



**Construcción de un bastidor y basculante para el prototipo de moto3 para la Carrera de Tecnología**

**Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**

Lidioma Suntasig, Danilo Steven

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

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

Ing. Jácome Guevara, Fausto Andrés

Latacunga, 09 de Septiembre del 2021



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **Construcción de un bastidor y basculante para el prototipo de moto 3 para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**, fue realizado por el los señor **Lidioma Suntasig, Danilo Steven** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 09 de Septiembre del 2021

Firma:

Ing. Jácome Guevara, Fausto Andrés, Mtr.

C.C.: 171757960-9

## Reporte Urkund

URKUND

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** LIDIOMA\_SUNTASIG\_DANILO\_STEVEN\_MIC\_PROFESIONALIZANTE\_NRC  
(D112032835)  
**Submitted:** 9/3/2021 4:17:00 PM  
**Submitted By:** jc.altamiranoc@uta.edu.ec  
**Significance:** 8 %

## Sources included in the report:

Report.pdf (D75805359)  
TFG - Xavier Boabén.pdf (D108057313)  
<http://spanish.hydrauliccylindersteeltube.com/sale-11938985-cold-drawn-carbon-steel-bar-astm-1030-g10300-jis-s30c-standard.html>  
[https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12855/PFC\\_Patxi%20Vergara.pdf?sequence=1](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12855/PFC_Patxi%20Vergara.pdf?sequence=1)  
<https://docplayer.es/53740026-Diseno-y-calculo-del-chasis-de-una-motocicleta-de-carretera.html>  
[https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24364/TFG\\_Yago\\_Nunez\\_Gamonedada.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24364/TFG_Yago_Nunez_Gamonedada.pdf)  
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9266/1/T-ESPEL-MAI-0494.pdf>  
<https://docplayer.es/30619180-Diseno-de-una-motocicleta-para-la-marca-suzuki-pag-1.html>  
[https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/17154/PFC\\_raul\\_DORADO\\_garcia13.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/17154/PFC_raul_DORADO_garcia13.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
[https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16621/PFC\\_AARON\\_COLLANTES\\_GIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16621/PFC_AARON_COLLANTES_GIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/107429/cristian.rosina\\_114287.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/107429/cristian.rosina_114287.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
<https://docplayer.es/58912542-Escuela-tecnica-superior-de-ingenieros-industriales-y-de-telecomunicacion.html>

Firma:



Ing. Jácome Guevara, Fausto Andrés, Mtr.

C.C.: 171757960-9

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Lidioma Suntasig, Danilo Steven**, con cédula de ciudadanía n°172167589-8, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Construcción de un bastidor y basculante para el prototipo de moto 3 para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 09 de Septiembre del 2021

Firma:

**Lidioma Suntasig, Danilo Steven**

C.C.: 172167589-8



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

#### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Lidioma Suntasig Danilo Steven**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Construcción de un bastidor y basculante para el prototipo de moto 3 para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 09 de Septiembre del 2021

Firma:

Lidioma Suntasig, Danilo Steven

C.C.: 172167589-8

### **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mis padres, quienes después de tantas adversidades supieron comprenderme y brindarme su apoyo moral y económico, han sido ejemplos de superación y sacrificio, a mi hermano por siempre alentarme a ser mejor cada día para ser un ejemplo a seguir para él, a Dios por llenarme de bendiciones todos los días a lo largo de toda la carrera universitaria, también agradecer a todos los familiares, amigos, profesores que en algún momento de mi vida me han brindado su apoyo y me han motivado a ser mejor cada día.

Gracias por todo los quiero.

Danilo Lidioma

### **Agradecimiento**

Es reconfortante agradecer a nuestra prestigiosa Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" sede Latacunga y en especial a la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz, por el permitir iniciar nuestra carrera estudiantil, a lo largo de los periodos de clase hemos compartido momentos de felicidad, tristeza y aprendizaje. Agradecer a todos nuestros docentes por a ver puesto de su parte para que nosotros obtengamos los conocimientos necesarios e incentivarnos a ser mejores profesionales.

