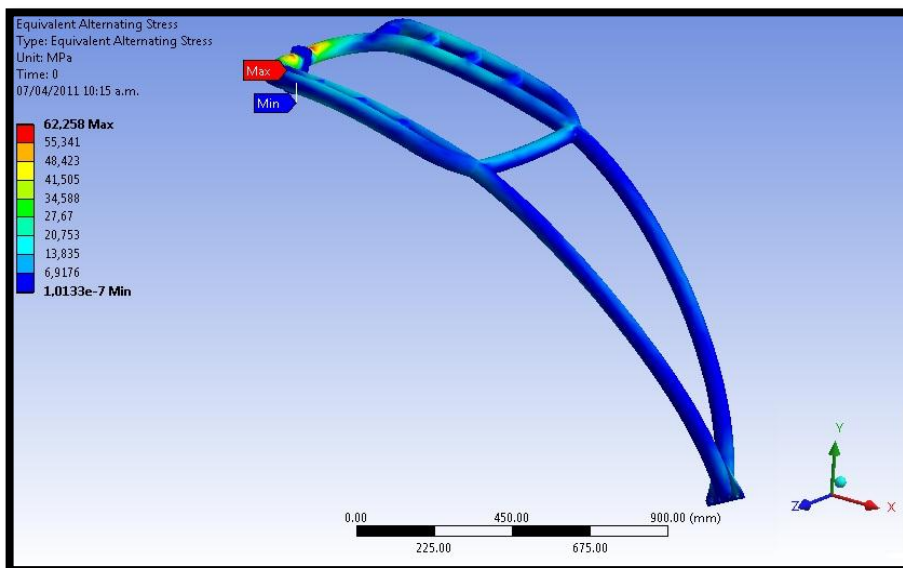
**Figura 26.** Factor de Seguridad Bastidor.



**Fuente:** Autores.

Enseguida se evaluó el análisis a fatiga del bastidor (*figura 27*), aplicando una carga total de 4.000 N de forma oscilante para simular el efecto de un vuelo con dos pasajeros de pesos considerable. Como resultado se obtuvo que los esfuerzos alternantes equivalentes sean exactamente iguales al análisis de esfuerzos estático.

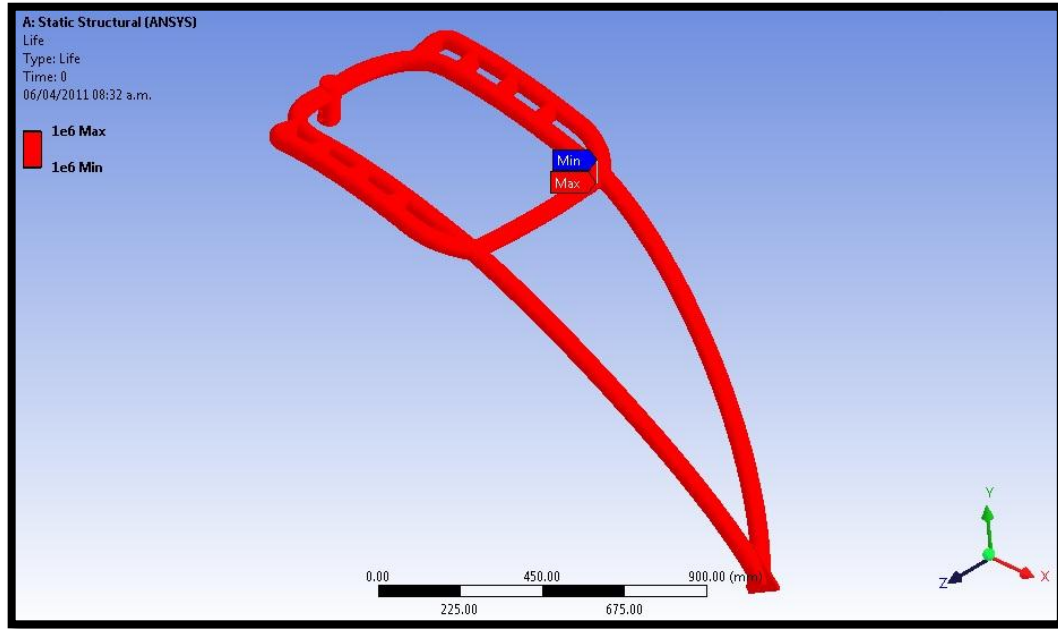
**Figura 27.** Análisis de los esfuerzos alternantes.



**Fuente:** Autores.

Por último, se realizó el análisis del ciclo de vida útil, con lo que se comprobó que este diseño no fallará por fatiga, puesto que la simulación comprueba que para las condiciones de diseño, tendrá vida infinita (*Figura 28*).

**Figura 28.** Análisis del Ciclo de Vida Útil.



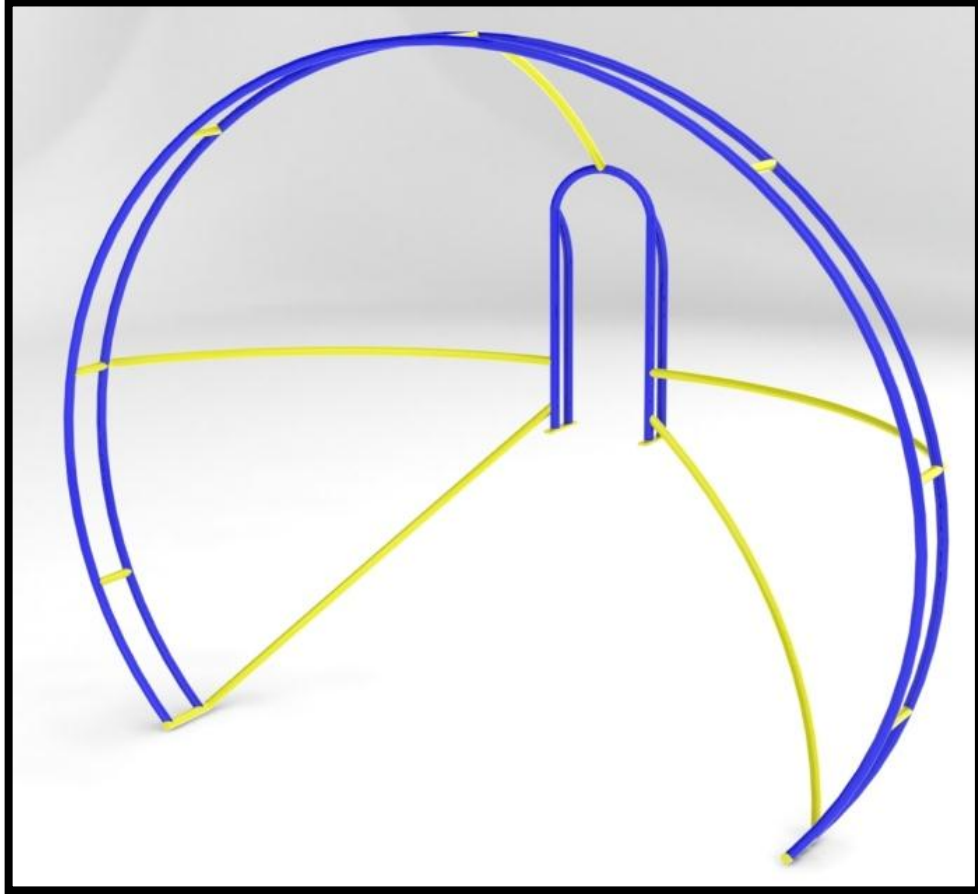
Fuente: Autores.

### 3.1.7 Diseño de la canastilla

#### 3.1.7.1 Descripción general (*figura 29*)

Al igual que el bastidor, la canastilla forma parte integral del chasis del ultraliviano rediseñado y su principal función es la de proteger las líneas del parapente evitando que terminen enredadas en la hélice, es por ello que sus dimensiones están estrictamente condicionadas a ella. Este diseño se inspiró en el modelo Trike Flash de la casa Fly Products (*ver anexo D*), sin embargo, la nuestra no se diseñó desarmable, ya que puede permanecer ensamblado sin afectar la funcionalidad del ultraliviano cuando se configura para volar con ala delta; esto simplificó la construcción, evitó contratiempos en el montaje y elevó el factor de seguridad.

**Figura 29.** Diseño final Canastilla.



**FUENTE:** Autores.

Para su fabricación se seleccionó tubería de acero COLD ROLLED de  $3\frac{1}{4}$  de pulgada, calibre 20 por sus buenas propiedades mecánicas y su bajo peso; se ha diseñado para ensamblar directamente sobre la bancada del motor en un par de placas de acero ASTM A-36 HOT ROLLED de espesor de 3 mm. Adicionalmente se cubrió con una malla tejida en cuerda de nylon trenzado, con el fin de aumentar el área de protección. En la figura 30, se puede observar la canastilla construida e instalada sobre el trike.

**Figura 30.** Canastilla construida e instalada.



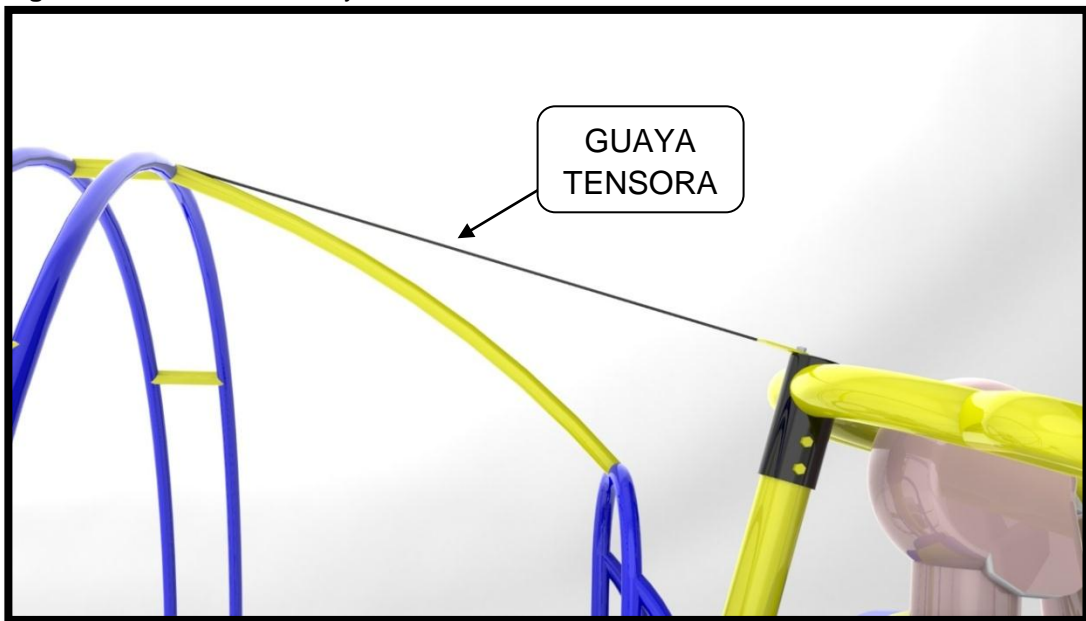
**FUENTE:** Autores.

El diseño se fundamentó en obtener una estructura resistente a los golpes, pero a su vez de bajo peso y bajo costo, de ahí que se diseñó en acero COLD ROLLED de  $3\frac{1}{4}$  de pulgada, calibre 20, teniendo en cuenta que es un material con un elevado esfuerzo de fluencia y relación resistencia – peso también alta. De otro lado, es evidente que al utilizar este material se consiguió reducir los costos de soldadura, ya que fue posible trabajar con soldadura eléctrica de arco manual, con electrodo 6013, sin comprometer severamente las propiedades mecánicas del material.

En lo que se refiere a la geometría, se tomaron en cuenta los puntos de apoyo sobre la bancada del motor, que son los que establecen la criticidad de este diseño; el cual, se une a un par de placas de acero ASTM A-36 de 3mm de

espesor (*Figura 31*), con forma acanalada consistente con la estructura que soporta el motor y para aumentar la rigidez y la estabilidad, se instaló una guaya tensora desde el soporte trasero del mástil, hasta el brazo más alto de la canastilla como se observa en la (*Figura 31*).

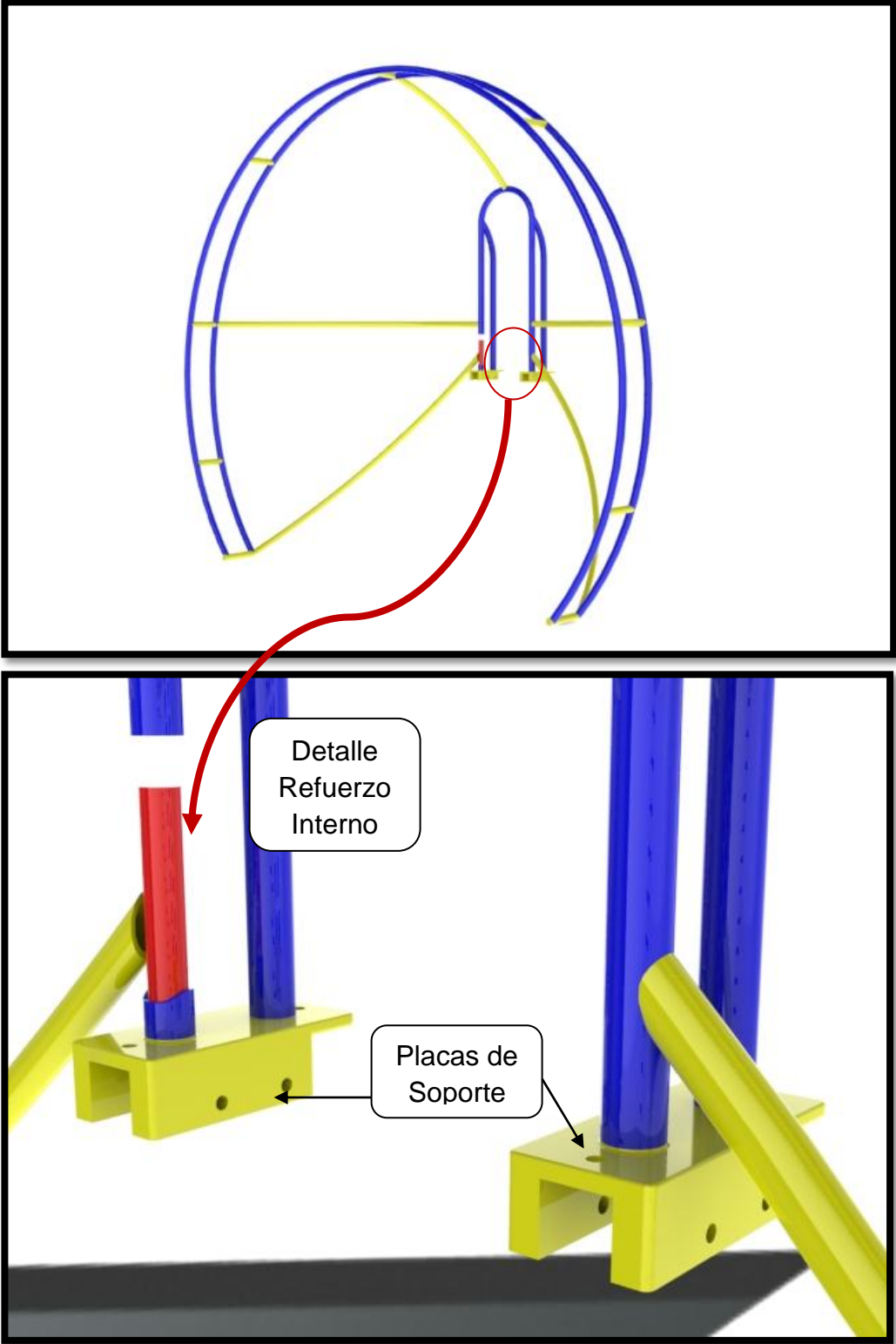
**Figura 31.** Detalle de la Guaya Tensora



**Fuente:** Autores.

Además a las placas de soporte se diseñaron un par de tubos macizos de acero de 15 cm de longitud y 16.65 mm de diámetro (*figura 32*), a fin dar más fuerza a las juntas en esa sección, los cuales deberán encajar perfectamente en el interior de los tubos de la canastilla.

Figura 32. Refuerzo Interno y placas de soporte Canastilla.



Fuente: Autores

Con la intención de optimizar el área de protección de la canastilla y mejorar la funcionalidad del modelo, sin llegar a comprometer el empuje del motor, se diseñó una malla tejida en cuerda de nylon trenzado (*Figura 33*), que efectivamente elevó la protección y no compromete en ningún sentido las propiedades mecánicas de este elemento.

**Figura 33.** Detalle de la malla tejida.



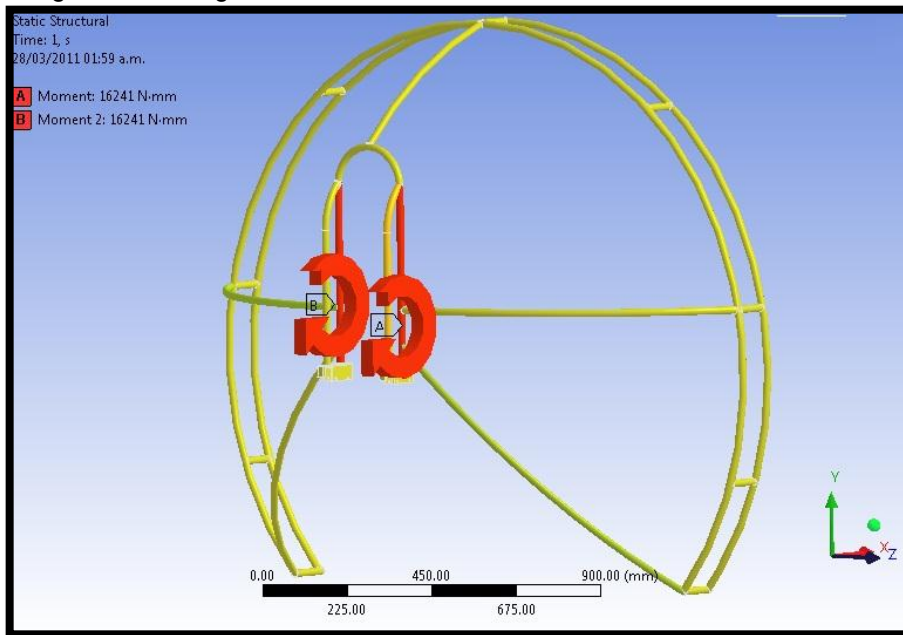
**Fuente:** Autores.

### 3.1.7.2 Análisis de esfuerzos canastilla

Finalmente, se realizaron los diferentes análisis de carga mediante el software Ansys Workbench, con el objeto de obtener las características estructurales, mecánicas y físicas del diseño seleccionado.

A continuación se presenta una gráfica en la cual se simularon las cargas soportadas por la canastilla (Figura 34), que constan simplemente de un par de momentos, generados al evaluar el efecto del peso total de la estructura sobre los brazos posteriores, que al final son los que soportan el peso total.

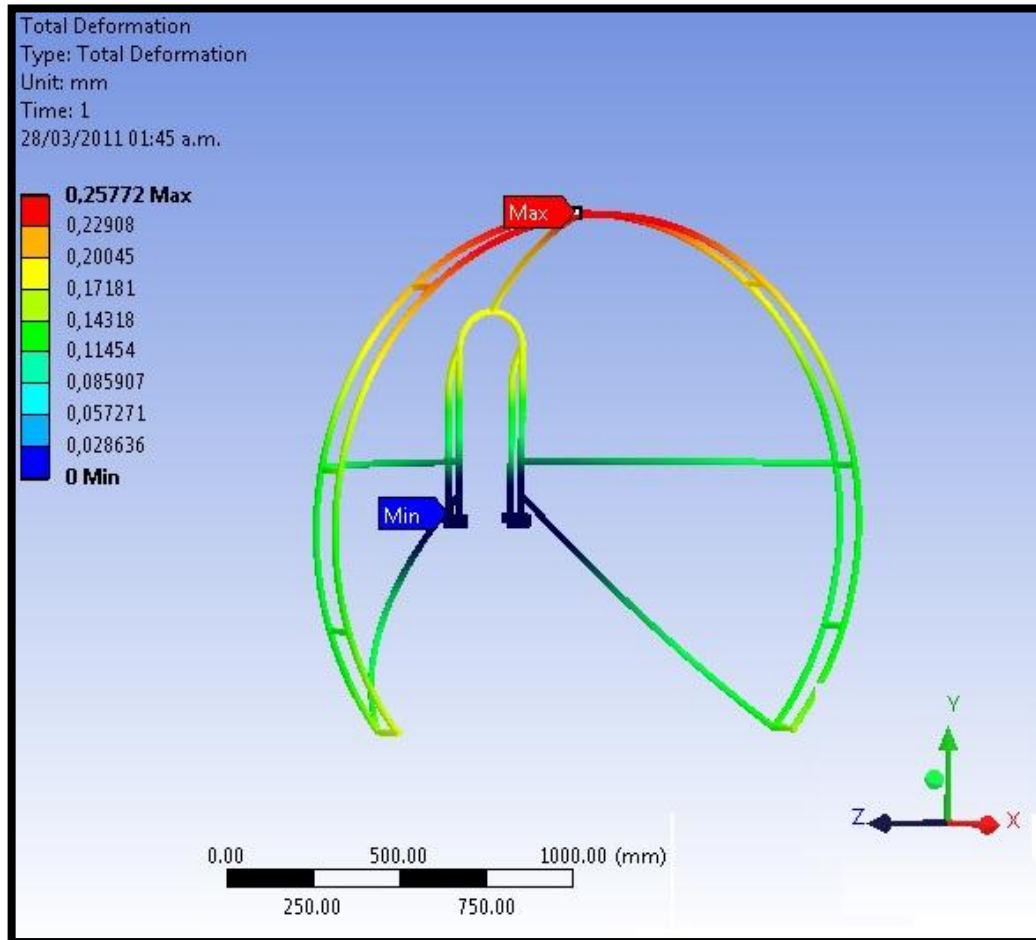
Figura 34. Diagrama de Cargas Canastilla.