También agradecer al director de Tesis Ing. Fausto Jácome el cual nos ha tenido paciencia durante el desarrollo del proyecto, nos ha brindado su apoyo moral y siempre ha estado dispuesto a ayudarnos guiándonos de manera estricta para poder culminar este anhelado proyecto de tesis.

El principal agradecimiento es a mi familia, a mis padres, mi hermano, el cual he recibido palabras de apoyo, consejos y su apoyo incondicional en los peores momentos.

Autor.

**Tabla de Contenidos**

<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>2</b>
<b>Reporte Urkund .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla de Contenidos .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>12</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>16</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>17</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>18</b>
<b>Planteamiento del Problema.....</b>	<b>19</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>19</b>
<b>Planteamiento del Problema.....</b>	<b>21</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>22</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>23</b>
<b><i>Objetivo General.....</i></b>	<b>23</b>
<b><i>Objetivos Específicos.....</i></b>	<b>23</b>
<b>Alcance.....</b>	<b>24</b>
<b>Marco Teórico .....</b>	<b>25</b>



La Motocicleta .....	25
Bastidor.....	25
<i>Evolución del Bastidor</i> .....	25
<i>Tipos de bastidores</i> .....	36
Según su Integridad Estructural .....	36
Según el tipo de estructura .....	38
Chasis de simple cuna. ....	38
Chasis de doble cuna.....	39
Chasis tubulares .....	39
Chasis de espina central.....	40
Chasis de doble viga.....	41
Chasis monocasco.....	43
Elección del Tipo de Bastidor.....	44
Estudio del Tipo de Chasis para su elección.....	44
<i>Análisis de las necesidades del chasis que se va a escoger</i> .....	46
Rigidez .....	47
Peso .....	47
Espacio.....	47
Material .....	48
Fabricación.....	48
Basculante.....	48
<i>Evolución histórica del basculante</i> .....	48
<i>Tipos de basculantes</i> .....	50
Selección de basculantes.....	54

<i>Análisis de las necesidades del basculante</i> .....	54
Rigidez .....	54
Cargas .....	55
Peso .....	55
Normativa .....	55
<i>Criterios de seguridad y construcción</i> .....	55
Distancia entre ejes .....	58
Peso del Prototipo .....	58
Materiales .....	59
<i>Magnesio</i> .....	59
<i>Acero</i> .....	59
Acero de bajo carbono .....	60
Acero de medio carbono .....	60
Acero de alto carbono.....	60
Aceros aleados .....	61
<i>Aluminio</i> .....	61
Serie 1000 .....	61
Serie 2000 .....	62
Serie 4000 .....	62
Serie 6000 .....	62
Serie 7000 .....	63
<i>Fibra de carbono</i> .....	63
Tipos de Fibra de Carbono.....	63
<i>Ultra alto modulo</i> .....	63

<i>Alto módulo</i> .....	63
<i>Alta Fuerza</i> .....	64
<i>Modulo Intermedio</i> .....	64
<b>Proceso</b> .....	65
<b>Diseño del Bastidor</b> .....	65
<i>Selección del Material para la Construcción del Bastidor</i> .....	67
<i>Selección del Tipo de Basculante</i> .....	68
<b>Diseño del chasis</b> .....	70
<i>Análisis estático de la configuración del chasis propuesto</i> .....	71
<i>Análisis de resultados</i> .....	73
<b>Construcción del chasis</b> .....	76
<b>Basculante</b> .....	84
<i>Simulación del basculante por método de elementos finitos</i> .....	85
<i>Análisis de resultados del basculante</i> .....	86
<b>Construcción del basculante</b> .....	88
<b>SubChasis</b> .....	89
<b>Proceso de Pintura del Bastidor y Basculante</b> .....	92
<b>Presupuesto</b> .....	96
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	98
<b>Conclusiones</b> .....	98
<b>Recomendaciones</b> .....	99
<b>Bibliografía</b> .....	100
<b>Anexos</b> .....	101

**Índice de Figuras**

<b>Figura 1</b> <i>Motocicleta fabricada pro NSU</i> .....	26
<b>Figura 2</b> Chasis Werner.....	27
<b>Figura 3</b> <i>Chasis Scott</i> .....	27
<b>Figura 4</b> <i>Chasis Mars</i> .....	28
<b>Figura 5</b> <i>Chasis BMW</i> .....	29
<b>Figura 6</b> <i>Chasis Zundapp</i> .....	30
<b>Figura 7</b> <i>Chasis H.R.D</i> .....	31
<b>Figura 8</b> <i>Chasis Norton</i> .....	32
<b>Figura 9</b> <i>Chasis Honda</i> .....	32
<b>Figura 10</b> <i>Chasis Ossa</i> .....	33
<b>Figura 11</b> <i>Chasis Norton Challenge</i> .....	34
<b>Figura 12</b> <i>Chasis Cobas</i> .....	35
<b>Figura 13</b> <i>Chasis Yamaha GTS</i> .....	35
<b>Figura 14</b> <i>Chasis Portante</i> .....	37
<b>Figura 15</b> <i>Chasis autoportante</i> .....	37
<b>Figura 16</b> <i>Chasis simple cuna</i> .....	38
<b>Figura 17</b> <i>Chasis doble cuna</i> .....	39
<b>Figura 18</b> <i>Chasis multitubular</i> .....	40

<b>Figura 19</b> <i>Chasis espina central</i> .....	41
<b>Figura 20</b> <i>Chasis doble viga</i> .....	42
<b>Figura 21</b> <i>Chasis monocasco</i> .....	43
<b>Figura 22</b> <i>Chasis monocasco</i> .....	44
<b>Figura 23</b> <i>Basculante de dos brazos</i> .....	51
<b>Figura 24</b> <i>Triangulación del basculante</i> .....	52
<b>Figura 25</b> <i>Tipos de basculantes</i> .....	53
<b>Figura 26</b> <i>Dimensiones vista frontal de la motocicleta</i> .....	56
<b>Figura 27</b> <i>Dimensiones vista superior de la motocicleta</i> .....	57
<b>Figura 28</b> <i>Dimensiones vista lateral de la motocicleta</i> .....	58
<b>Figura 29</b> <i>Modelo de Chasis propuesto</i> .....	71
<b>Figura 30</b> <i>Aplicación de cargas y apoyos fijos en el chasis</i> .....	72
<b>Figura 31</b> <i>Mallado de la estructura del chasis</i> .....	73
<b>Figura 32</b> <i>Análisis torsional del chasis propuesto</i> .....	74
<b>Figura 33</b> <i>Esfuerzo axial del chasis propuesto</i> .....	75
<b>Figura 34</b> <i>Desplazamientos de la estructura del chasis</i> .....	75
<b>Figura 35</b> <i>Perfil del tubo para formar el chasis</i> .....	76
<b>Figura 36</b> <i>Posición del tubo en la matriz para doblar</i> .....	77
<b>Figura 37</b> <i>Herramienta para doblar el tubo</i> .....	77

<b>Figura 38</b> <i>Máquina de soldar MAG</i> .....	78
<b>Figura 39</b> <i>Proceso de soldadura</i> .....	79
<b>Figura 40</b> <i>Tubos para formar el chasis en la parte superior</i> .....	80
<b>Figura 41</b> <i>Inicio del ensamble del chasis</i> .....	80
<b>Figura 42</b> <i>Ubicación del eje de dirección</i> .....	81
<b>Figura 43</b> <i>Colocación de un jip de soldadura para comprobar que sean paralelos</i> .....	82
<b>Figura 44</b> <i>Preparación de tubos para el tejido de la estructura</i> .....	82
<b>Figura 45</b> <i>Soldadura de elementos del tejido de la estructura</i> .....	83
<b>Figura 46</b> <i>Soldado de placas de refuerzo en el chasis</i> .....	84
<b>Figura 47</b> <i>Basculante modelado en 3D</i> .....	84
<b>Figura 48</b> <i>Aplicación de la carga</i> .....	85
<b>Figura 49</b> <i>Mallado del basculante</i> .....	86
<b>Figura 50</b> <i>Análisis del esfuerzo de Von Misses</i> .....	86
<b>Figura 51</b> <i>Análisis de desplazamiento del basculante</i> .....	87
<b>Figura 52</b> <i>Colocación de bocines en el bastidor</i> .....	88
<b>Figura 53</b> <i>Basculante terminado</i> .....	89
<b>Figura 54</b> <i>Tubos del Subchasis</i> .....	90
<b>Figura 55</b> <i>Soldadura de estructuras</i> .....	90
<b>Figura 56</b> <i>Placa de refuerzo para el Subchasis Placas de refuerzo para el subchasis</i> .....	91