Fuente: Autores

Se considera ahora la deformación que sufrió la canastilla después de aplicar la carga y cómo podemos observar en la figura 35, su deformación no fue mayor de 0.26 mm en la zona superior. Situación que se puede corregir con la guaya tensora.

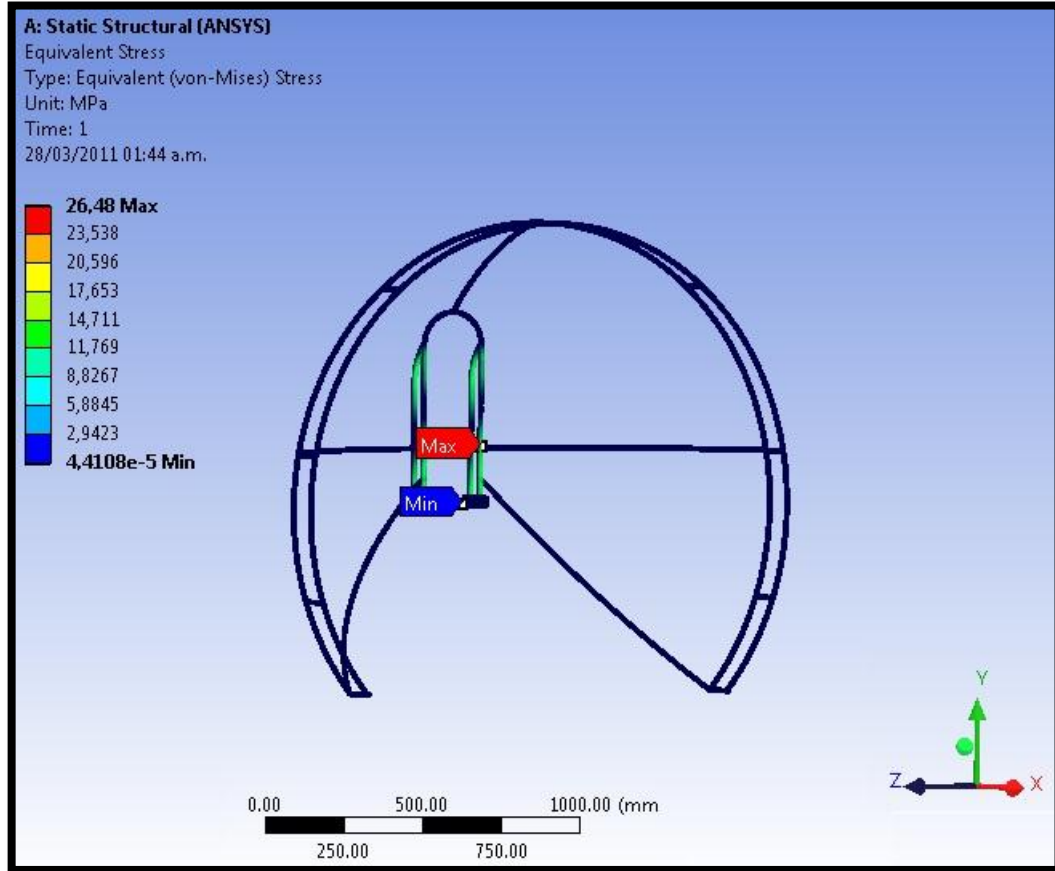
**Figura 35.** Análisis de la deformación Total Canastilla



**Fuente:** Autores.

Se analizaron también, los esfuerzos a los que se somete la canastilla para las condiciones descritas anteriormente (*figura 36*). Con lo que se obtuvo un esfuerzo máximo de 26.5 MPa, lo que está altamente distante del esfuerzo de fluencia del acero cold rolled (370 MPa).

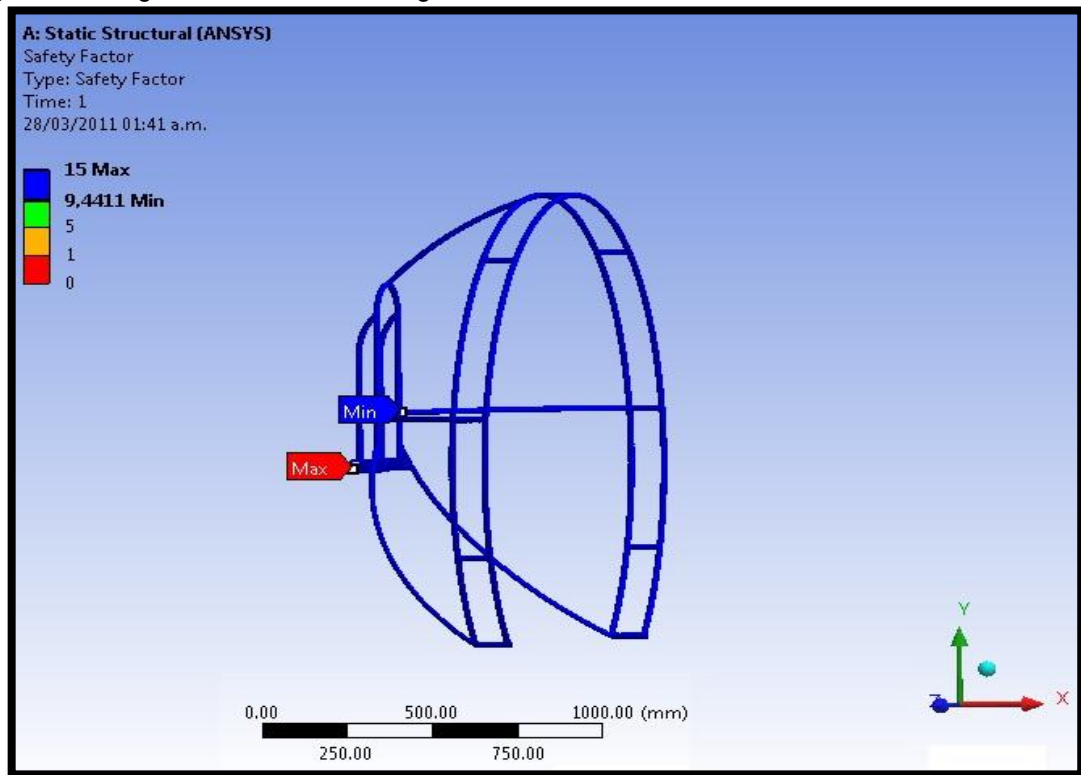
**Figura 36.** Análisis de Esfuerzos Canastilla.



**Fuente:** Autores.

Se realizó el análisis del factor de seguridad del diseño (*Figura 37*), obteniéndose un valor mínimo de 9.4 y máximo de 15, lo que nos dice que es un diseño adecuado, con un margen de seguridad acorde con el tipo de aplicación que se dará a este diseño.

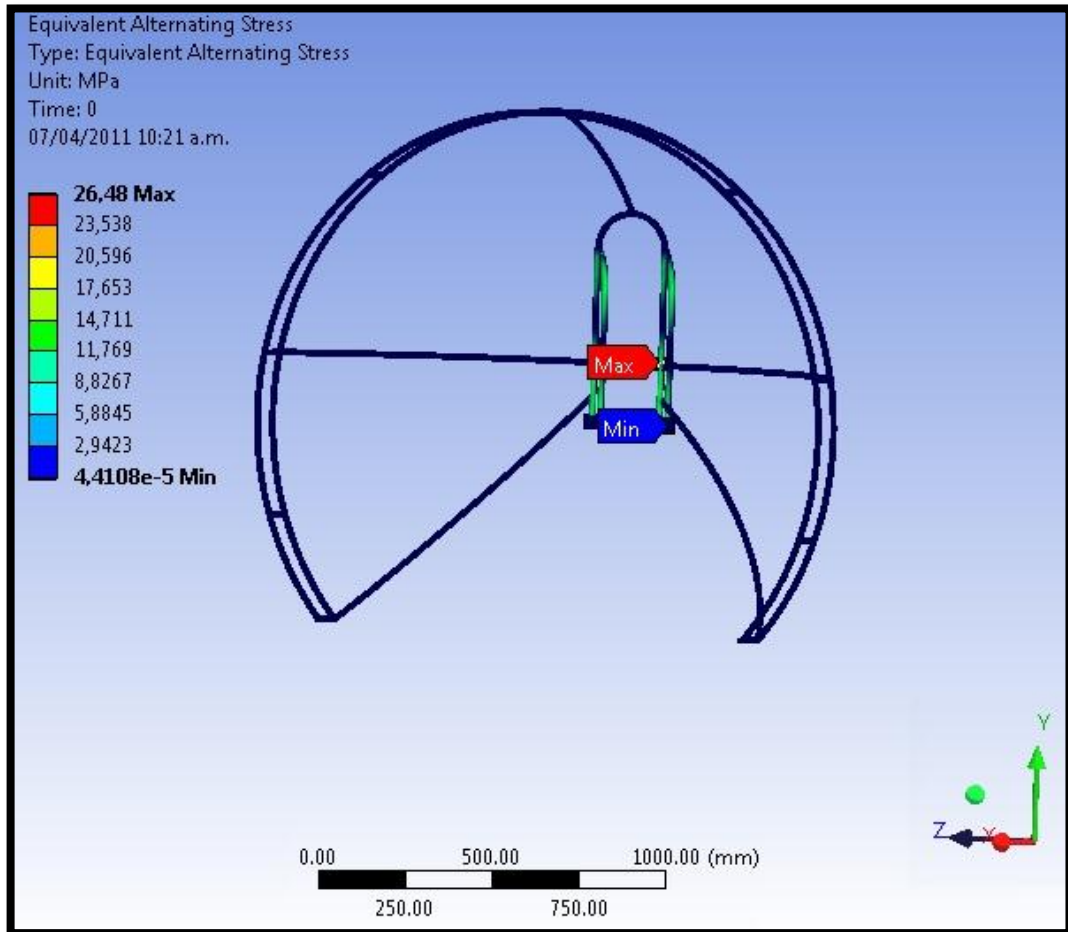
**Figura 37.** Diagrama del Factor de Seguridad Canastilla



**Fuente:** Autores.

Después se realizó el análisis de esfuerzos alternantes, para simular las vibraciones y los impactos al aterrizar. Obteniéndose un valor igual al de esfuerzos estáticos, lo que indica que este diseño, no fallará por fatiga (figura 38).

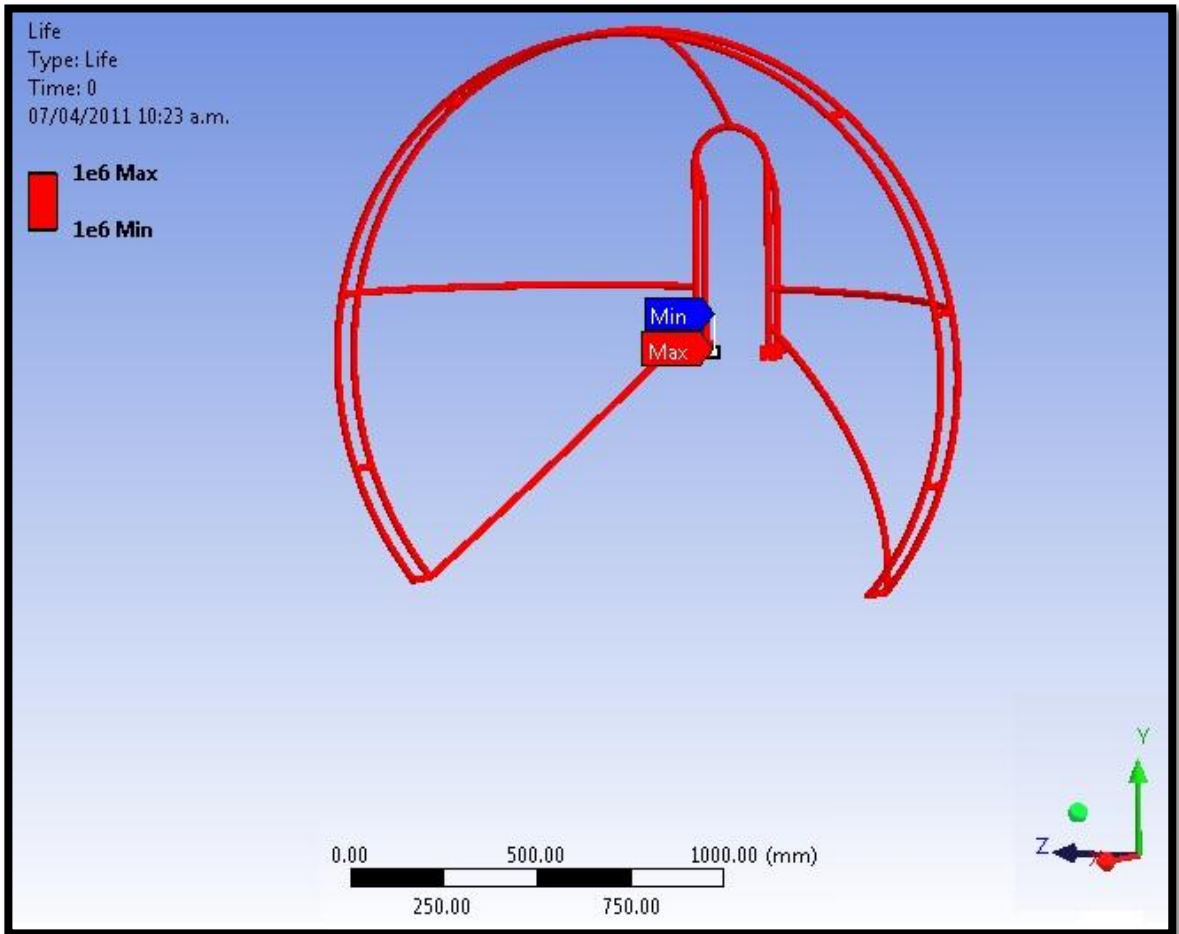
**Figura 38.** Esfuerzos Alternantes Canastilla



**Fuente:** Autores.

Para terminar, se realizó un análisis del ciclo de vida útil (*Figura 39*), con lo que definitivamente se comprueba que este diseño, bajo las condiciones dadas, trabajará vida infinita.

**Figura 39.** Análisis de la vida útil Canastilla.



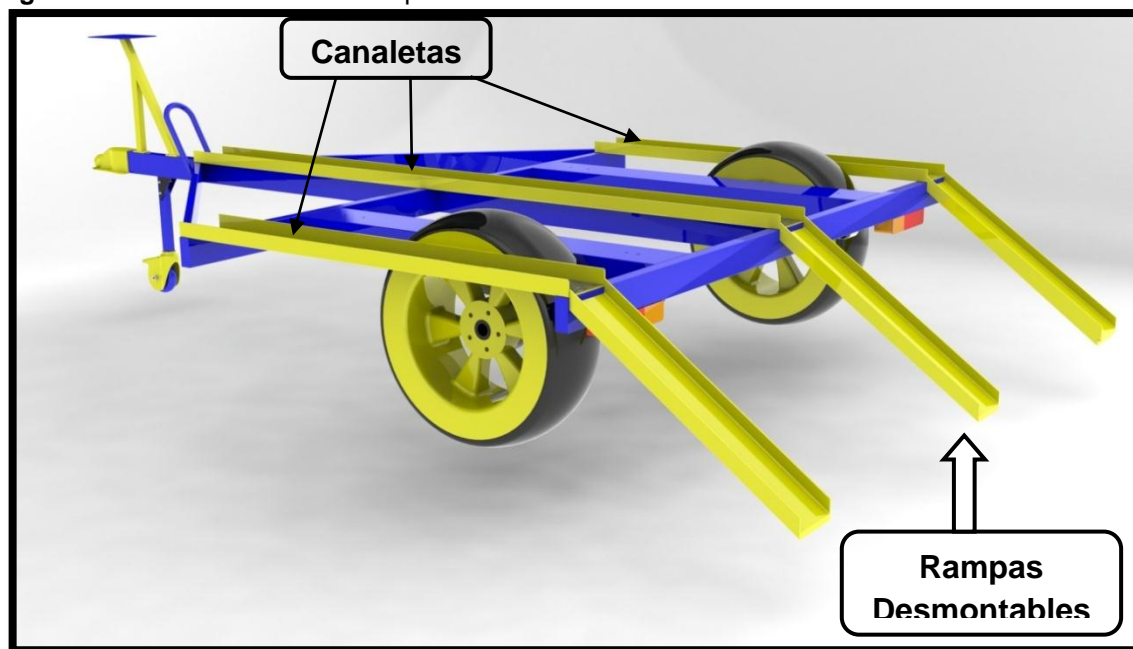
**Fuente:** Autores

## 4. DISEÑO DEL REMOLQUE

### 4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISEÑO (figura 40)

En el proceso de diseño del remolque se tuvieron en cuenta diferentes factores. Tales como, las dimensiones, pues estas deben coincidir fielmente con la geometría del ultraliviano pendular, y en concordancia con los objetivos propuestos en este trabajo de grado, la finalidad de este acoplado era de transportar únicamente el trike, se consideró también importante el peso total de la estructura, lo que conllevó entonces a recurrir a la tubería rectangular de acero estructural A-36 de 8 x 3½ cm, calibre 14, ver (Anexo A), por su alta resistencia, homogeneidad en la calidad, soldabilidad, ductilidad, facilidad de adquisición a nivel local y bajo costo, por último, se discurió de vital importancia la facilidad de construcción.

Figura 40. Diseño final del Remolque.

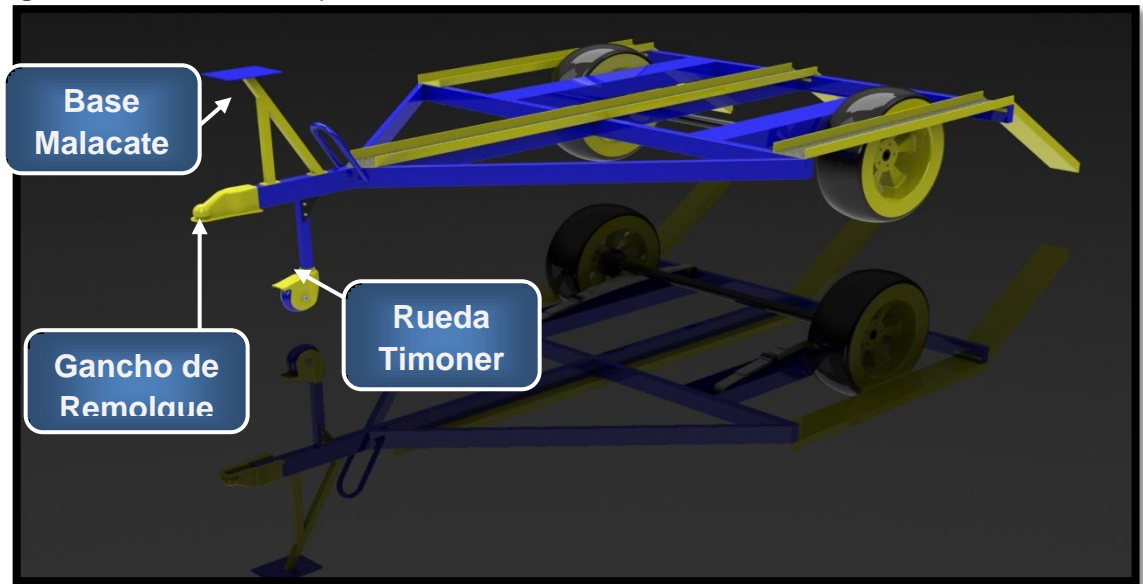


Fuente: Autores

Este vehículo de carga no motorizado, resalta sobre sus semejantes, ya que se logró plasmar un contraste armonioso entre la estética, la funcionalidad y el diseño. Para remolcar más fácilmente la carga, se diseñaron tres rampas

desmontables en la parte posterior (*figura 40*) y un malacate manual de palanca en la parte delantera (*figura 41*), con lo que se monta la carga sin esfuerzo alguno, así se logró aumentar significativamente la operación de carga y descargue.

**Figura 41.** Detalles Remolque.



**Fuente:** Autores

En miras de mejorar la estabilidad del remolque cuando está desenganchado, se instaló una rueda jockey (*figura 41*) que despliega manualmente y le permite mantener estable la carga sobre él, aunque no se encuentre acoplado al tiro del vehículo tractor. Por otra parte se decidió montar toda la estructura sobre un par de llantas rin 14", dirigidas por un solo eje, suspendido sobre ballestas de hojas escalonadas con igual espesor para lograr estabilidad, suavidad y confort durante el viaje; finalmente, en busca de cumplir cabalmente la norma de construcción de remolques, se instaló un kit de luces, adaptado de una camioneta de estaca, equipado con, luces de encendido, luces de freno, direccionales y luces de reversa.

Además se le instaló un gancho de remolque (*figura 41*), capaz de soportar hasta 1.5 Ton de peso, para acoplar a la bola del tiro instalada en el vehículo tractor.

## **4.2 CALCULO DE LA SUSPENSIÓN DEL REMOLQUE**

### **4.2.1 Elementos estructurales y mecánicos del remolque**

#### **4.2.1.1 Consideraciones para el diseño:**

Para establecer las principales características del remolque a diseñar, se tomaron como referencia los siguientes aspectos:

1. Modelos de remolques en el mercado colombiano.
2. Modelos de remolque para trike paramotor en Argentina.
3. Entrevistas con fabricantes de remolques en Bucaramanga.

#### **4.2.1.2 Características generales del vehículo**

Este remolque se diseñó para transportar únicamente el trike ultraliviano biplaza, dejando libre la parte central y trasera para efectos de transporte carga el parapente o herramienta. Toda la estructura está montada sobre un chasis de tubería rectangular de acero estructural A-36, al cual se le vincula el sistema de suspensión, conformada por un conjunto ballestas de hojas escalonadas. Está equipado también por un malacate manual que le permite el montaje y desmontaje fácilmente de la carga y además cuenta con una rueda jockey que despliega manualmente, para mantener estable la carga sobre él.

### **4.2.2 Proceso de selección de las ballestas**

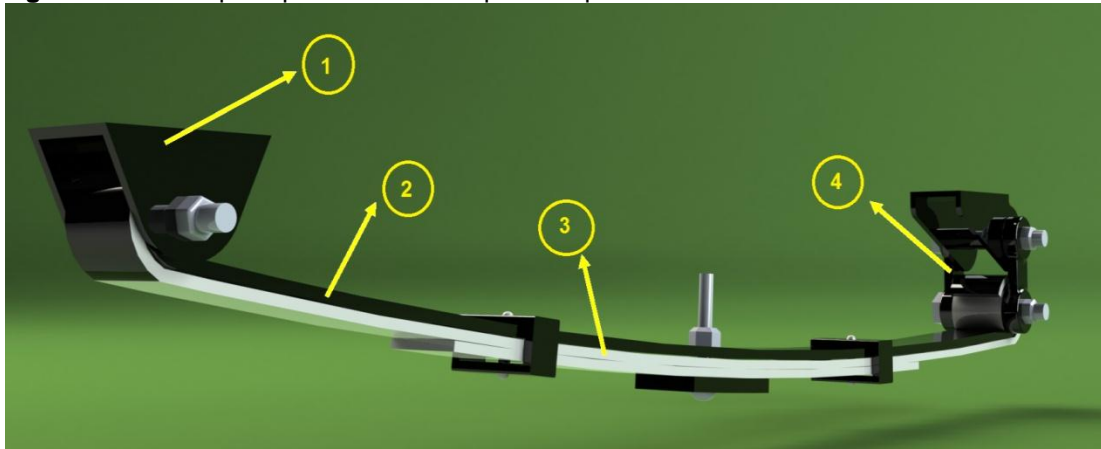
#### **4.2.2.1 Cargas que actúan en el las ballestas del remolque**

El sistema de suspensión del remolque debe ser capaz de soportar el peso de él mismo, absorber las vibraciones producidas en el desplazamiento, permitir al piloto dirigir el vehículo eficientemente y proporcionar seguridad a la carga transportada. En el diseño de suspensiones las principales cargas a considerar son las verticales.

#### 4.2.2.2 Cargas verticales.

Las ballestas están divididas en varias hojas, de las cuales la primera es la que soporta todas las fuerzas presentes el remolque, esta recibe el nombre de hoja maestra y generalmente se encuentra reforzada con una o más hojas las cuales son de menor longitud. En la siguiente figura se describen las partes principales de una suspensión de ballestas.

**Figura 42.** Partes principales de una suspensión por ballestas



**Fuente:** Autores.

#### **Partes de una suspensión por ballestas:**

1. Soporte fijo
2. Hoja maestra
3. Hojas de refuerzo
4. Soporte móvil

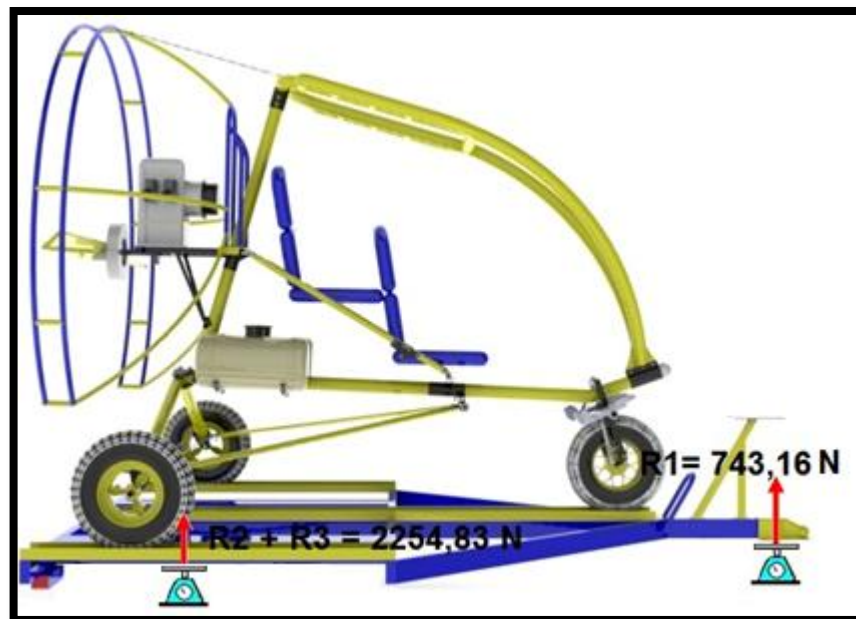
Las fuerzas que actúan sobre las ballestas, son el resultado de las masas suspendidas de remolque más peso del trike. Las magnitudes básicas en el cálculo de cualquier tipo de suspensión son flexión y frecuencia de oscilación. La flexión es el desplazamiento de un elemento elástico, bajo la acción de una carga, la frecuencia de oscilación es la cantidad de veces que se flexa una ballesta en

un tiempo determinado, de acuerdo con el libro *Ingeniería de Vehículos*<sup>4</sup> el rango de confort aceptable está entre 1 y 1.5 oscilaciones por segundo.

Para el cálculo del número de hojas de las ballestas se tomó un valor máximo de  $k=1,5$ , a partir de la tabla de cálculo de la constante “K”, ver (Anexo C). Se toma el máximo valor a fin de comprobar la flexibilidad, rigidez y el número de hojas necesarias para soportar la carga en el remolque a diseñar.

Para la selección del número de ballestas de la suspensión, lo primero que se hace es calcular las cargas que soportará dicha suspensión, para lo cual se montó la estructura completa (remolque mas trike) sobre básculas, con las se calculó el valor exacto de la carga que llega a cada una de las ballestas que componen la suspensión. En la (Figura 43) se pueden observar las cargas reales sobre las básculas; a partir de estos datos se determinó el número de hojas necesarias para el buen funcionamiento de la suspensión.

**Figura 43.** Calculo de pesos remolque.



**Fuente:** Autores.

<sup>4</sup>CASCAJOSA Manuel / Ingeniería de Vehículos Sistemas y Cálculos 2da Edición

Como se observa en la anterior, la fuerza que debe soportar nuestra suspensión es aproximadamente 2254,83 N, cada una de las ballestas soportará un peso total de 115kg.

El material que constituye las ballestas es un acero AISI-SAE 5160H, con un módulo elástico  $E = 22500\text{kg/mm}^2$  y un límite elástico de  $120\text{ kg/mm}^2$ . Con ésta información se procede al cálculo de la flexibilidad, rigidez y finalmente el número de hojas necesarias, a partir de la siguiente ecuación.

$$N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{Pf}}$$

Dónde:

**N** (*vibraciones por minuto*) = Frecuencia de oscilación por minuto.

**P (Kg)** = Peso estático que ha de soportar, vehículo vacío o cargado.

**f (mm/kg)** = Flexibilidad

Para un peso igual a 115Kg, se procede a calcular la flexibilidad y rigidez de las ballestas.

$$1,5 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{9,81 * 1000}{115 * f}}$$

$$f = 0,96 \text{ mm/kg}$$

$$K = \frac{1}{f}$$

Donde;

**K (Kg/mm)** = Rigidez

$$K = \frac{1}{0,96} = 1.041 \text{ Kg/mm}$$

**Cálculo de la flecha elástica  $\theta$ :**

$$\theta = \frac{p}{k} = \frac{115}{1.41} = 110,4\text{mm}$$

**Tensión de trabajo para la carga estática.**

$$\sigma = \frac{6 * \theta * E * e}{L^2 * K} =$$

Donde;

$\sigma$ (Kg/mm<sup>2</sup>) = Tensión a las fatiga

$\theta$ (mm) = Flecha teórica bajo carga estática.

E (Kg/mm<sup>2</sup>) = Módulo elástico

e (mm) = Espesor de la hoja de la ballesta

L (mm)= Longitud de la ballesta.

K = Constante de resorte

$$\sigma = \frac{6 * 110,4 * 22500 * 5}{900^2 * 1,041} = 88,376561 \text{ Kg/mm}^2$$

Para ballestas el valor máximo de  $\sigma$ , suele estar comprendido, entre 80 y 100 Kg/mm<sup>2</sup>, por tanto este diseño se encuentra dentro del rango del valor aceptable.

**Para el cálculo del número de hojas.**

$$n = \frac{3 * P * L}{2 * a * e^2 * \sigma} = \frac{3 * 115 * 900}{2 * 44.45 * 5^2 * 88.376561} = 1,6 \text{ hojas}$$

Este resultado se aproxima al entero más cercano, es decir, 2 hojas. Lo que significa que esta suspensión tendrá una hoja maestra y una hoja de refuerzo.

La hoja maestra y la de refuerzo, soportan la carga estática y dinámica de la masa suspendida. El esfuerzo cortante, para cualquier tipo de ballesta, es igual a la mitad de la carga que soporta, P/2, afectada por un coeficiente de seguridad igual a 3 por carga dinámica. La fatiga a cortadura viene dada por:

$$\tau = \frac{3P}{2a \sum e} \text{ kg/mm}^2$$

Donde;

$\tau(\text{kg/mm}^2)$  = La fatiga a cortadura

P (Kg) = Peso estático que ha de soportar, vehículo vacío o cargado.

a (mm) =Ancho de la hoja del a ballesta.

$\sum e$  (mm) = Espesor de la hoja maestra o suma de los espesores de la maestra y las de refuerzo si existen.

$$\tau = \frac{3 * 115}{2 * 44.45(5 + 5)} = 0.38 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

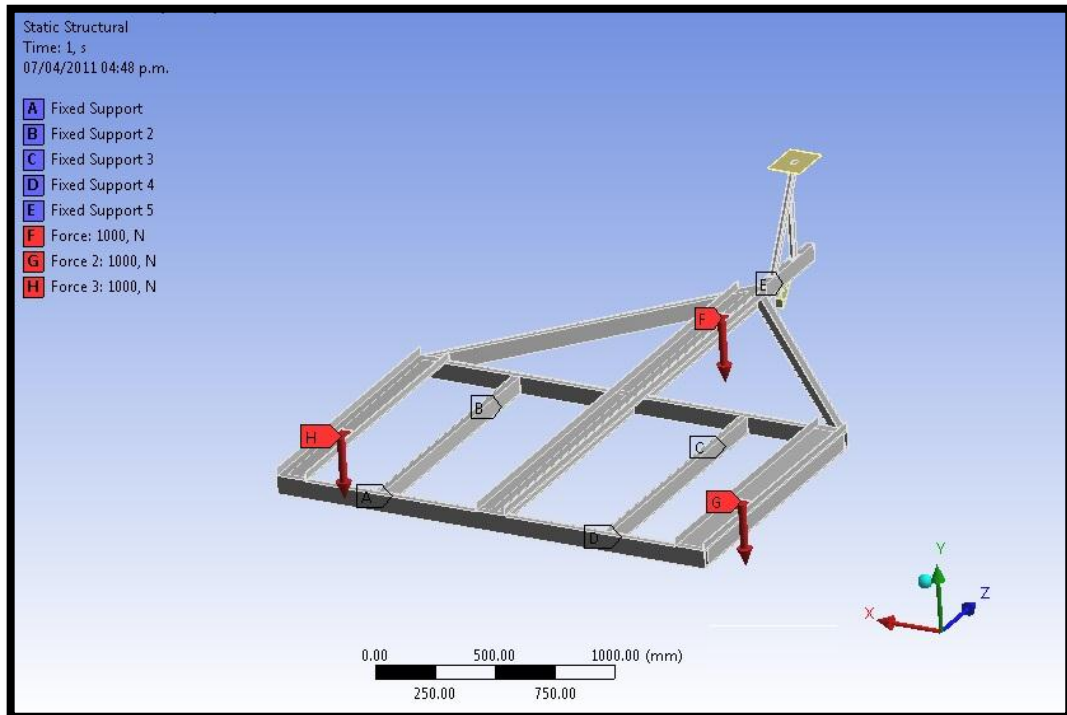
El resultado anterior muestra que el esfuerzo cortante es casi insignificante, comparado con el esfuerzo debido a la flexión.

### 4.3 ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL REMOLQUE

Para verificar la viabilidad de este diseño, primero se realizó el prototipo en Solidworks, para luego realizar una simulación detallada del modelo con el objeto de comprobar las capacidades estructurales y mecánicas de los componentes. A continuación se presentan los respectivos análisis realizados en Ansys Workbench.

En la siguiente figura se muestra la distribución de cargas calculadas anteriormente para el análisis de esfuerzos del remolque.

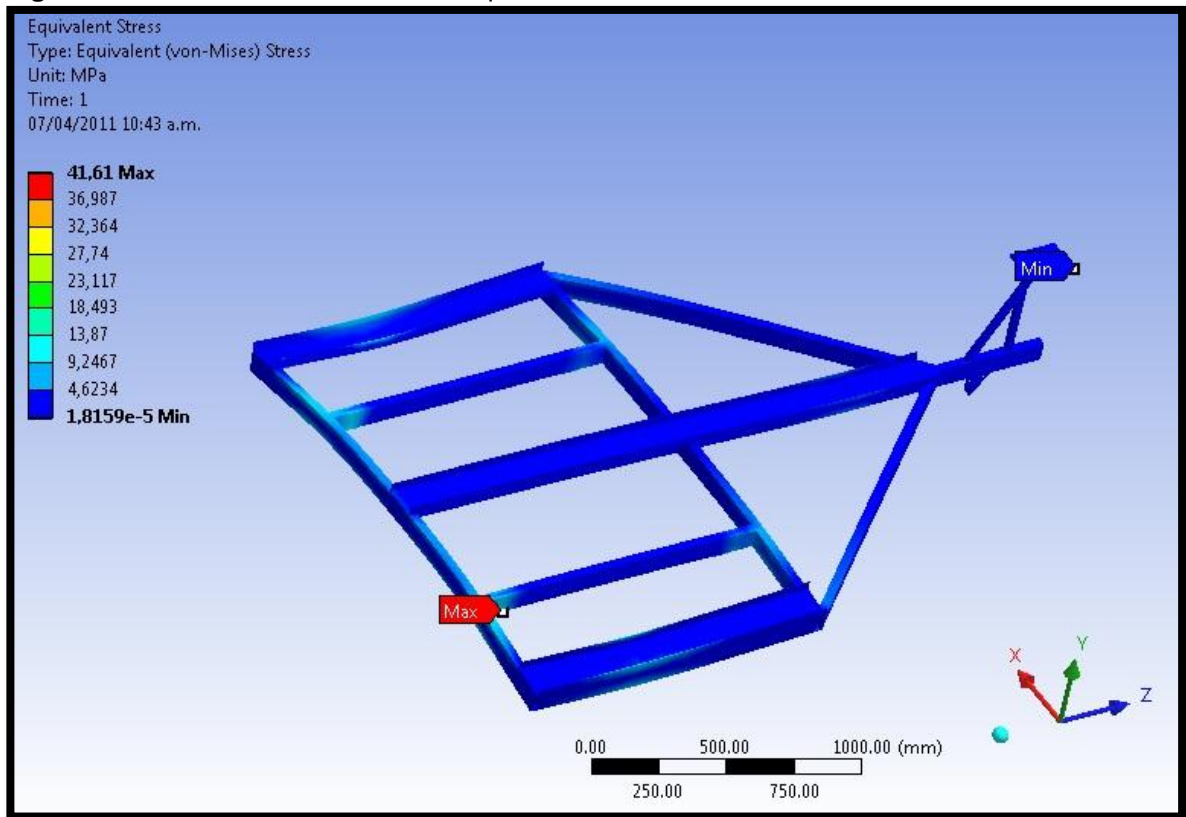
**Figura 44.** Distribución de cargas Remolque.



Fuente: Autores.

Lo primero que se analiza es el esfuerzo equivalente (*figura 45*) de toda la estructura bajo carga crítica, del que se obtiene un valor máximo de 41,61 Mpa, lo que significa que la estructura no sufrirá deformaciones permanentes puesto que el esfuerzo de fluencia del acero estructural A-36 es de 240 Mpa.

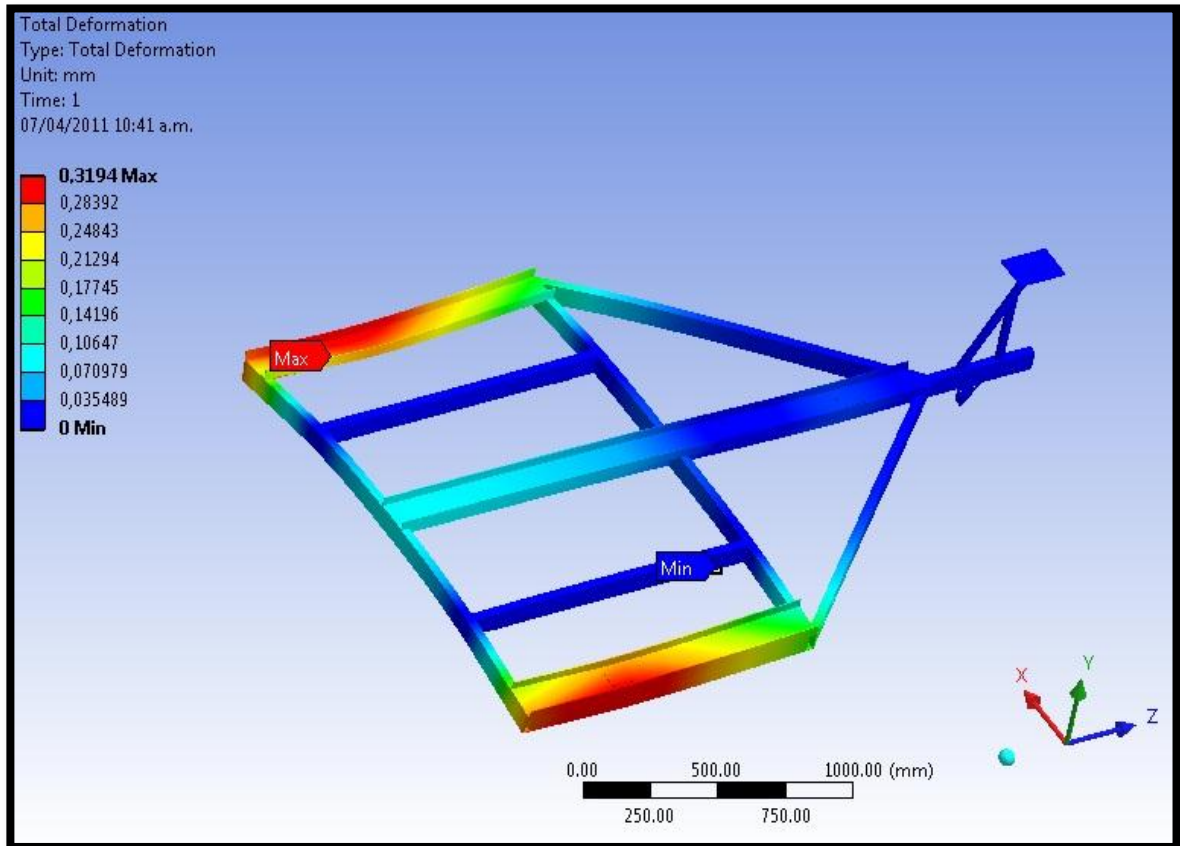
**Figura 45.** Análisis de Esfuerzos Remolque.



**Fuente:** Autores.

Al evaluar la deformación total de la estructura aplicando carga crítica, se evidencia nuevamente que el modelo diseñado es sumamente resistente, pues su deformación no excede los 0,32 mm en los extremos, justo en las canaletas en donde estarían ubicadas las ruedas de la carga a remolcar, *ver figura 46*.

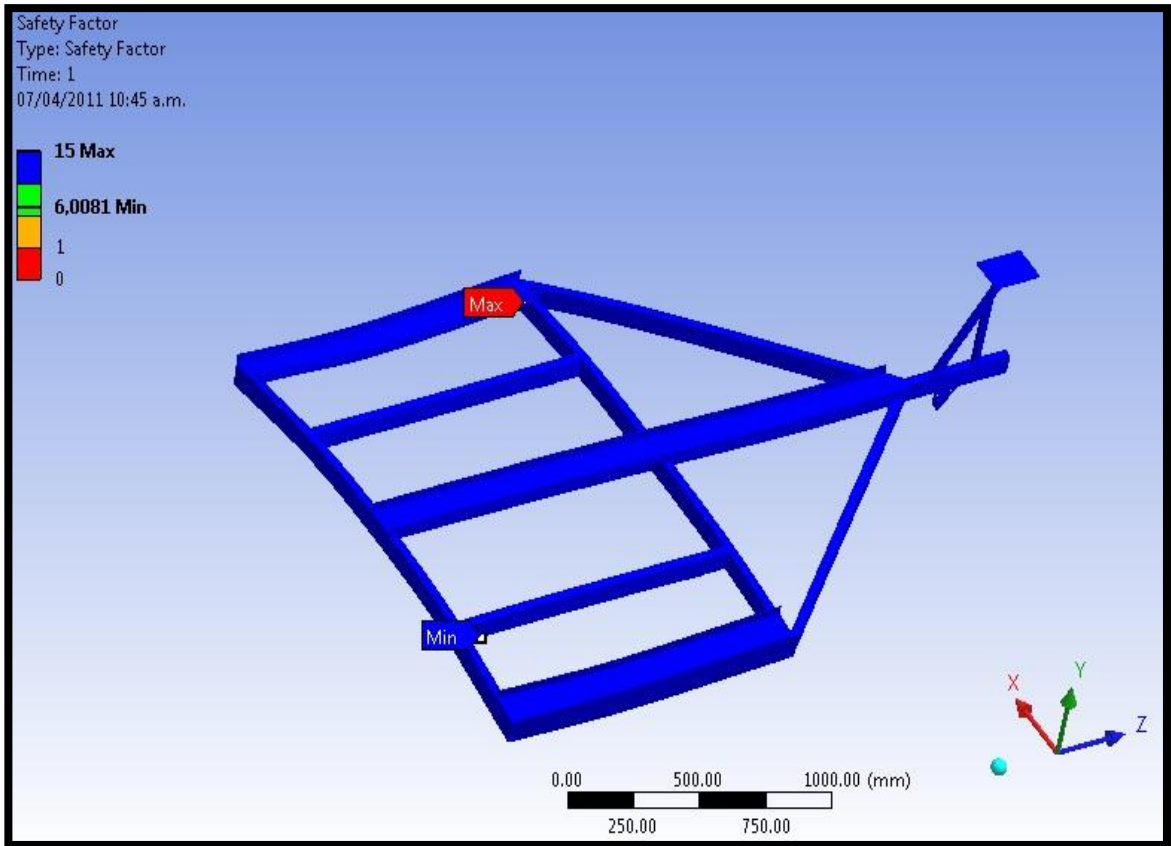
**Figura 46.** Deformación Total Remolque



**Fuente:** Autores.

Del análisis del factor de seguridad (*figura47*), obtuvimos un valor mínimo de 6 siendo este el más crítico para las condiciones dadas. El software representa dicha zona en color verde y en color azul la zona más segura, como se puede observar en la figura la estructura es completamente azul, puesto que la zona crítica es tan pequeña, que de hecho se puede considerar despreciable.