<b>Figura 57</b> <i>Platinas de anclaje del subchasis</i> .....	91
<b>Figura 58</b> <i>Verificación y comprobación de linealidad del subchasis y bastidor</i> .....	92
<b>Figura 59</b> <i>Preparación de pintura para el fondeo del basculante y bastidor</i> .....	93
<b>Figura 60</b> <i>Fondeo del basculante y bastidor</i> .....	93
<b>Figura 61</b> <i>Preparación de Pintura Plateada</i> .....	94
<b>Figura 62</b> <i>Colocación de Catalizador Automotriz</i> .....	94
<b>Figura 63</b> <i>Proceso Finalizado de pintura del Bastidor</i> .....	95
<b>Figura 64</b> <i>Proceso Finalizado de pintura del Basculante</i> .....	95
<b>Figura 65</b> <i>Armado de Motocicleta</i> .....	96

**Índice de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Tipos de bastidores</i> .....	36
<b>Tabla 2</b> <i>Bastidores según su estructura</i> .....	38
<b>Tabla 3</b> <i>Tipos de chasis</i> .....	45
<b>Tabla 4</b> <i>Niveles de Importancia y Cumplimiento</i> .....	65
<b>Tabla 5</b> <i>Importancia por Cumplimiento</i> .....	66
<b>Tabla 6</b> <i>Niveles de Importancia y Cumplimiento</i> .....	67
<b>Tabla 7</b> <i>Importancia x Cumplimiento</i> .....	68
<b>Tabla 8</b> <i>Tabla de Valores</i> .....	69
<b>Tabla 9</b> <i>Importancia x Cumplimiento</i> .....	69
<b>Tabla 10</b> <i>Importancia x Cumplimiento</i> .....	70
<b>Tabla 11</b> <i>Presupuesto de materiales</i> .....	97



## Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo realizar el proceso de construcción de un bastidor y basculante para el prototipo de una moto de competición tipo moto3. Para el inicio de este proyecto se realiza el diseño del bastidor y basculante en un programa de diseño CAD, con el fin de obtener el diseño en 3D para la obtención de una vista más realista al diseño que se quiere fabricar. El análisis realizado en el programa de diseño CAD nos permite observar las fuerzas máximas a las que puede ser sometido el chasis durante su funcionamiento. Para la fabricación del bastidor se procede a realizar los dobleces correspondientes a los tubos el cual van a ser colocados en el soporte de la horquilla tanto superiores como inferiores, para tener listo los tubos superiores e inferiores que conforma el bastidor se procede a realizar los cortes correspondientes para dar forma al diseño antes establecido. La triangulación del bastidor tiene como objetivo ayudar a la distribución de las cargas que vas hacer aplicadas al bastidor durante su funcionamiento. Para el basculante se procede a cortar el tubo rectangular, primero se arman los dos brazos, se unen los tubos mediante soldadura continua y se verifica que no exista porosidad en los cordones de soldadura.

Palabras clave:

- **MOTO3**
- **BASTIDOR**
- **BASCULANTE**

**Abstract**

The objective of this project is to carry out the construction process of a frame and swingarm for the prototype of a moto3 type competition motorcycle. For the beginning of this project the design of the frame and swingarm is made in a CAD design program, in order to obtain the 3D design to obtain a more realistic view of the design to be manufactured. The analysis performed in the CAD design program allows us to observe the maximum forces to which the chassis can be subjected during operation. For the manufacture of the frame we proceed to make the bends corresponding to the tubes which are going to be placed in the fork support, both upper and lower, to have ready the upper and lower tubes that make up the frame we proceed to make the corresponding cuts to shape the design previously established. The purpose of the triangulation of the frame is to help the distribution of the loads that will be applied to the frame during its operation. For the tilting frame, the rectangular tube is cut, first the two arms are assembled, the tubes are joined by continuous welding and it is verified that there is no porosity in the welding seams.