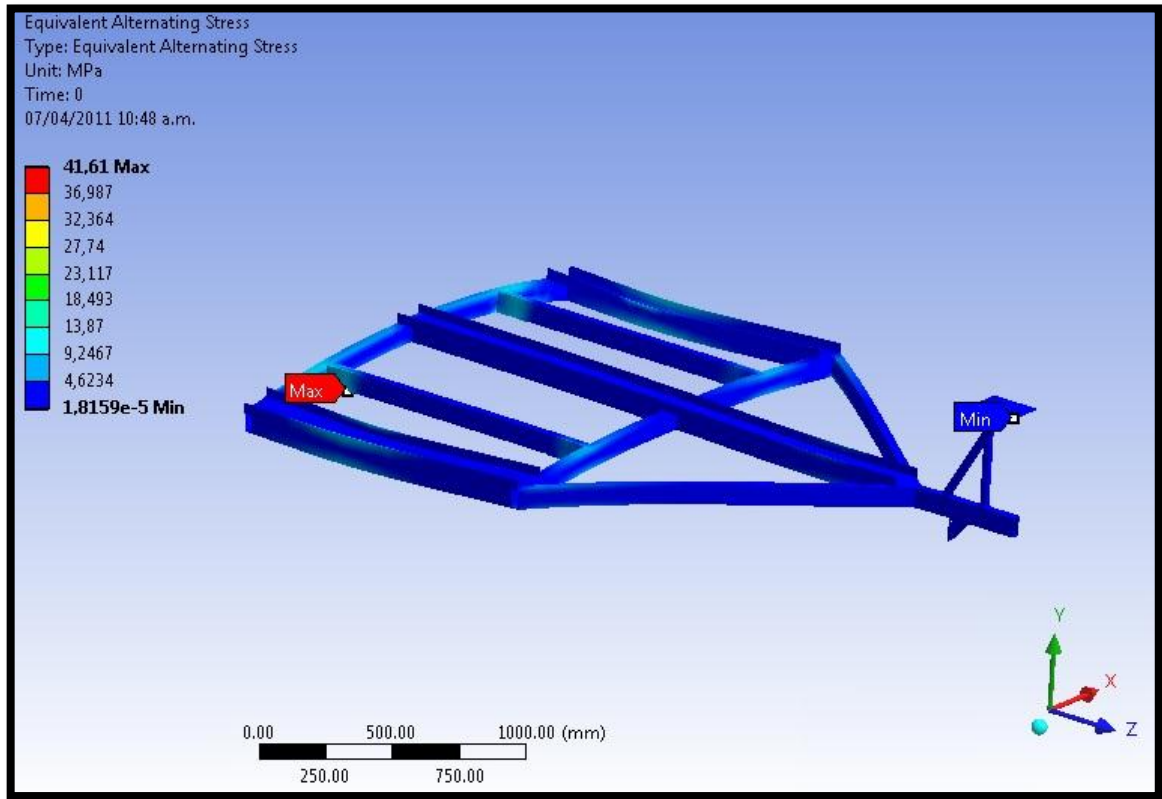
**Figura 47.** Factor de Seguridad Remolque.



**Fuente:** Autores.

En la siguiente figura se representa el análisis del esfuerzo equivalente alternante, para el cual se obtuvo un valor exactamente igual al esfuerzo equivalente, lo que nos lleva a pensar que la estructura tendrá vida infinita.

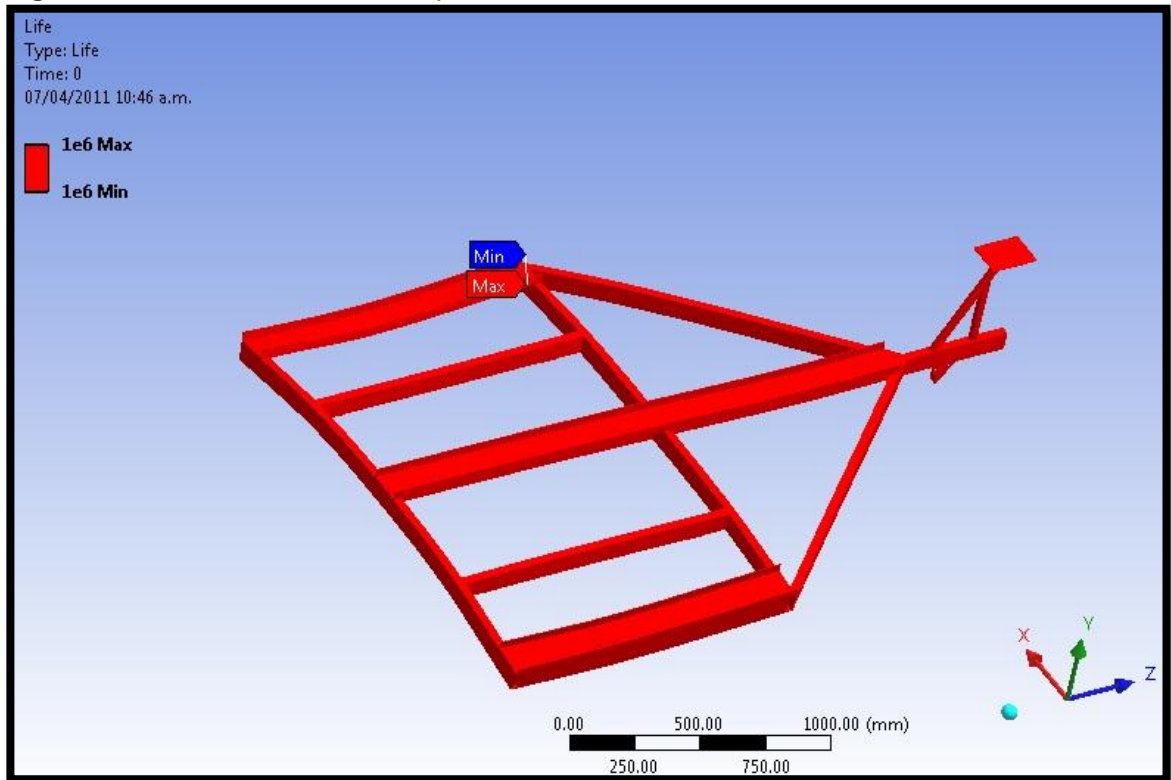
**Figura 48.** Esfuerzo Equivalente Alternante Remolque



Fuente: Autores.

Finalmente se analizó el ciclo de vida útil para carga fluctuante del modelo (figura 49), lo que nos confirma que la estructura trabajará a vida infinita según las condiciones de trabajo planteadas.

**Figura 49.** Ciclo de Vida Útil Remolque.



**Fuente:** Autores.

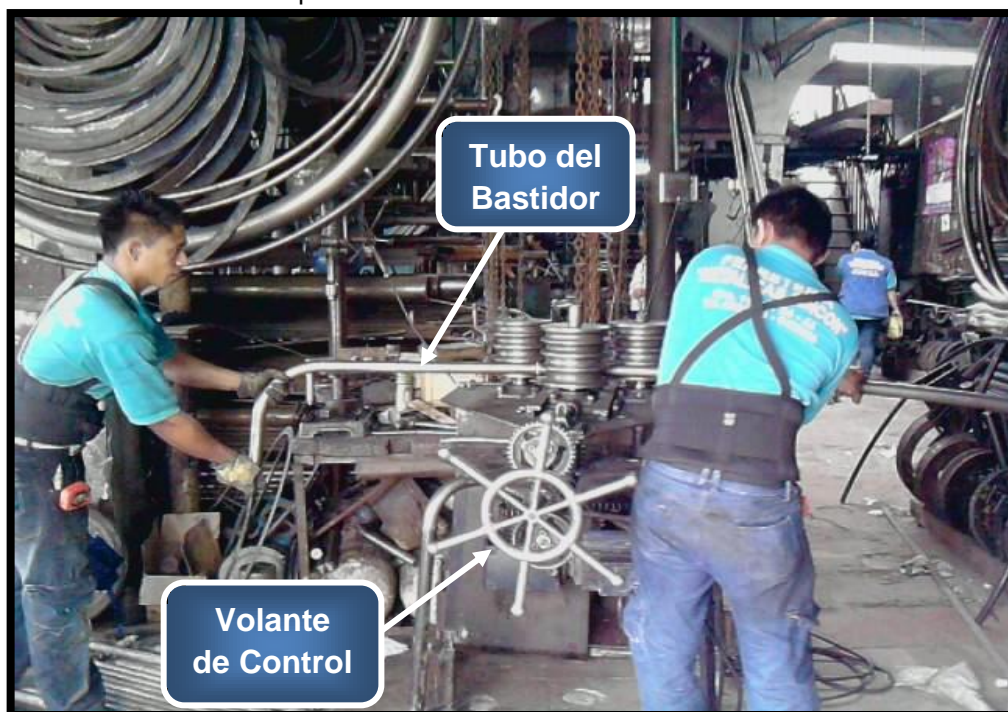
## 5. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Estando definidos los diseños, anteriormente evaluados y detallados, se procede a la construcción y montaje de cada elemento. En este capítulo se consignará todo el procedimiento de fabricación y montaje llevado de cada elemento, a fin de hacer realidad todo lo descrito en el capítulo anterior.

### 5.1 CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR

Para la construcción de este elemento se partió de un tubo de 6 metros de longitud, de acero COLD ROLLED, de 1½ pulgadas de diámetro, calibre 20; el cual se cortó a los 3 metros y se procedió a su respectivo doblado en una maquina dobladora semiautomática, basados en las dimensiones de los planos desarrollados en Solidworks.

**Figura 50.** Doblado de tubería para el bastidor.



Fuente: Autores.

Es de resaltar que el proceso de doblaje de tubería, es una tarea prácticamente de prueba y error, puesto que la maquinaria disponible dobla los tubos, según la fuerza aplicada al volante de control (*figura 50*). No obstante, este fue un trabajo impecable, con dobleces perfectos y muy bien trabajados.

**Figura 51.** Reemplazo del Mástil.



**Fuente:** Autores.

Para montar el bastidor sobre el trike ultraliviano, fue necesario reemplazar el tubo del mástil, por uno nuevo, con las mismas características del otro tubo, lo que conlleva a insertar una guaya de  $\frac{1}{4}$  de pulgada interna como refuerzo, para aliviar tensiones, ajustándola en los pernos extremos, esto con la intención de mantener intacto el modelo original. En la imagen anterior se puede apreciar el nuevo mástil, utilizado para el ensamble del bastidor.

Seguidamente estos tubos se unieron con soldadura eléctrica de arco manual, con electrodo 6013, mediante un par de juntas de acero. En la parte delantera una placa de acero ASTM A-36 HOT ROLLED de 5 mm de espesor, sobre la cual se soldaron los puntales delanteros del bastidor, y un soporte tubular fabricado con un tramo de tubería AISI 1008, de 2,6 mm de espesor montado sobre la quilla que termina uniéndose a la placa por medio de tres pernos roscados de acero grado 8 de  $\frac{1}{4}$  de pulgada. En la parte trasera, justo en el monopole, se instaló una junta también con un tramo de tubería AISI 1008, de 2,6 mm de espesor, que sirve para sujetar el bastidor mediante un par de pernos acero grado 8 de  $\frac{1}{4}$  de pulgada y sobre el que además se soldaron un par de secciones de tubería de hierro fundido de 1 pulgada y 3 mm de espesor que sirven para reforzar interiormente esta zona, donde son mayores los esfuerzos. En la figura 52, se puede observar cómo se realizó este procedimiento.

**Figura 52.** Procedimiento de Construcción Bastidor



**Fuente:** Autores.

Para realizar el proceso de centrado y alineado del bastidor, fue necesario trasladarnos desde el taller de soldadura ubicado en el barrio el Gaitán, hasta las instalaciones de la universidad donde se encontraba el trike ultraliviano, ya que se debía montar directamente sobre el aparato para lograr mayor precisión en la construcción. En la siguiente imagen se muestra como se realizó este procedimiento.

**Figura 53.** Centrado y Alineación del Bastidor.



**Fuente:** Autores.

Después de tener todo este conjunto, se inspeccionó la soldadura y se mejoró su aspecto con la pulidora manual para luego aplicar masilla epóxica, finalmente se le aplicó pintura anticorrosiva, a fin de proteger la tubería y prolongar su vida útil (*Figura 54*).

**Figura 54.** Inspección y acabado del Bastidor.



**Fuente:** Autores.

Para los anclajes del parapente, se montaron los mosquetones al bastidor, por medio de un par de amarres en riata de 5 cm de ancho, tipo pesado (*Figura 55*), logrando así, conservar el peso prácticamente invariable, fácil manipulación para control del centro de gravedad y facilidad de montaje.

**Figura 55.** Bastidor Construido e instalado.



**Fuente:** Autores.

Finalmente se obtuvo la estructura deseada, con acabados muy bien definidos, soldadura bien trabajada, suficientemente resistente, un aspecto estético bastante agradable.

## 5.2 CONSTRUCCIÓN DE LA CANASTILLA

La canastilla se fabricó a partir dos tramos de tubería de acero COLD ROLLED de 6 metros de longitud, calibre 20 y  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro, los cuales se doblaron y cortaron cuidadosamente hasta obtener cada elemento que conforma la estructura. En la siguiente figura se observan los dos aros principales de la canastilla.

**Figura 56.** Aros principales Canastilla.



**Fuente:** Autores.

Lo siguiente, fue construir la canastilla (*figura 57*) uniendo cada tramo de tubo por medio de soldadura SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) con electrodo 6013, generando la forma del diseño modelado en Solidworks. Es de resaltar que el proceso de soldadura fue bastante delicado, debido a la delgada pared de los tubos, sin embargo se logró hacer un excelente trabajo, con uniones perfectamente soldadas, sin debilitar severamente la estructura.

**Figura 57.** Proceso de construcción Canastilla.



**Fuente:** Autores.

Finalmente se construyó toda la estructura tal como se diseñó en Solidworks, con todas sus dimensiones perfectamente definidas.

**Figura 58.** Canastilla.



**Fuente:** Autores.

Teniendo ya armada la estructura principal, se adhirieron un par de placas de soporte fabricadas en acero ASTM A-36 HOT ROLLED de 3mm de espesor, a las cuales se les soldaron un par de tubos macizos de acero AISI - SAE 4140 de 150 mm de longitud y 16.65 mm de diámetro, rectificados en el torno del taller de manufactura de la escuela de Ingeniería Mecánica para obtener la mínima tolerancia posible (*figura 59*), como se explicó en el capítulo anterior.

**Figura 59.** Detalle de los soportes Canastilla.



**Fuente:** Autores.

El siguiente paso fue, aplicar la pintura anticorrosiva (cromato de zinc) para proteger la superficie de la oxidación, como se aprecia en la siguiente figura.

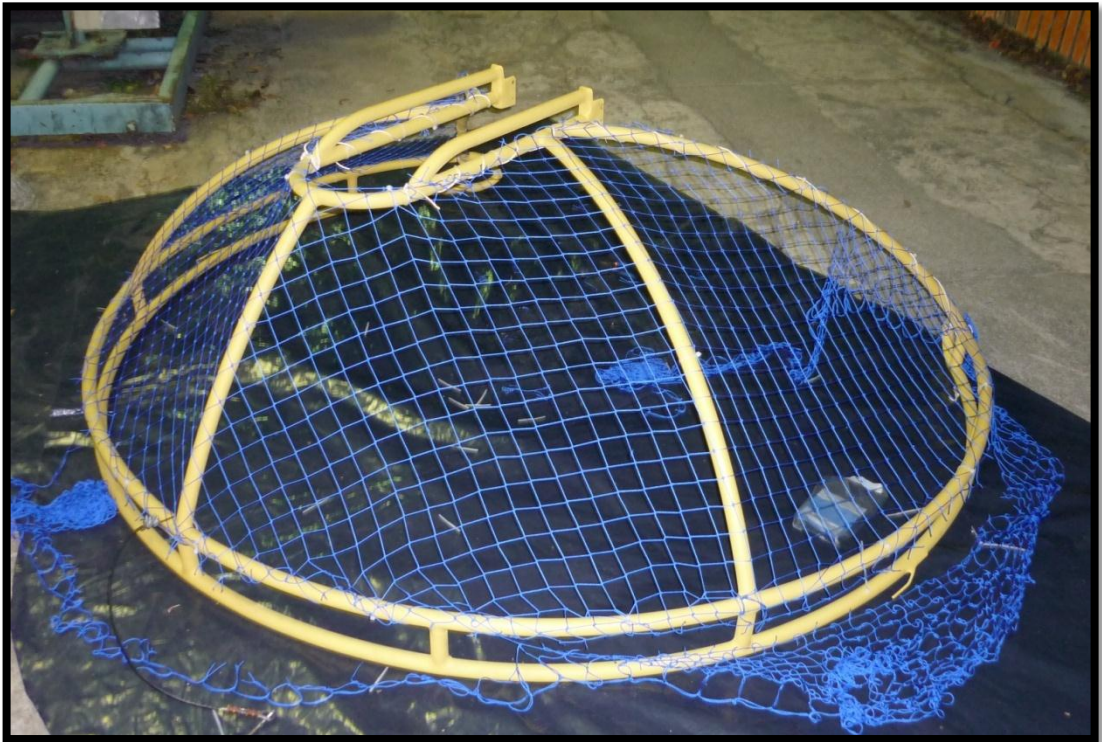
**Figura 60.** Detalle de los soportes Canastilla.



**Fuente:** Autores.

Para terminar se instaló la malla tejida en cuerda de nylon trenzado (*Figura 61*), para aumentar el área de protección de la canastilla, sin comprometer las propiedades mecánicas, ni aumentar significativamente el peso total de la estructura. Obteniendo así una barrera completa entre las líneas del parapente y la hélice, logrando además proteger la hélice de ser golpeada por ripios mientras se carretea.

**Figura 61.** Canastilla con la malla de protección.



**Fuente:** Autores.

### 5.3 CONSTRUCCIÓN DEL REMOLQUE

El proceso de construcción del remolque comienza con el corte de la tubería de acero estructural A-36 que conforma la estructura principal, de área transversal 8 x 3½ cm, calibre 14, seleccionado en la fase de diseño por su alta resistencia, homogeneidad en la calidad, soldabilidad, ductilidad, facilidad de adquisición a nivel local y bajo costo. Inmediatamente después, se configuró la estructura sobre el suelo tal como debía quedar, para así proceder a la etapa de soldadura (*figura 62*). Este proceso se realizó con soldadura eléctrica de arco manual, con electrodo 6011, lo que nos garantizó unas uniones sumamente resistentes, dado que con este electrodo se logra una soldadura de mayor penetración.

**Figura 62.** Proceso de Soldadura del Remolque.



Fuente: Autores.

Una vez conformada la estructura principal se le añaden tres canaletas en lámina lisa de acero AISI–SAE A-36, calibre 14, a las que se les practicaron unos dobleces sobre los laterales para evitar que las ruedas del trike ultraliviano a remolcar se desencarrile mientras se monta.

**Figura 63.** Montaje de Canaletas



**Fuente:** Autores.

Después de tener esta estructura debidamente soldada, se procede a aplicar un recubrimiento superficial con el cromato de zinc (*figura 64*), para proteger la superficie exterior de la corrosión.

**Figura 64.** Recubrimiento con pintura anticorrosiva.



**Fuente:** Autores.

El siguiente paso fue, la selección de la suspensión por ballestas (*Figura 65*). Basados en los cálculos de diseño, se adoptó una suspensión de la marca IMAL comercializada para *JEPP –Willys*, la cual se compone de una hoja maestra de 90 cm de longitud, una hoja secundaria de refuerzo de la misma longitud, y una tercera de refuerzo hoja de 60 cm, soporte fijo, soporte móvil y balancines. Todo este sistema se acopló al remolque mediante soldadura de electrodo recubierto – 6011, para obtener la mayor resistencia en las juntas y finalmente se termina sujetando al eje de las ruedas.

**Figura 65.** Suspensión de ballestas.



**Fuente:** Autores.

Se soldaron también un par de placas de acero ASTM A-36 HOT ROLLED de 5 mm de espesor de 5 mm, a los extremos del eje, a fin de facilitar el montaje de los bocines sobre las ruedas; seguidamente se instalan a los bocines las llantas rin 14” adoptadas de un Renault Sandero. Teniendo ya este conjunto ensamblado se instaló directamente a la estructura del remolque, como se aprecia en la siguiente figura.

**Figura 66.** Muelles, eje, bocines y llanta del remolque.



**Fuente:** Autores

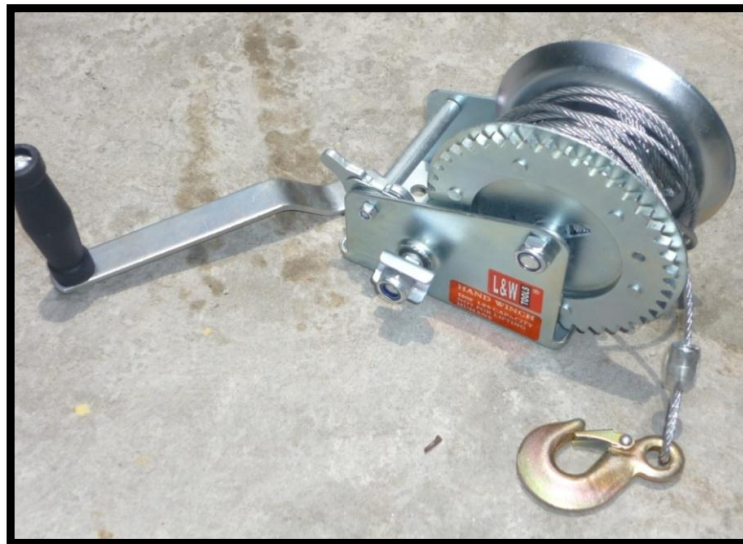
En la parte delantera del remolque se montó una estructura con tubería de perfil cuadrado de 3x3cm en acero estructural A-36, sobre la cual se instaló el malacate manual de palanca, con capacidad para 1600 libras (*figura 68*), además de el gancho de remolque, el cual se adquirió fabricado, con la bola y el tiro con capacidad de arrastrar hasta 1.5 Ton, listo para instalar en el vehículo tractor (*Figura 67*).

**Figura 67.** Detalle de la base del malacate y gancho remolque.



**Fuente:** Autores

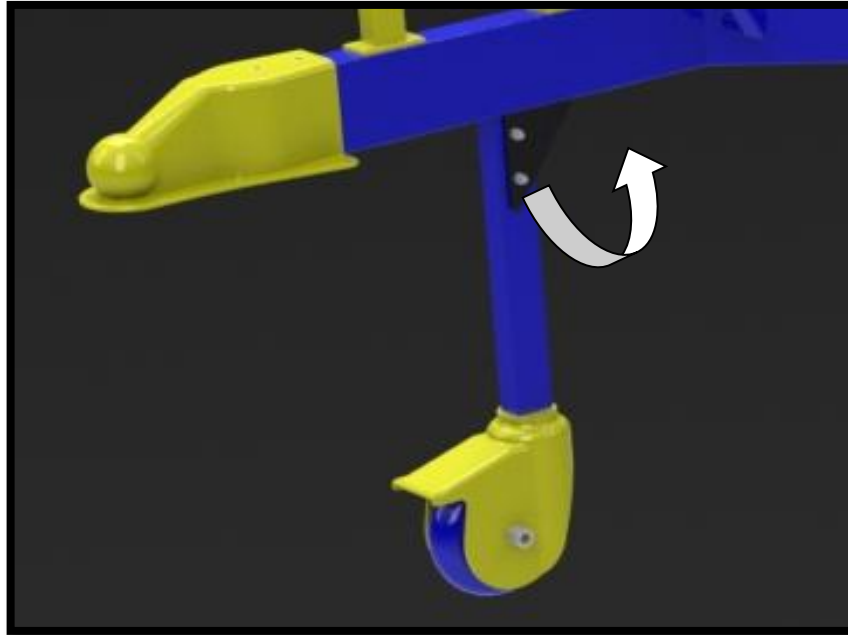
**Figura 68.** Malacate para remolque de carga



**Fuente:** Autores

En la parte inferior delantera, se instaló la rueda jockey (*figura 69*), que se compone de una pequeña llanta de 12 cm de diámetro, un tubo cuadrado en acero de 34 cm de longitud y un par de placas triangulares en acero de 3 mm de espesor, sobre las cuales pivota la rueda para desplegar manualmente.

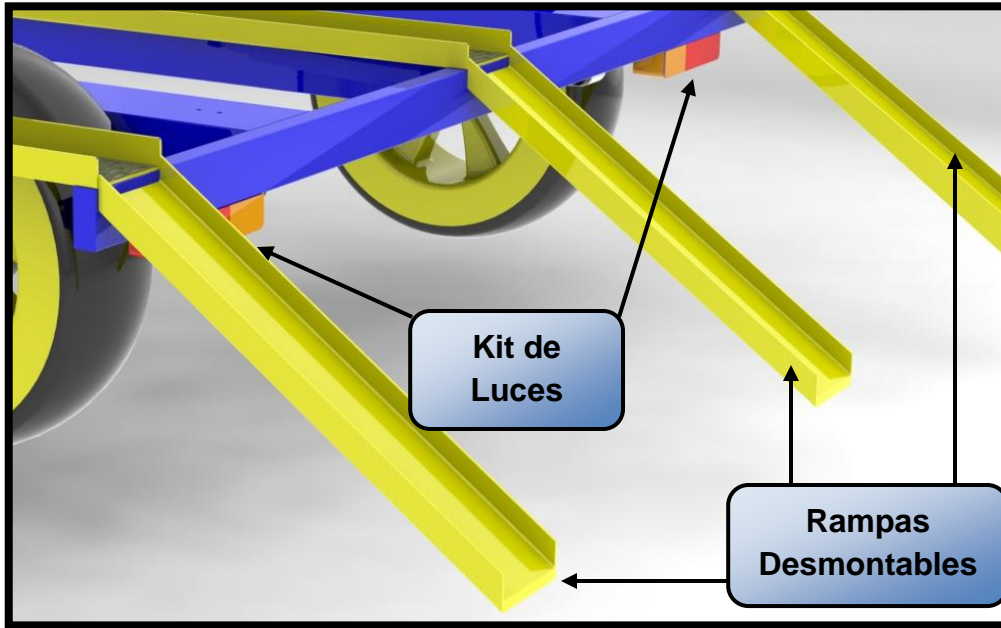
**Figura 69.** Detalle de la rueda timonera.



**Fuente:** Autores

Teniendo ya montada toda la estructura, se cortaron y acoplaron las tres rampas desmontables fabricadas a partir de la misma lámina de acero de las canaletas, tal como se aprecia en la siguiente figura.

**Figura 70.** Rampas desmontables para carga y descargue.



**Fuente:** Autores

Para terminar se instaló un kit de luces completo para remolques, adaptado de camioneta de estaca, equipado con, luces indicadoras de encendido, luces de freno, direccionales y luces de reversa y en la parte delantera del remolque un adaptador universal (*figura 70*), para conectar a cualquier vehículo tractor.

## 6. PRUEBAS

### 6.1 BASTIDOR Y CANASTILLA

Una vez terminado el proceso de construcción, se procede a realizar una serie de pruebas, con la finalidad de comprobar la calidad y funcionalidad del rediseño creado. Para esto se optó por efectuar dos tipos de pruebas, estáticas y dinámicas.

#### 6.1.1 Prueba estática

Para esta prueba fue necesario utilizar un puente grúa que simulará una situación de vuelo, colgando la estructura a un tubo de acero, el cual finalmente se enganchó a dicho puente grúa, como se observa en la figura 71.

El objeto de esta prueba, era el de comprobar la resistencia mecánica de la estructura, además de calibrar los amarres del parapente sobre las manijas del bastidor, para las diferentes distribuciones de peso, según el desplazamiento del centro de gravedad (*figura 72*). Todo esto sirvió para definir que los puntos de anclaje se ubicarán solamente en dos posiciones, puesto que el desplazamiento del C.D.G no es tan significativo. En este orden de ideas los puntos de anclaje se definen en las posiciones 1 y 2 para monoplaza y biplaza respectivamente (*figura 73*).

**Figura 71.** prueba de resistencia estructura y desplazamiento del C.D.G.



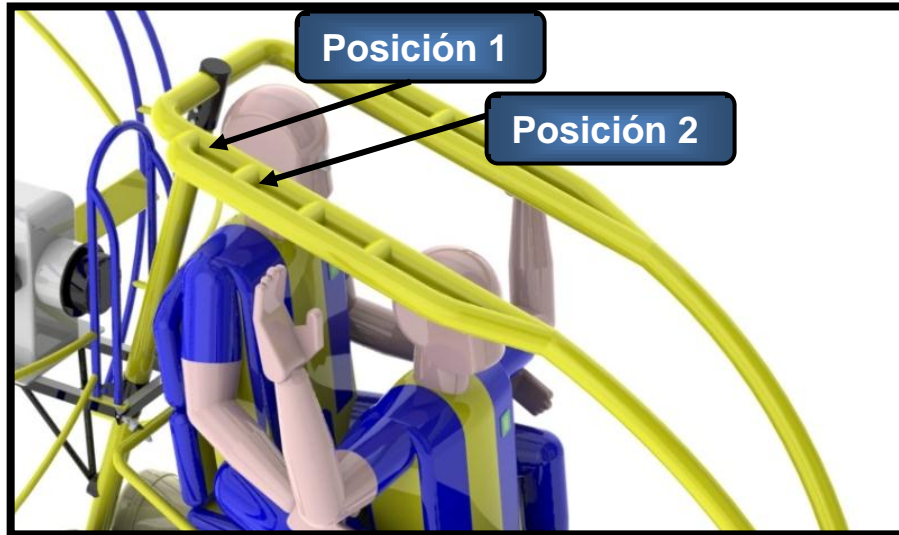
**Fuente:** Autores

**Figura 72.** Prueba de resistencia para los amarres del parapente.



**Fuente:** Autores

**Figura 73.** Posición de los amarres del parapente



Fuente: Autores

### 6.1.2 Pruebas dinámicas

Habiendo ya comprobado que los elementos rediseñados son suficientemente resistentes para los requerimientos de carga aplicada, se pasó al desarrollo de las pruebas de carreteo. Será preciso mostrar que para esta etapa se realizaron dos pruebas, como sigue:

➤ **Pruebas de carreteo sin parapente** (*figura 74*):

Inicialmente se realizaron estas pruebas sin parapente, con la finalidad de verificar la confiabilidad de toda la estructura, la funcionalidad del motor, el empuje de la hélice y obviamente la seguridad y viabilidad de los elementos rediseñados.

**Figura 74.** Pruebas de Carreteo.



**Fuente:** Autores

Para llevar a cabo este procedimiento fue necesario transportar el trike ultraliviano hasta el club privado de vuelo Los Halcones, ubicado en la

Mesa de los Santos, considerando que, en este lugar se cuenta con un amplio terreno plano para carretear tranquilamente se desarrollaron las respectivas pruebas, obteniendo excelentes resultados gracias a su potente motor Rotax 532 y a la hélice de 167 cm de diámetro. Con todo esto se observó que este prototipo no tendrá ningún problema para despegar desde cualquier terreno, tal como se objetó en este trabajo de grado.

**Figura 75.** Preparación Pruebas de Carreteo.



**Fuente:** Autores

Por otra parte se fue posible identificar una serie de modificaciones para la canastilla, con el propósito de mejorar la protección de la hélice, teniendo en cuenta que es un elemento fundamental para el funcionamiento del aparato.

➤ **Pruebas de carreteo con parapente:**

Para el desarrollo de estas pruebas fue necesario desplazarnos hasta el club de vuelo Las Águilas, en la Mesa de Ruitoque. Una vez ubicados en el sitio, lo primero fue hacer una revisión minuciosa de cada elemento, a fin de verificar que todo se encontrará debidamente ajustado (*figura 76*).

**Figura 76.** Preparación Pruebas de Carreteo con Parapente.



**Fuente:** Autores

Inmediatamente después se procedió a realizar las respectivas pruebas de carreteo con parapente (*figura 77*), todo esto con el objeto de verificar la funcionalidad del aparato con esta configuración. Así se comprueba que el rediseño es totalmente valetero, funcional, seguro y ergonómico para sustentar su vuelo a partir de un parapente. Cabe resaltar, que no se tiene en cuenta realizar pruebas con el ala delta, ya que el trike ultraliviano esta

diseñado de fábrica únicamente para volar con dicha ala, lo que no es objeto de evaluación para este trabajo de grado.

**Figura 77.** Prueba de Carreteo con Parapente.



**Fuente:** Autores

Por otra parte, es importante señalar que las pruebas de carreteo se realizaron solamente con el piloto, es decir, en monoplaza, por razones de seguridad y prevención. Sin embargo, al evaluar los resultados observados en la prueba, se confirma que la estructura logró cumplir cabalmente los parámetros establecidos desde la fase de diseño.

## 6.2 REMOLQUE

Para comprobar la funcionalidad del remolque, se condujo con la carga sobre él, hasta el lugar de las pruebas de carreteo (Mesa de Los Santos), ya que es un trayecto largo por carretera óptimo para la evaluación de los elementos que lo conforman, poner a prueba la capacidad de la estructura y verificar que se hizo una correcta selección de las ballestas, además se demostró la facilidad de carga y descarga del ultraliviano, gracias a las rampas desmontables y al servicio del malacate manual. Durante el viaje se corroboró la estabilidad del vehículo y se concluyó que es un diseño completamente eficiente para los requerimientos de transporte y carga sugeridos.

**Figura 78.** Remolque.



**Fuente:** Autores

## CONCLUSIONES

- Se obtuvo una nueva estructura con las siguientes características:
  - ✓ Bifuncional, es decir, se hizo una adaptación que le permite sustentar su vuelo a partir de un parapente o a partir de un ala delta.
  - ✓ Cumpliendo los márgenes de seguridad estipulados en la Norma de Aeronavegabilidad y Operación de Aeronaves.
  - ✓ Fácilmente montable y desmontable por una sola persona.
  
- Ciertamente, se logró un aumento en la introducción a los diferentes sitios de vuelo turístico en Colombia, en vista de que es posible realizar vuelos en regiones como los llanos orientales, donde sus características geográficas le permiten volar usando el ala delta o en regiones como Santander donde se vuela por térmicas o corrientes ascendentes de aire caliente, en las cuales el parapente es el que mejor se adapta a estas condiciones.
  
- El uso de las herramientas computacionales, permiten afianzar la confrontación entre el desarrollo de la parte teórica con la parte práctica, ya que ofrecen la oportunidad experimentar los desafíos entre el diseño propiamente dicho y las limitaciones existentes en el proceso de manufactura.
  
- Se pudo verificar que los materiales seleccionados para la fabricación del rediseño, acero Cold Rolled en este caso, son altamente funcionales para aplicaciones aeronáuticas y aprovechando su maleabilidad se logró conformar

una estructura estéticamente armoniosa, sin llegar a descuidar las capacidades estructurales requeridas en el diseño.

- Con el desarrollo de este proyecto de grado, se logra fortalecer la relación Industria-Universidad y sentar las bases tecnológicas y de investigación, para generar una industria aeromotriz capaz de diseñar y construir equipos aeronáuticos con fines recreativos.

## RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES

Realizar una ***inspección detallada*** de cada uno de los elementos que conforman el ultraliviano antes de utilizarlo, puesto que al ser desarmable, se hace más propenso a fallas por desajuste.

Estando ya sentadas las bases tecnológicas y de investigación, se recomienda ***continuar con una segunda fase de TRIKE ULTRALIVIANO***, realizando su proceso de diseño y construcción partiendo desde cero.

***Mantener y continuar*** la línea de investigación aeromotriz, *impulsando una completa industria de turismo incipiente* significativa para la región, haciendo más sólida la relación Industria-Universidad.

En vista de que se trata de un ultraliviano, se debería ***implementar un programa de mantenimiento predictivo***, inspeccionando los elementos críticos, así como el motor para su oportuna reparación después de ciertas horas de vuelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- **CASCAJOSA Manuel** / Ingeniería De Vehículos Sistemas Y Cálculos
- **FONT MEZQUITA, José / DOLS RUÍZ, Juan. F.** Tratado sobre automóviles tomos I y II. Alfaomega, México. 2001.
- **CALDERÓN PÉREZ, Jorge Luis; CAÑÓN GONZÁLEZ Iván Felipe.** / Diseño preliminar de un flexwing trike (ultraliviano) biplaza.
- **Facultad De Ciencias De La Actividad Física Y Del Deporte (INEF) Universidad Politécnica De Madrid** / Teoría De Kinantropometria.
- **ESTRADA M, Jairo** / Parámetros Antropométricos De La Población Colombiana.
- **SÁEZ, Guillermo Alberto** / Manual Básico del Parapentista
- **TRIKE BUGGY** / <http://www.trikebuggy.com/transformer/index.htm>
- **AMERICAN PARAGLIDING** / <http://www.americanparagliding.com/trikes.htm>

## **ANEXOS**

## ANEXO A: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES USADOS.

- Acero Laminado En Frio COLD ROLLED

<i>EXCO COLOMBIANA S.A.</i>		<b>FICHA TECNICA DE MATERIA PRIMA ACERO COLD ROLLED</b>		FTE No. 003	
				Edición No. 06	
				Fecha : 2005-10-13	
				Página 1 de 2	
DESCRIPCION : Producto plano de Acero Cold Rolled laminada en frio, requerida para la fabricación de tubería de aplicaciones mecánicas.					
<b>ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL</b>					
NORMA EXIGIDA: JIS G 3141 1996 SPCC-SD, edición 3					
TITULO: COLD ROLLED CARBON STEEL SHEETS AND STRIP, equivalente SAE 1008					
CALIDAD: Comercial ACABADO: Dull finish (mate)					
DESIGNACION DE GRADO: SPCCT-SD					
OBSERVACIONES: El material solicitado debe ser suministrado bajo todas las especificaciones de esta ficha técnica, o en su defecto, por su equivalente, debidamente demostrado.					
<b>COMPOSICION QUIMICA</b>			<b>ESPESOR DE LA LAMINA</b>		
COMPONENTE	REQUISITO (%)	ESPECIFICACION (mm)	TOLERANCIAS (mm)		
Carbono (C)	0,120 máximo	1,90	± 0,12		
Manganeso (Mn)	0,500 máximo	1,50	± 0,10		
Fósforo (P)	0,040 máximo	1,20	± 0,08		
Azufre (S)	0,045 máximo	1,10	± 0,08		
		0,90	± 0,07		
		0,85	± 0,07		
		0,75	± 0,06		
		0,70	± 0,06		
<b>CARACTERISTICAS FISICAS Y MECANICAS</b>					
<b>ELONGACION % MINIMO</b>					
Espesor entre 0,70 mm y 0,90 mm	36%	Espesor entre 1,20 mm y 1,50 mm	37%	Espesor entre 1,50 mm y 1,90 mm	38%
DUREZA: Máximo 60 HRB		RESISTENCIA A LA TRACCION: 270 N/mm <sup>2</sup> mínimo			
<b>TOLERANCIAS DEL ANCHO DE LA LAMINA</b>					
ANCHO ESPECIFICADO (mm)		TOLERANCIA EN EL ANCHO (mm)			
Mínimo	Máximo	(no hay tolerancia inferior)			
400	1000	+5			
Diámetro interno bobina:		Mínimo: 450 mm	Máximo: 540 mm		

- Acero laminado en caliente ACERO A-36

El Acero Laminado en Caliente se utiliza en la industria automotriz en carrocerías y estructuras en la fabricación de tubos, perfiles, plataformas, bienes de capital y en la construcción en general.

**Calidad Comercial:**

Norma ASTM A1011M, AISI SAE 1006, AISI SAE 1008

**Calidad Estructural:**

Norma ASTM A36, ASTM A1011M Grado 50

**Calidad Naval:**

Norma ASTM A131A

**Acabados:**

Negro de 2.0mm a 9.0mm

Antideslizante de 2.5mm a 6.0mm

Decapado y aceitado de 2.0mm, 2.5mm y 3.00mm

FICHA TÉCNICA			
Espesor	Calidad	Presentación	
		Bobinas (ancho)	Láminas (longitud)
2,0	Comercial	1000, 1200	2000, 2440 3000, 6000
2,5			
3,0			
4,5	Estructural	1200	1200 x 2440 1829 x 6096
6,0			
8,0			
9,0			
12,0			
15,0			
19,0			
25,0			
32,0			
38,0			

Servicio de flejado para material hasta 4,5mm, aplican restricciones  
Dimensiones en milímetros

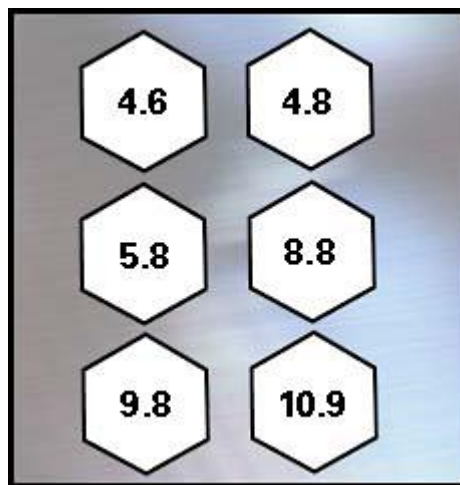
PROPIEDADES MECANICAS					
Calidad	Norma	Designación	Fluencia ksi (MPa)	Resistencia ksi (MPa)	Elongación %
Comercial	ASTM A 1011	SAE 1006	30-50 (205-240)	NA	25 mín
		SAE 1008			
Estructural	ASTM A 1011	SS GRADO 50	50 (340)	65 (450)	11 mín (1.2mm)
	ASTM A 36		250	36(400-550)	23 mín

TOLERANCIAS ESPESOR (MM)				
Ancho especificado hasta (mm)	Tolerancia superior e inferior (+/-) Espesor nominal (mm)			
	Hasta 2.0	Más de 2.0 a 2.5 inclusive	Más de 2.5 a 4.5 inclusive	Más de 4.5 a 9.0 inclusive
de 600 hasta 1200 inclusive	0,150	0,175	0,200	0,220
de 1200 hasta 1500 inclusive	0,175	0,175	0,200	0,250

## ANEXO B: RESISTENCIA Y GRADOS DE LOS TORNILLOS

El estándar ISO usa dos números sobre la cabeza del tornillo. El primer número indica la resistencia de tensión; el segundo número significa la resistencia a punto cedente.