Key words:

- **MOTO3**
- **CHASSIS**
- **SWINGARM**

## Capítulo I

### 1. Planteamiento del Problema

#### 1.1 Antecedentes

Las motocicletas están conformadas por un conjunto de mecanismos, cada una tiene una función en concreta. Estas son el bastidor y el motor. El bastidor está formado por todo aquello a que no pertenece al motor. La rigidez del bastidor es fundamental para el desarrollo de la moto, pero también el conseguir armonizar la rigidez con un peso contenido que permitiera unas mínimas prestaciones y buen comportamiento dinámico (Arias, 2003).

En 1901 la motocicleta de los hermanos Werner tiene una estructura que se trata de una bicicleta reforzada, ya que instala el motor en su parte central y adopta una horquilla como método para la dirección de la moto. El depósito de combustible no se encontraba en la parte superior ya que la estructura estaba realizada por tubos de acero de pequeña sección, logrando así una estructura cerrada, rígida y ligera, a este tipo diseño se lo denomino “cuna”, se podría construir de varias formas: simple, doble, puede ser cerrado completamente o abierta en la zona del motor (Arias, 2003) .

La motocicleta Norton Manx de 1950 tiene uno de los bastidores más famosos de la historia creado por los hermanos McCandless. Este se trata de un bastidor de acero de tipo doble cuna que está cerrada con dos partes bien diferenciadas. Por uno de los lados tiene una estructura que soporta el motor, está formada por una doble cuna cerrada y por el otro lado tiene un subchasis posterior que sirve de soporte para la amortiguación posterior y para el soporte del piloto, se realiza mediante un sistema basculante articulado y amortiguadores (Arias, 2003).

La motocicleta Ducati S2R 800 de 2006 tiene un bastidor multitubular. Este consiste en dos vigas a cada uno de los lados del motor, que se unen al cabezal de dirección conectando con la zona del eje del basculante trasero. Esta motocicleta está compuesta por tubos rectos y cortos colocados en modo de celosía. Estos tubos son de acero al cromo molibdeno que ayuda a que el chasis tenga una gran rigidez, generalmente estos tubos son usados para que trabajen a tracción. El motor es usado como elemento estructural soportando el anclaje directo del basculante trasero (Centro Zaragoza, 2012).

En la motocicleta Yamaha GTS 1000 de 1993 presenta un chasis inusual llamado chasis tipo omega, este se denomina así por su parecido con la letra del alfabeto griego. Este consiste en que la horquilla delantera tiene una forma similar a un basculante, aunque este permite el giro para cambiar de dirección. Se utilizan estructuras adicionales de entramados tubulares para soportar el cabezal de dirección (Centro Zaragoza, 2012).

El chasis de monoviga o de espina central de la motocicleta Triumph Trophy 900 de 1997 se basa en que el tubo discurre por la parte superior, con mayores dimensiones este llega a ser una viga. El motor ya no rodea en la parte inferior por la cuna ya que este queda colgado bajo el perfil tubular. Este chasis llega a disponer de soportes laterales, así permitiendo anclar al motor (Centro Zaragoza, 2012)

El bastidor tubular en la actualidad sigue siendo el más utilizado debido a que su precio y su facilidad de fabricación, sus prestaciones son especialmente adecuada para las motocicletas de off-road debido a que su chasis de tubo ofrece un buen peso, robustez y una flexibilidad (moto1pro, 2015).

## 1.2 Planteamiento del Problema

La industria ecuatoriana de motocicletas se ha enfocado en la comercialización de productos importados y varias de estas empresas se han dedicado a ensamblar las motocicletas de esta manera aportan en la fabricación nacional sin embargo es reducido este aporte muchos de ellos no cuentan con personal especializado en el área o lo ensamblan de forma artesanal sin los equipos y herramientas que aporte al desarrollo de la industria de las motocicletas.