Si un tornillo está marcado 8.8, tiene una resistencia de tensión de 800 Mega Pascales (MPa), 80% de su resistencia de tensión. Una marca de 10.9 indica un valor de tensión de 1000 MPa, con una resistencia a punto cedente de 900 MPa, 90% de su resistencia de tensión.



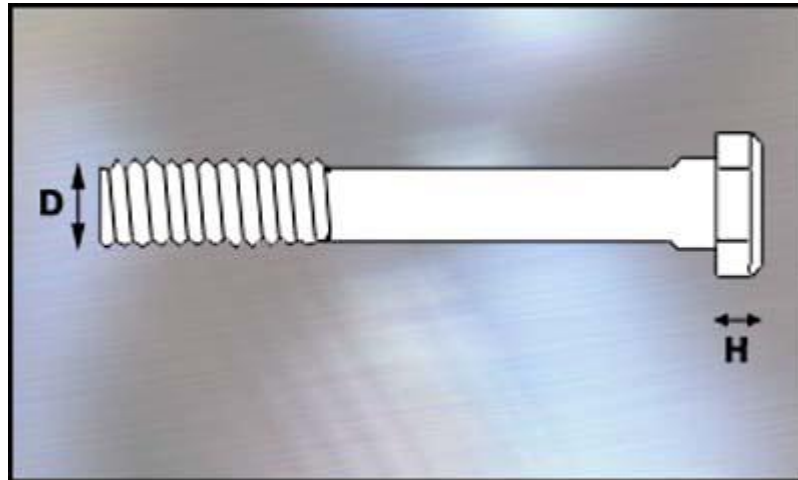
- **4 = 400 MPa**
- **5 = 500 MPa**
- **8 = 800 MPa**
- **10 = 1000 MPa**
- **.5 = 50%**
- **.6 = 60%**
- **.7 = 70%, etc.**

### **Control de seguridad:**

- Nunca use un tornillo que ha sido sobre ajustado. Su resistencia de tensión es muy baja y podría romperse.
- Use la herramienta correcta para ajustar o desajustar tornillos, caso contrario usted podría romperlos.
- Asegurarse que se entiendan y se observen todos los procedimientos de seguridad personal y legislativa cuando se llevan a cabo las siguientes tareas. Si no se conocen cuáles son estos procedimientos o existen dudas, consultar con el supervisor.

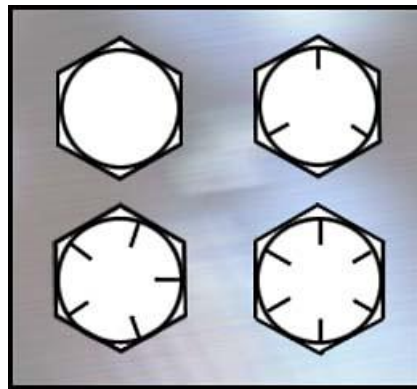
### **Puntos a tener en cuenta:**

- Sujetadores son usados para asegurar componentes o juntar partes de componentes. Hay dos tipos principales de sujetadores: pulgada y métrico. Estos no son compatibles.
- Los tornillos se identifican de cuatro formas:
  - Longitud
  - Diámetro
  - Paso de la rosca
  - Resistencia de tensión
- La longitud de un tornillo es la distancia desde debajo de la cabeza del tornillo hasta el final del filete. Tornillos en pulgadas pueden venir en tamaños tales como 1 1/4", 3 1/2", etc. Los tamaños de los tornillos en métrico podrían ser 25mm, 40mm, etc.



- El diámetro de un tornillo es el espesor del vástago del tornillo. Esto será 1/4" o 1/2", etc. si es un tornillo en pulgada, o 6mm, 8mm, 10mm, etc. si es un tornillo métrico.
- Filetes finos pueden lograr una fuerza de ajustamiento mayor que filetes gruesos.
- Filetes gruesos son usados en materiales blandos porque tienen un agarre mayor en el material.
- Un tornillo UNF podría medir 1/2" x 3" x 20. Esto es, el tornillo es 3" largo, tiene un diámetro del vástago de 1/2" y el área roscada tiene 20 filetes en cada pulgada de rosca. Un tornillo UNC que mide 1/2" x 3" x 13 tendrá las mismas dimensiones pero tiene solo 13 filetes por cada pulgada de rosca.
- La longitud y diámetro del vástago de tornillos métricos se mide en la misma forma que tornillos UNF y UNC pero las mediciones son en milímetros, más que en pulgadas o fracciones de una pulgada. La diferencia está en cómo el paso del filete es medido. Tornillos métricos definen su paso por la distancia entre cada filete. Hay todavía filetes finos y gruesos pero esta vez la dimensión del tornillo podría ser 6mm x 40mm x 1.0 o 1.25 en el caso de un filete fino. Un tornillo fileteado grueso de un tamaño similar tendrá las dimensiones de 6mm x 40mm x 1.75 o 2.0.

- Que tornillo es adecuado para una aplicación se determina por la resistencia de tensión y la resistencia a punto cedente. La resistencia a punto cedente es la máxima tensión que un tornillo puede soportar y todavía volver a su forma original.
- Hay dos estándares de clasificación de tornillos en uso. La Sociedad de Ingenieros del Automotor (SAE) y el Instituto de Estándar Nacional Americano (ANSI) aplican el ANSI estándar. Esta clasificación se aplica a la resistencia del tornillo. La segunda es la Organización de Estándar Internacional (ISO) clasificación para resistencia de tensión y resistencia a punto cedente del tornillo
- Un tornillo clasificado por la ANSI estándar es identificado por el número de líneas colocadas alrededor del cabeza del tornillo. El valor mínimo de resistencia de tensión es definido como 2. Un tornillo de este valor no tiene líneas en su cabeza.



- 0 líneas = Grado 2 resistencia de tensión
- 3 líneas = Grado 5
- 5 líneas = Grado 7
- 6 líneas = Grado 8

Un alto grado-valor = un alto valor de tensión.

## ANEXO C: CONSTANTE PARA BALLESTAS

Nº total de hojas	Hojas de refuerzo	K	K'
1	0	1,00	1,00
2	0	1,12	1,12
2	1	1,00	1,00
3	0	1,20	1,20
3	1	1,06	1,15
4	0	1,25	1,26
4	1	1,12	1,22
5	0	1,29	1,29
5	1	1,17	1,27
6	0	1,31	1,32
6	1	1,20	1,30
7	0	1,34	1,34
7	1	1,24	1,33
8	0	1,35	1,36
8	1	1,26	1,35
8	2	1,19	1,33
9	0	1,37	1,37
9	1	1,28	1,36
9	2	1,21	1,35
10	0	1,38	1,38
10	1	1,30	1,37
10	2	1,23	1,36
11	1	1,31	1,38
11	2	1,25	1,37
12	1	1,32	1,39
12	2	1,27	1,38
13	1	1,33	1,40
13	2	1,28	1,39
14	1	1,34	1,41
14	2	1,29	1,40
15	1	1,35	1,41
15	2	1,30	1,41
16	1	1,36	1,42
16	2	1,31	1,41
17	1	1,37	1,42
17	2	1,32	1,42
18	1	1,37	1,43
18	2	1,33	1,42
19	1	1,38	1,43
19	2	1,33	1,43
20	1	1,38	1,43
20	2	1,34	1,43

**ANEXO D: TRIKE FLASH**



**TRIKE-FLASH**



## **INTRODUCTION AND GENERAL INFORMATION**

Congratulations and welcome to the exciting world of FLY PRODUCTS. We are one of the most experienced and reliable PPG manufactures in the world. Our network of distribution centers worldwide continues to grow due to our commitment to provide state of the art materials matched with exceptional craftsmanship in every unit we produce.

### **Safety first, WWW! (Who, where and when can fly it)**

The **TRIKE-FLASH** with Powered Para Gliding (PPG) is the most exciting, least expensive, safest, and most accessible form of aviation available! However, it is still aviation, and it brings with it all the inherent potential dangers of aviation. People can, and do, get hurt, and even killed, in any form of aviation, including Para Trike. For that reason it is imperative that before fly with this Para Trike you must receive proper training from qualified instructors and obtain a valid PPG license, and then offer Para Trike the respect all aviation deserves, respect weather and conditions, and realize that in the end, it is the pilot himself that is fully responsible for his own safety and the safety of fellow pilots and bystanders.

Depending on every national regulation, the Para Trike may only be operated in authorized areas and flights within controlled airspace usually need a permission given by radio.

Additional requirements like a valid insurance must be fulfilled.

Powered Paragliding is an extremely demanding sport that requires exceptional levels of attention, judgment, maturity, self-discipline, and attention to detail. It is unlikely that you will be able to participate in it safely unless you make a conscious and continual commitment to your own safety. Due to the inherent risks in flying

this or any Para Trike, no warranty of any kind can be made against accidents, bodily injury, equipment failure, and/or death.

**This TRIKE-FLASH is not covered by product liability insurance.** Do not start it or fly it unless you are willing to assume all risks inherent in the sport of Powered Paragliding and all responsibility for any property damage, injury, or death which may result from the use of this product.

### **Notation Used**

Certain special terms (NOTE, CAUTION, WARNING) will be used throughout this manual. Their usage is defined below.

A **NOTE** provides supplemental information to help clarify a point being made in the text. Generally, a **NOTE** is provided to help assembly, use, or maintenance of the product. Disregarding a **NOTE** could cause inconvenience, but would not cause damage or personal injury.

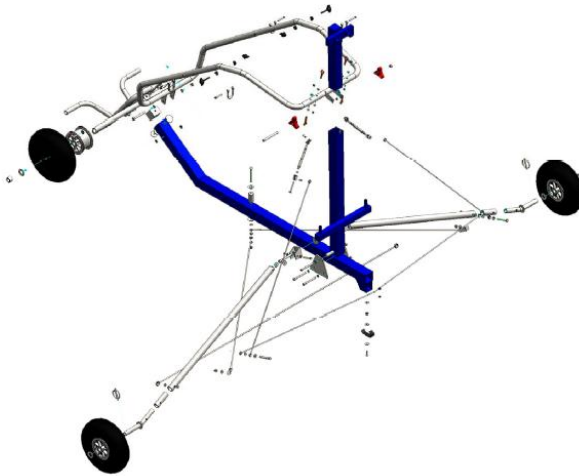
A **CAUTION** provides supplemental information to help clarify an area where equipment damage could occur. Disregarding a **CAUTION** could result in permanent and significant mechanical damage, however personal injury is unlikely.

A **WARNING** provides supplemental information to help clarify an area where personal injury or even death could occur from negligence. Disregarding a **WARNING** could result in serious injury or even death.

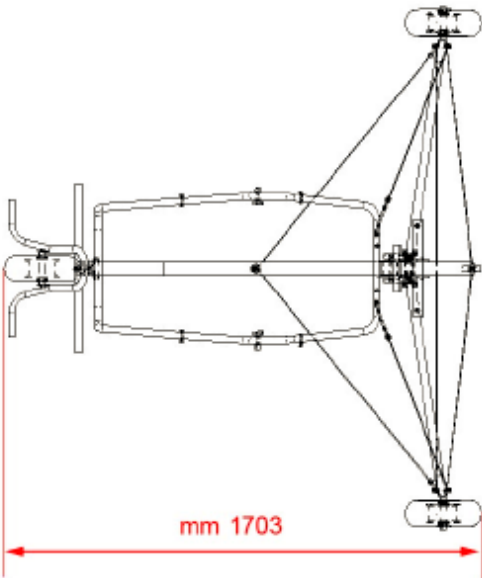
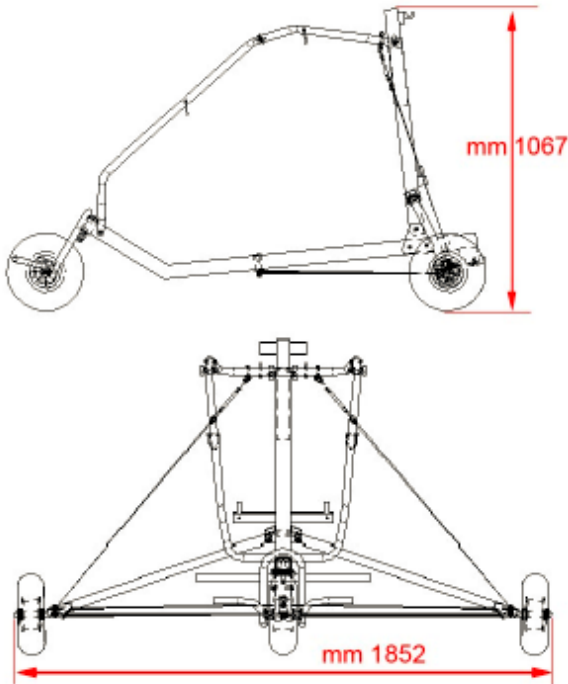
## TRIKE-FLASH features

- Easy assembly and disassembly
- Simply to use
- Very lightness
- Big stoutness
- Extremely reliable

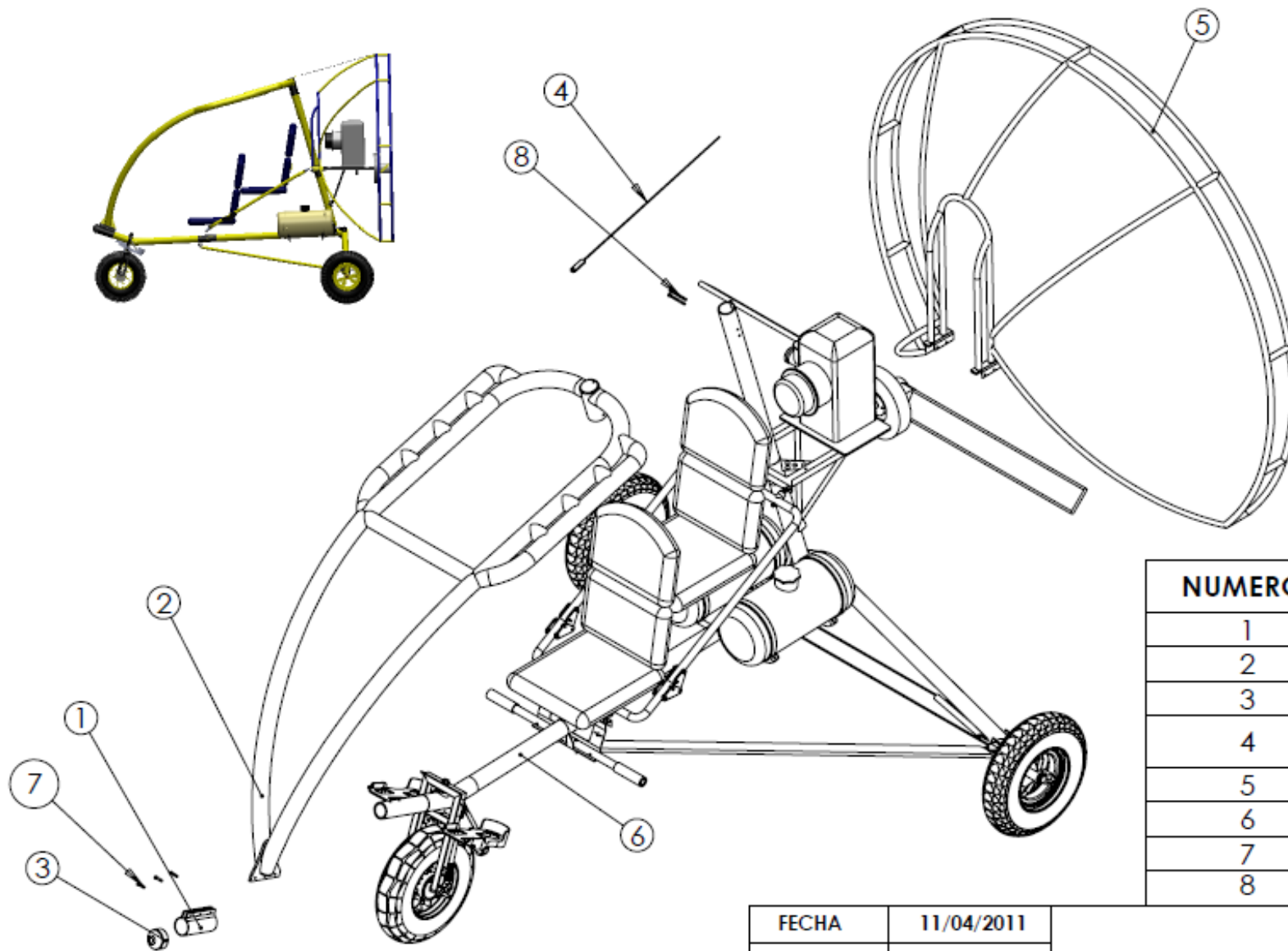
## Diagram of Components



**Overall dimensions**

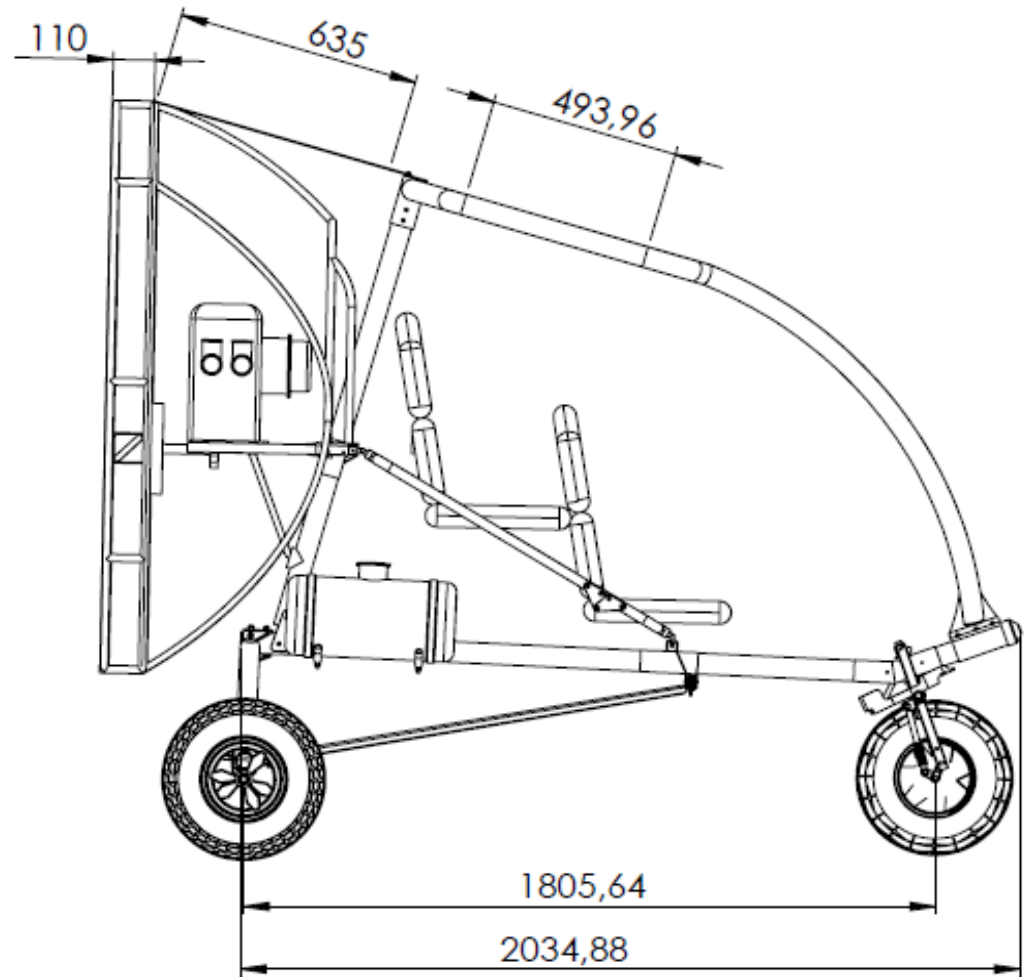
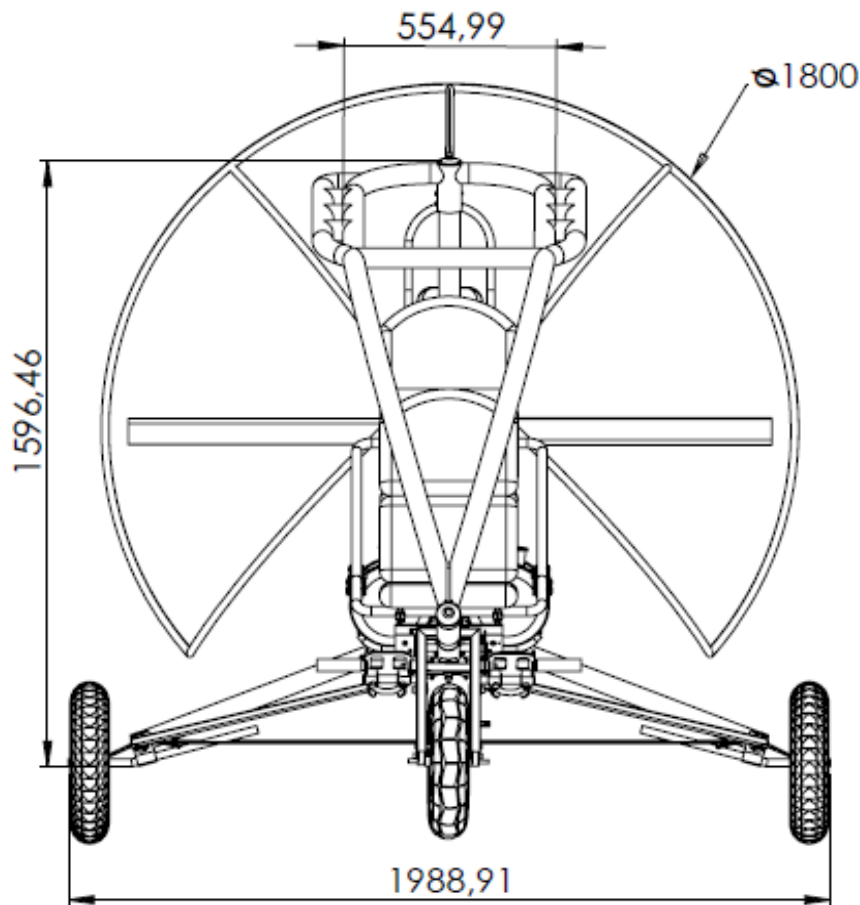


## **ANEXO E: PLANOS**

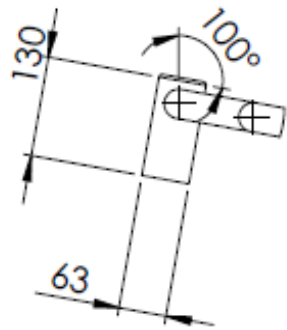


NUMERO	NOMBRE
1	Junta Inferior
2	BASTIDOR
3	TAPON TUBO
4	TENSOR CANASTILLA
5	CANASTILLA
6	TRIKE
7	Tornillo Junta Inferior
8	Tornillo Junta Superior

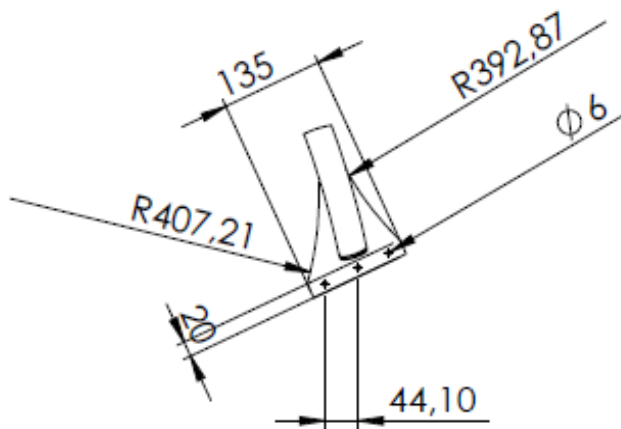
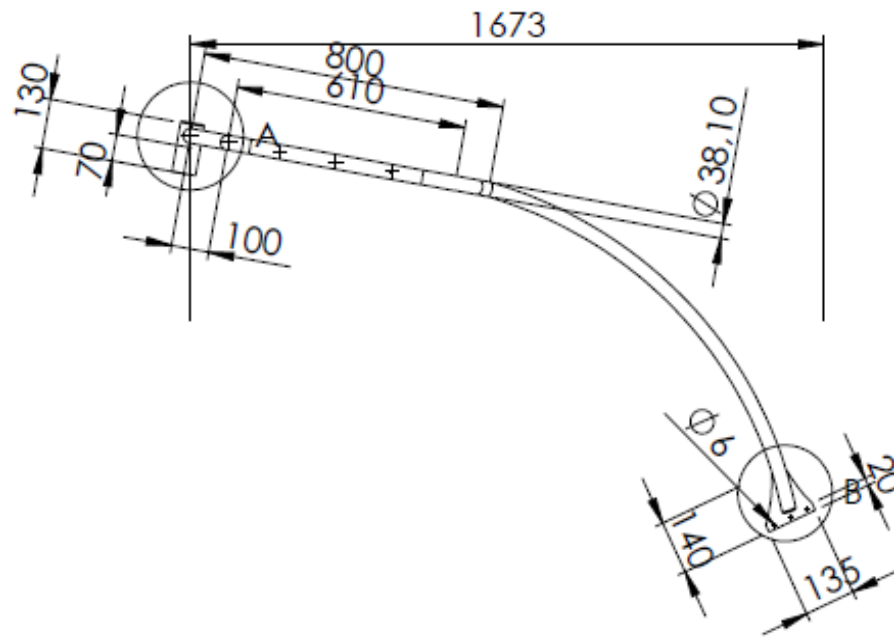
FECHA	11/04/2011	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJO	W. MARTINEZ C. REYES		
REVISÓ	J. MENESES		
NORMA ISO	PROYECTO: TRIKE ULTRALIVIANO BUFUNCIONAL. Rediseño y constuccion.		CONTIENE : EXPLOSION TRIKE
Escala: 1:20	COTAS EN MM YANGULOS EN GRADOS		MATERIAL : COLD ROLLED
			PLANO : 0-00-01-00



FECHA	11/04/2011	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJO	W. MARTINEZ C. REYES		
REVISÓ	J. MENESES		
NORMA ISO	PROYECTO: TRIKE ULTRALIVIANO BUFUNCIONAL. Rediseño y construcción.		CONTIENE: EXPLOSION TRIKE 2
Escala: 1.20	COTAS EN MM Y ANGULOS EN GRADOS		MATERIAL: COLD ROLLED
			PLANO: 0-00-01-00

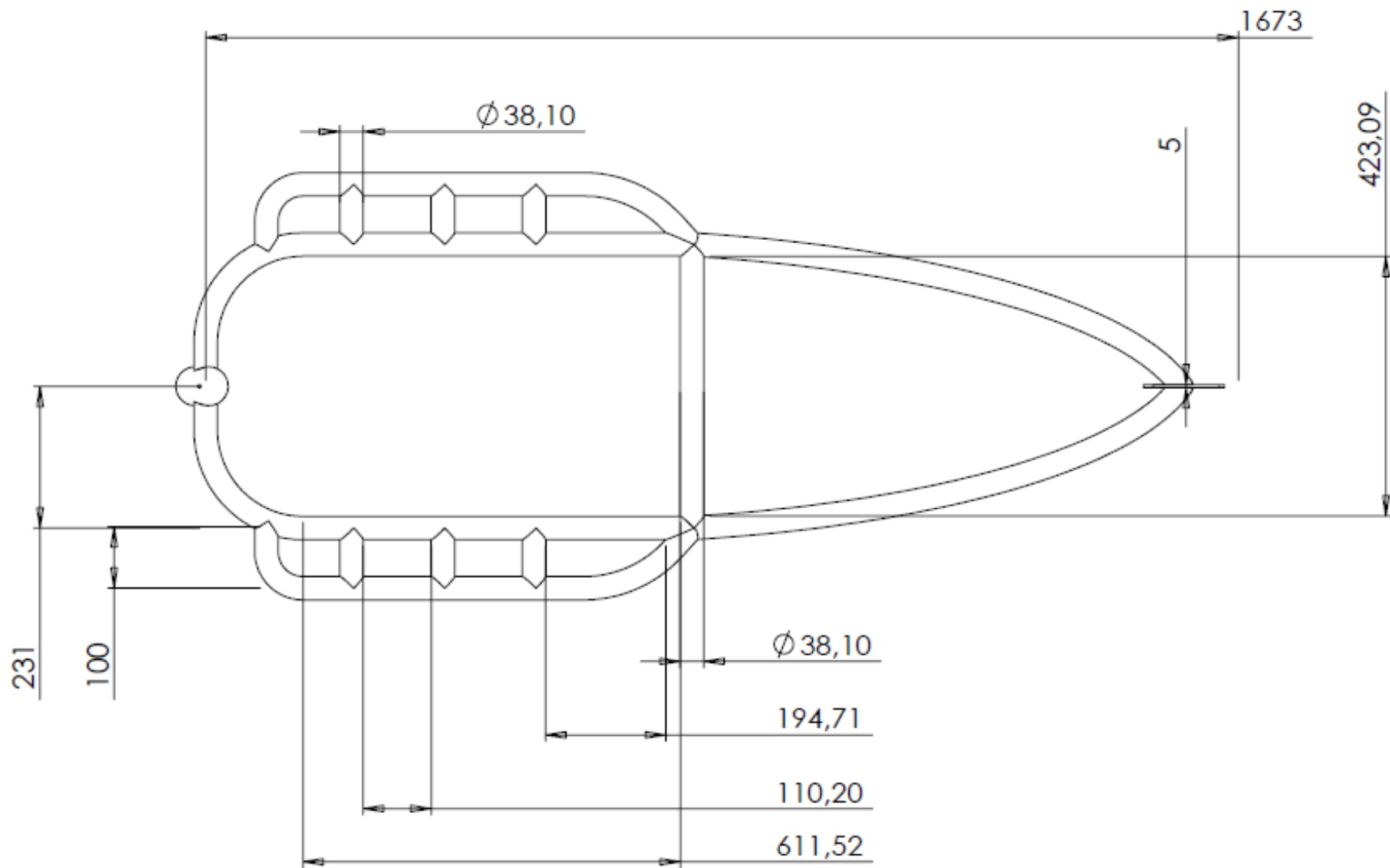


DETALLE A  
ESCALA 1 : 10

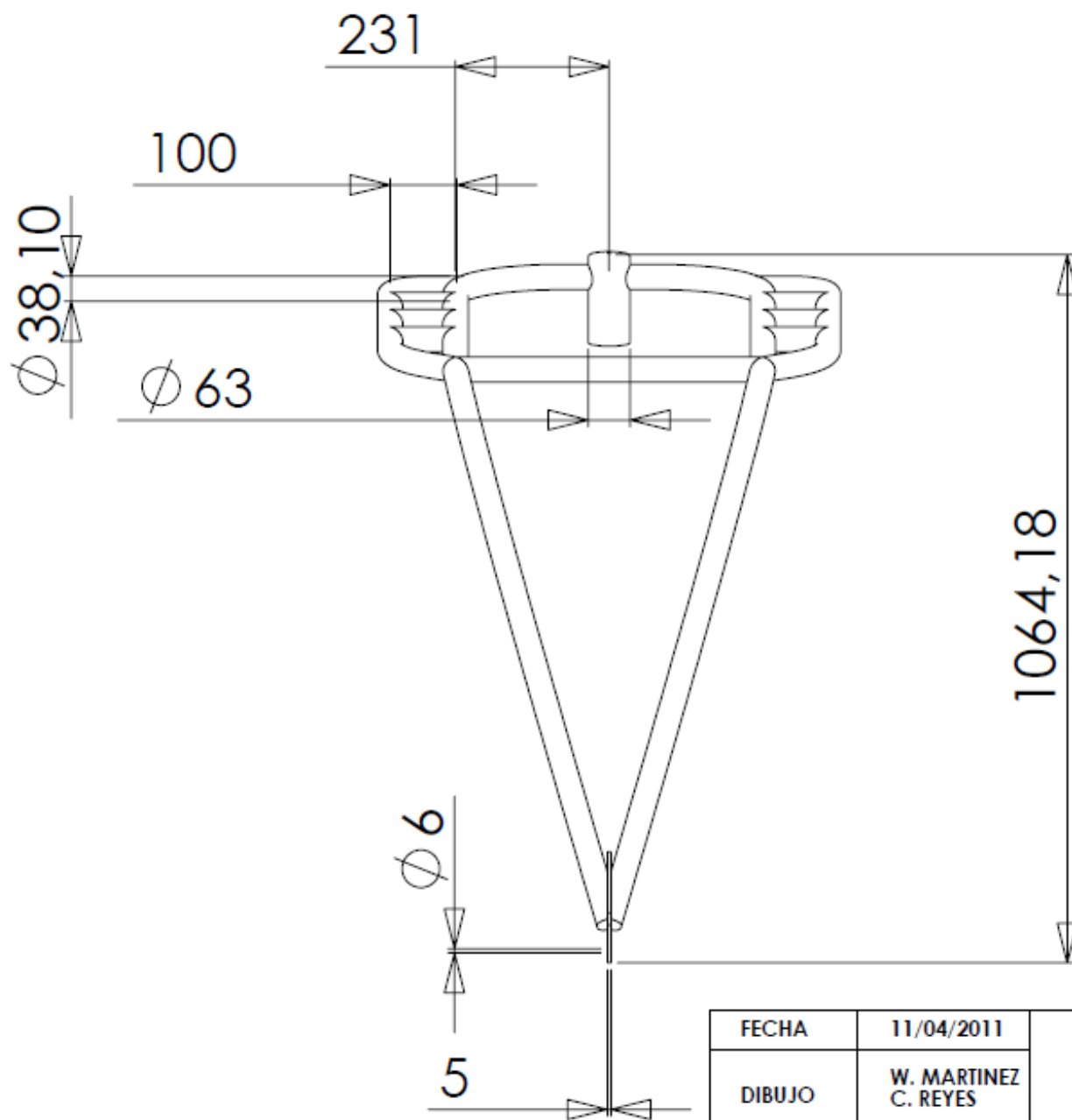


DETALLE B  
ESCALA 1 : 10

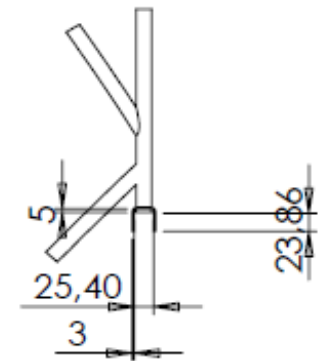
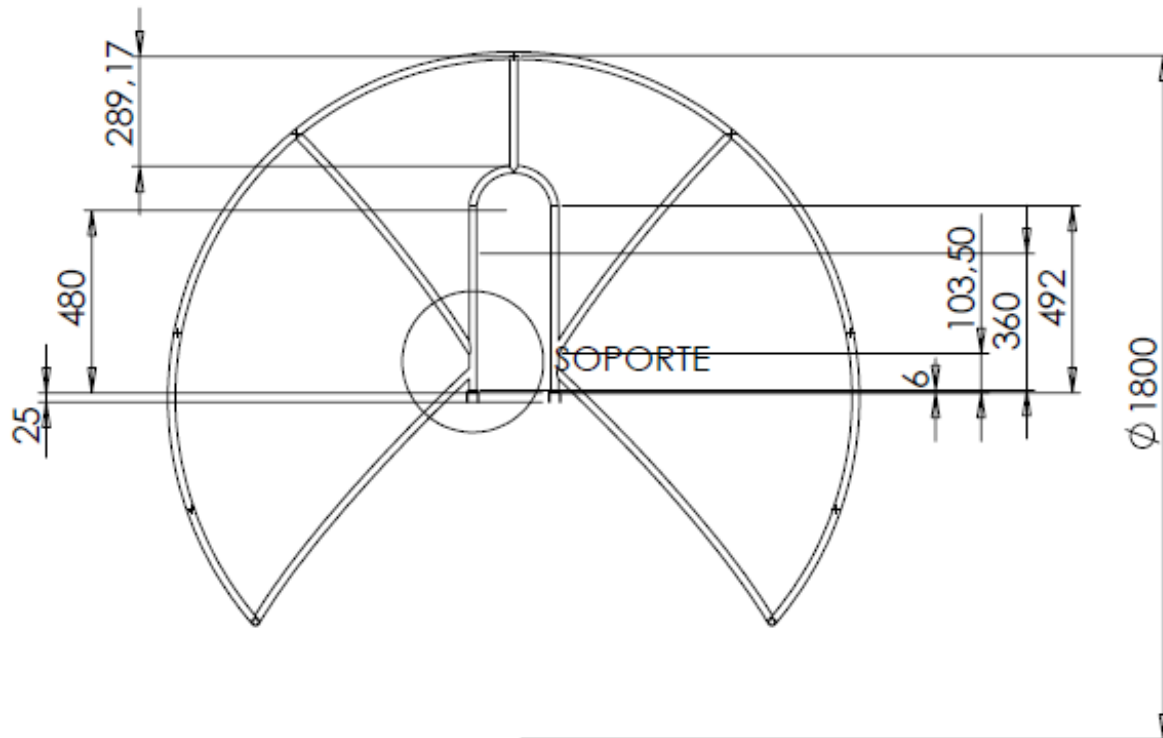
FECHA	11/04/2011	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJO	W. MARTINEZ C. REYES		
REVISÓ	J. MENESES		
NORMA ISO	PROYECTO: TRIKE ULTRALIVIANO BUFUNCIONAL. Rediseño y constuccion.		CONTIENE : BASTIDOR
Escala: 1.20	COTAS EN MM YANGULOS EN GRADOS		MATERIAL : COLD ROLLED
			PLANO : 0-00-01-01



FECHA	11/04/2011	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJO	W. MARTINEZ C. REYES		
REVISÓ	J. MENESES		
NORMA ISO	PROYECTO: TRIKE ULTRALIVIANO BUFUNCIONAL. Rediseño y constuccion.		CONTIENE : BASTIDOR
Escala: 1.10	COTAS EN MM YANGULOS EN GRADOS		MATERIAL : COLD ROLLED
			PLANO : 0-00-01-02



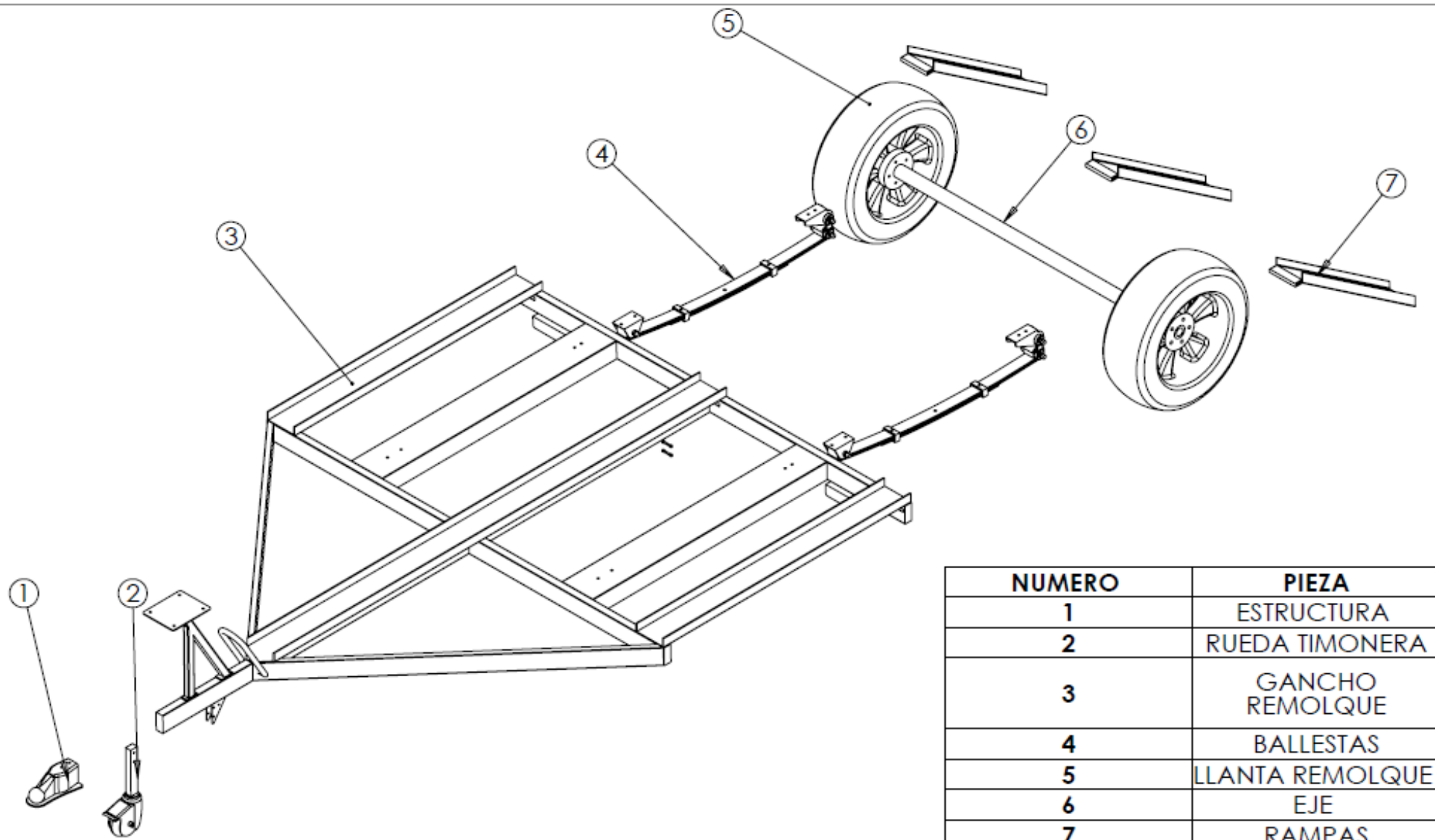
FECHA	11/04/2011	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJO	W. MARTINEZ C. REYES		
REVISÓ	J. MENESES		
NORMA ISO	PROYECTO: TRIKE ULTRALIVIANO BUFUNCIONAL. Rediseño y constuccion.		CONTIENE : BASTIDOR
Escala: 1.20	COTAS EN MM YANGULOS EN GRADOS		MATERIAL : COLD ROLLED
			PLANO : 0-00-01-03



DETALLE SOPORTE  
ESCALA 1 : 10

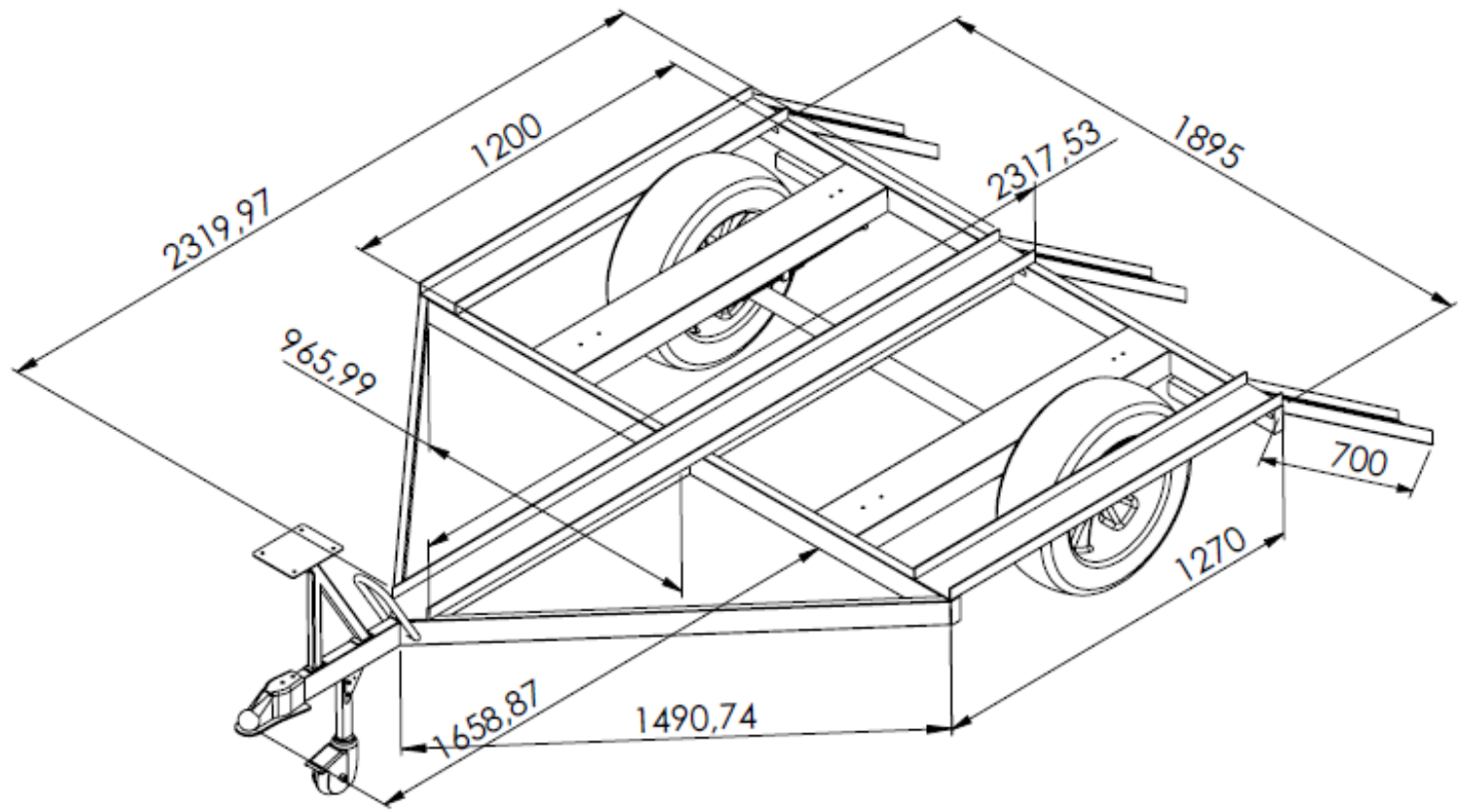
FECHA	11/04/2011	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJO	W. MARTINEZ C. REYES		
REVISÓ	J. MENESES		
NORMA ISO	PROYECTO: TRIKE ULTRALIVIANO BUFUNCIONAL. Rediseño y constuccion.		CONTIENE : BASTIDOR
Escala: 1.20	COTAS EN MM YANGULOS EN GRADOS		MATERIAL : CANASTILLA
			PLANO : 0-00-02-00



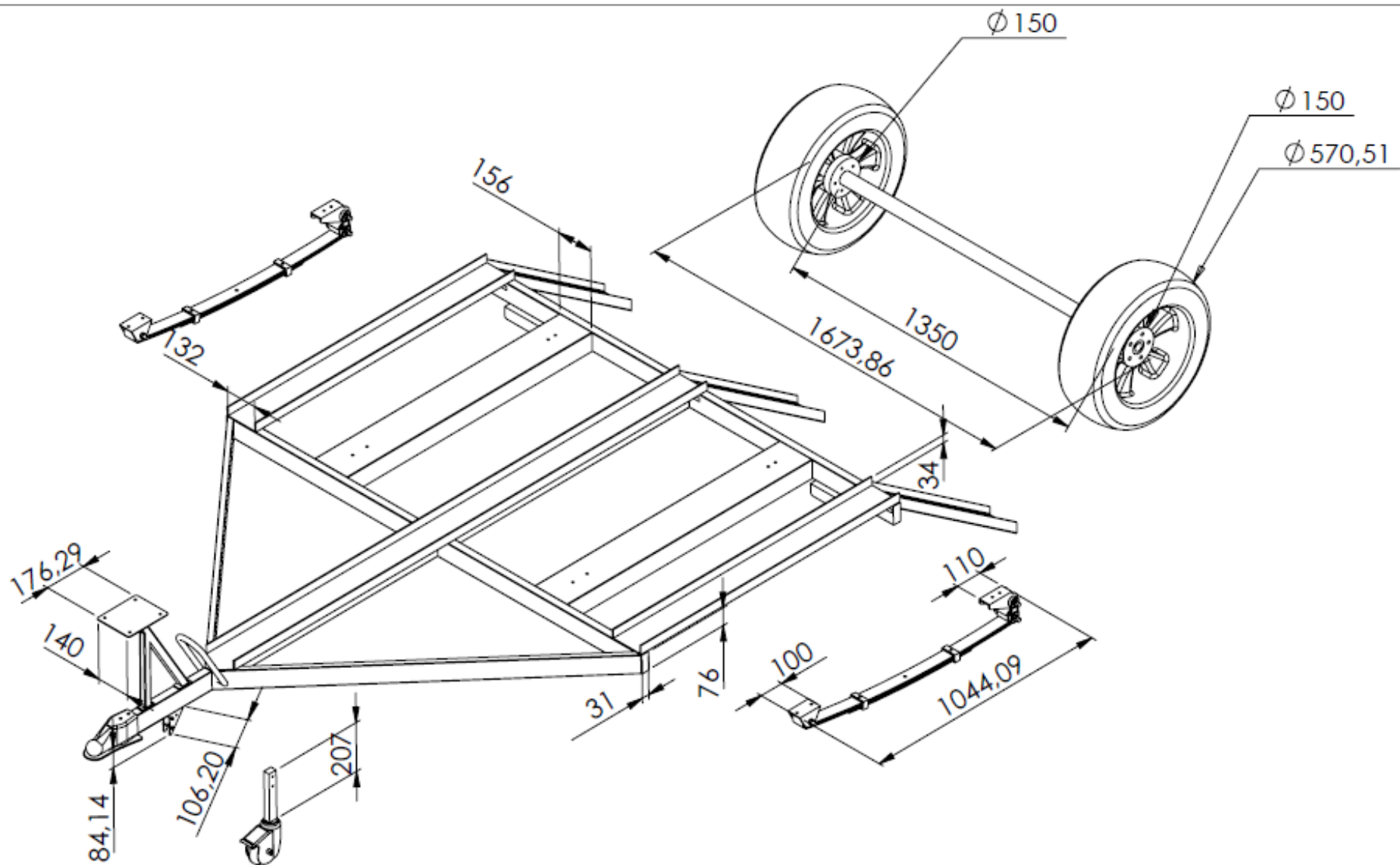


NUMERO	PIEZA
1	ESTRUCTURA
2	RUEDA TIMONERA
3	GANCHO REMOLQUE
4	BALLESTAS
5	LLANTA REMOLQUE
6	EJE
7	RAMPAS

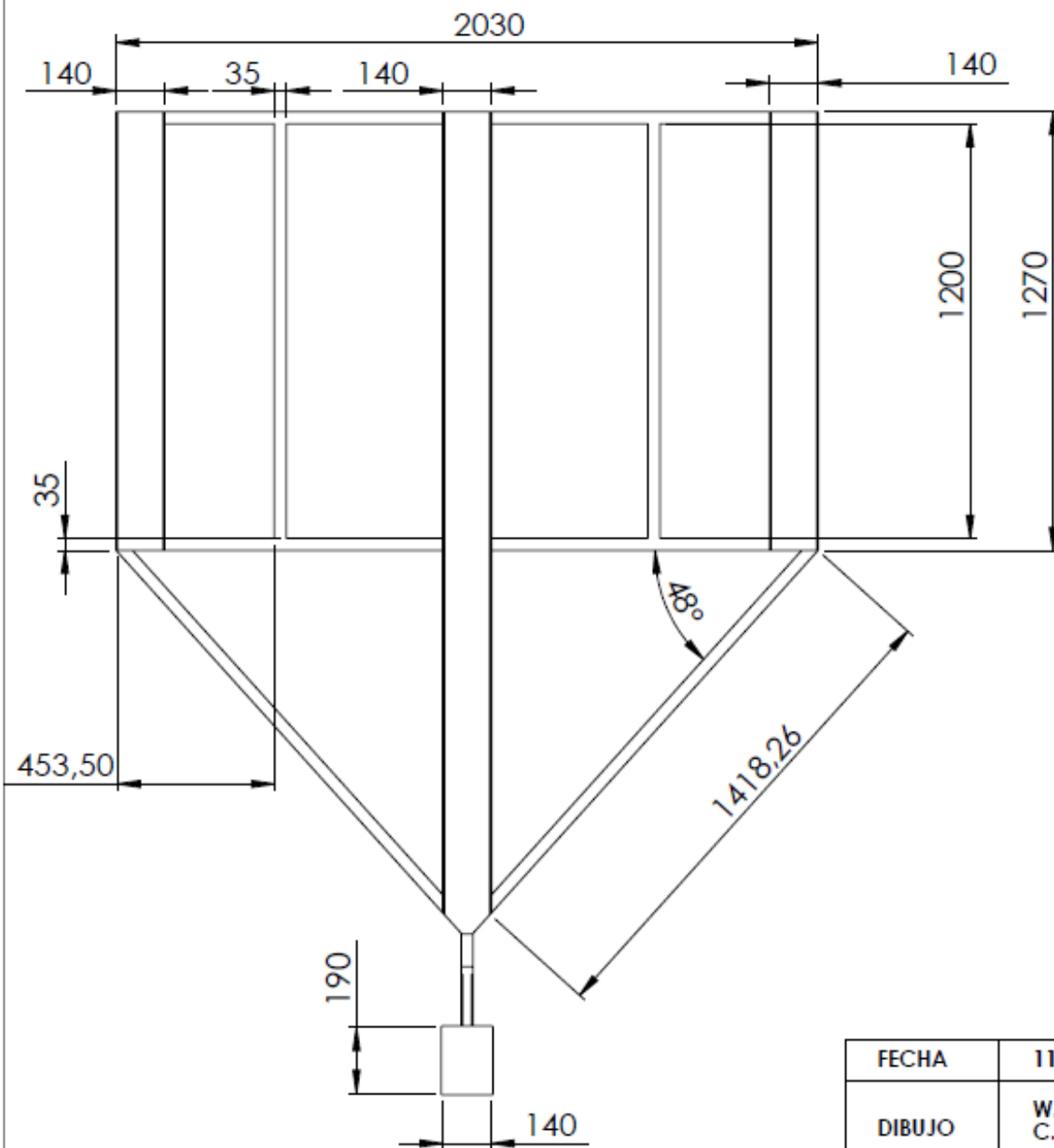
FECHA	11/04/2011	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJO	W. MARTINEZ C. REYES		
REVISÓ	J. MENESES		
NORMA ISO	PROYECTO: TRIKE ULTRALIVIANO BUFUNCIONAL. Rediseño y constuccion.		CONTIENE : Explosion Remolque
Escala: 1.20			MATERIAL : COLD ROLLED
COTAS EN MM YANGULOS EN GRADOS			PLANO : 0-00-01-00



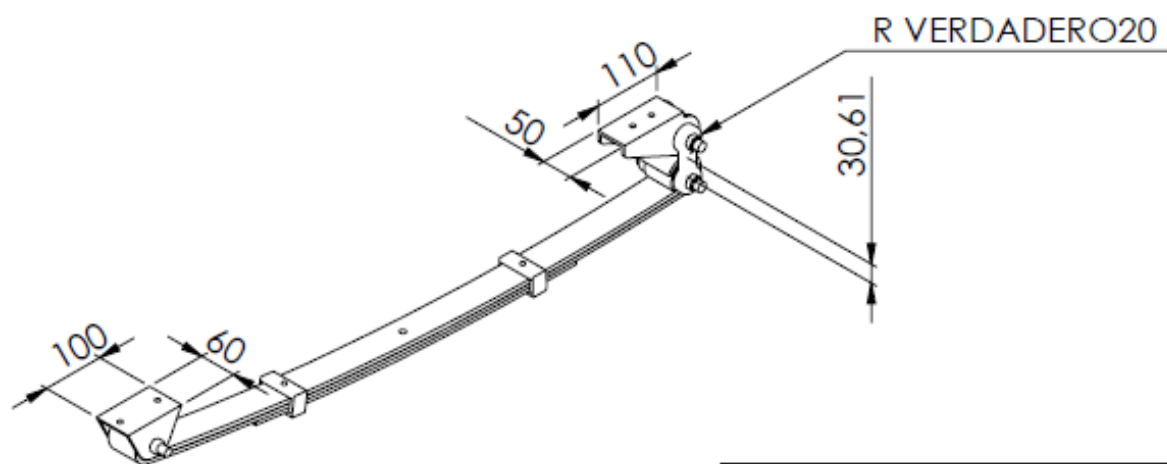
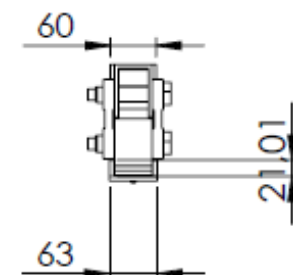
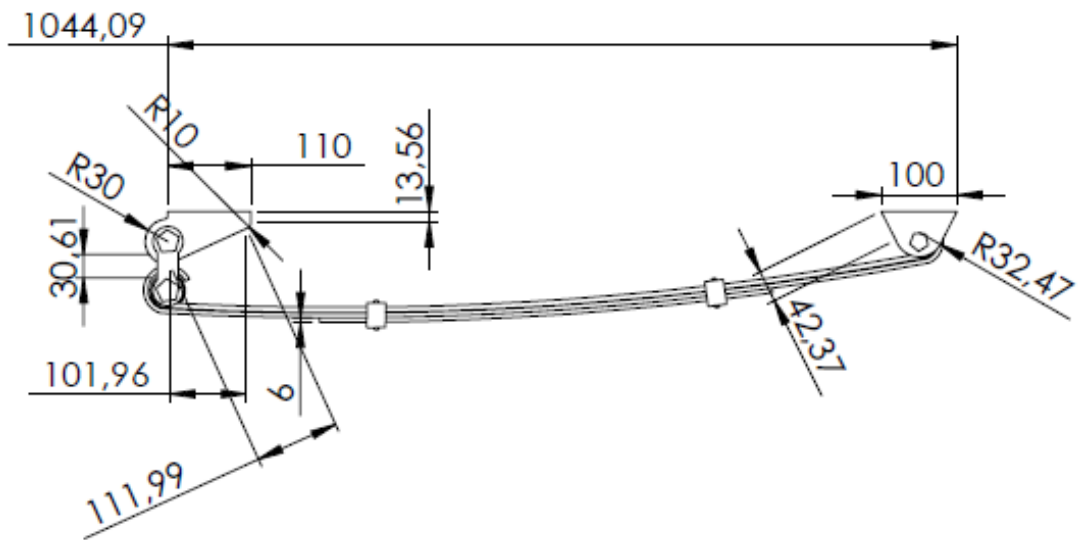
FECHA	11/04/2011	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJO	W. MARTINEZ C. REYES		
REVISÓ	J. MENESES		
NORMA ISO	PROYECTO: TRIKE ULTRALIVIANO BUFUNCIONAL. Rediseño y constuccion.		CONTIENE : REMOLQUE
Escala: 1.20	COTAS EN MM YANGULOS EN GRADOS		MATERIAL : ACERO-A36
			PLANO : 0-00-03-00



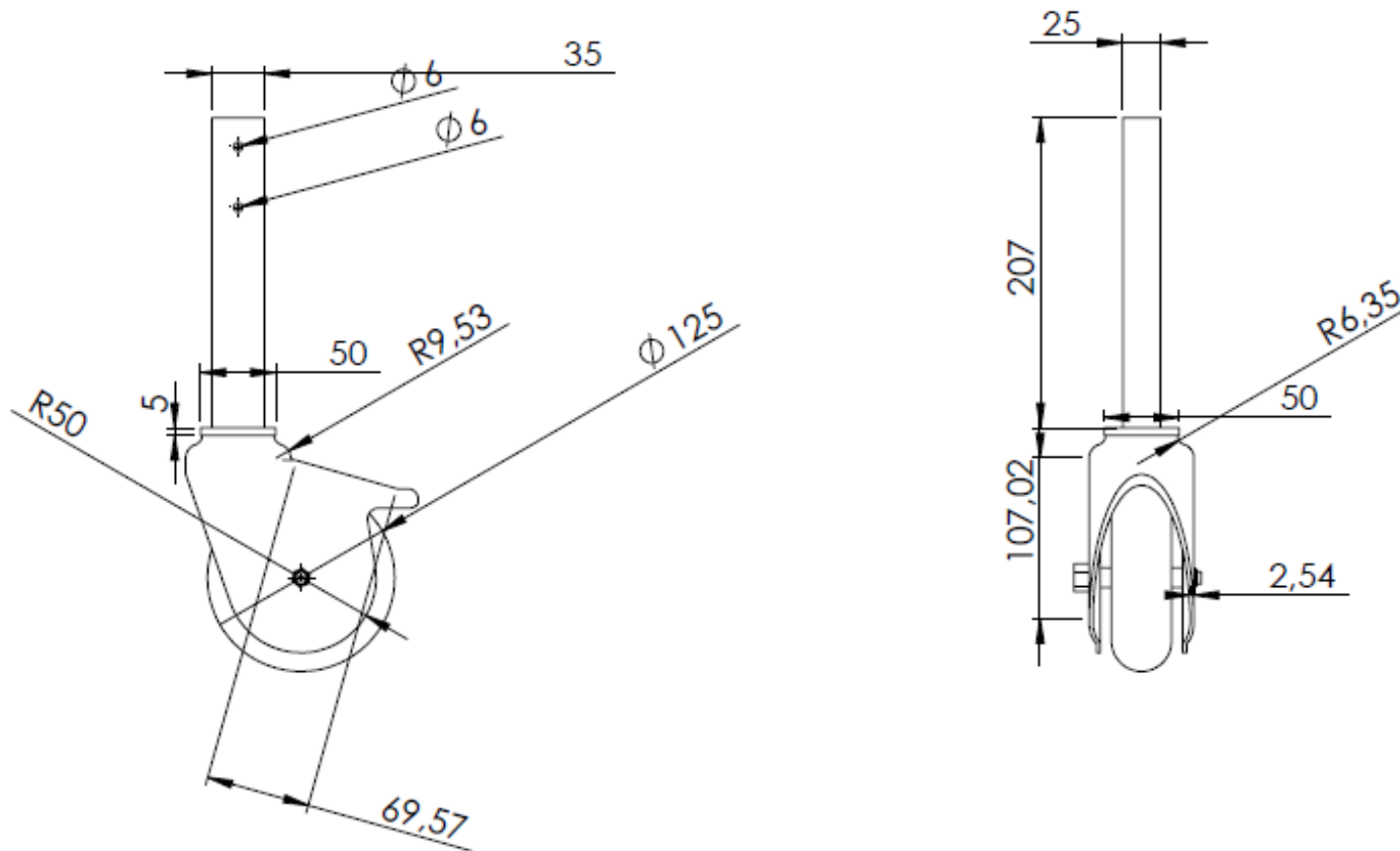
FECHA	11/04/2011	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJO	W. MARTINEZ C. REYES		
REVISÓ	J. MENESES		
NORMA ISO	PROYECTO: TRIKE ULTRALIVIANO BUFUNCIONAL. Rediseño y constuccion.		CONTIENE : REMOLQUE
Escala: 1:20	COTAS EN MM YANGULOS EN GRADOS		MATERIAL : ACERO-A36
			PLANO : 0-00-03-01



FECHA	11/04/2011	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJO	W. MARTINEZ C. REYES		
REVISÓ	J. MENESES		
NORMA ISO	PROYECTO: TRIKE ULTRALIVIANO BUFUNCIONAL. Rediseño y constuccion.		CONTIENE : REMOLQUE
Escala: 1:20	COTAS EN MM YANGULOS EN GRADOS		MATERIAL : COLD ROLLED
			PLANO : 0-00-03-02



FECHA	11/04/2011	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJO	W. MARTINEZ C. REYES		
REVISÓ	J. MENESES		
NORMA ISO	PROYECTO: TRIKE ULTRALIVIANO BUFUNCIONAL. Rediseño y constuccion.		CONTIENE : MUELLES
Escala: 1.20	COTAS EN MM YANGULOS EN GRADOS		MATERIAL : COLD ROLLED
			PLANO : 0-00-03-03



FECHA	11/04/2011	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJO	W. MARTINEZ C. REYES		
REVISÓ	J. MENESES		
NORMA ISO	PROYECTO: TRIKE ULTRALIVIANO BUFUNCIONAL. Rediseño y constuccion.		CONTIENE : LLANTA TIMONERA
Escala: 1.20	COTAS EN MM YANGULOS EN GRADOS		MATERIAL : COLD ROLLED
			PLANO : 0-00-03-04