Al no existir ninguna referencia sobre el diseño y construcción de motocicletas, Consideramos que desarrollar un prototipo de carreras que logre satisfacer las exigencias de Competencias internacionales, es importante realizar evaluar y determinar un nuevo prototipo de chasis que cumpla con esta exigencia y tenga aun aporte adicional en la industria ecuatoriana satisfaciendo necesidades de movilidad y que el proyecto de investigación aporte al desarrollo de la industria.

### 1.3 Justificación

El bastidor de una moto de competición es un elemento importante, hablando estructuralmente este se une mediante el cabezal de dirección el conjunto delantero con el basculante, este es el que soporta a todos los elementos mecánicos, con el fin de mantener una geometría apta para el reparto de los pesos de la motocicleta y así obtenga una rigidez adecuada para que disponga de una estabilidad apta para la moto de competición.

El proyecto está enfocado para que los estudiantes de la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE tengan como guía las normativas que tiene Moto3, específicamente en las dimensiones que deberá tener el bastidor y el carenado de prototipo de moto3.

Las decisiones y soluciones técnicas se irán adoptando durante el proceso del proyecto, estas se realizarán gracias al estudio de todos los problemas que se lleguen a presentar, con el objetivo de crear un diseño que optimice el comportamiento del prototipo para así poder cumplir la normativa de una moto de competición moto3.

Este proyecto se realizará de forma teórica y práctica centrándose en la construcción del bastidor, basculante y el carenado con el fin de aportar conocimientos sobre los procesos de fabricación para que permita la obtención de los parámetros establecidos por las normativas de moto3.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo General***

Construcción del bastidor y basculante del prototipo de moto 3 para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

- Investigar información sobre las últimas tecnologías aplicadas en el diseño y construcción de bastidores para motocicletas de competencia.
- Realizar la selección de material de fabricación adecuada a los requerimientos de manera que la moto sea competitiva y cumpla con las normas de fabricación para las competencias de moto 3.
- Construir el bastidor y basculante del prototipo de moto3.
- Realizar una prueba de funcionamiento del bastidor y basculante del prototipo de moto3.

### 1.5 Alcance

El presente proyecto contempla la construcción de un bastidor y basculante para una moto de competición tipo moto3, la ejecución del mismo se contempla el diseño del bastidor, la selección de materiales y los procesos de manufactura como la soldadura, corte, doblado y pintura.

Este trabajo comprende en la elaboración de un bastidor y basculante, que sea el más adecuado a los requerimientos técnicos impuestos por el reglamento de moto3. Se llevará a cabo la práctica del proceso de manufactura y su respectiva comprobación práctica del bastidor, que permitirá su uso en futuras pruebas y competencias que desee participar la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE".

El presupuesto será una base fundamental para la construcción del bastidor ya que se deberá hacer la adquisición del material adecuado y que cumpla con la normativa de FIM/Moto3 para la fabricación por lo que se tomará en cuenta alternativas de materiales para su fabricación.

Al momento de llegar a cumplir todos los objetivos propuestos anteriormente, se llegará a obtener un prototipo funcional de bastidor y basculante para el moto3.



## Capítulo II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1 La Motocicleta

La motocicleta es un vehículo de dos ruedas que tiene un motor de combustión interna. Este vehículo está pensado para el pilotaje de un solo ocupante. La motocicleta será un prototipo construido y diseñado para una competición de carreras de velocidad. (Arbeloa Murillo, 2010)

#### 2.2 Bastidor

El Bastidor o también denominado marco o cuadro es una estructura que sujeta todos los elementos que llegan a formar parte de la motocicleta como por ejemplo las ruedas, suspensión, frenos, motor, etc. El bastidor se encarga de que todo los elementos anteriormente mencionados este sujeto y sea un solo conjunto (Revistamoto, 2017).

##### ***2.2.1 Evolución del Bastidor***

En los años 80 el ingeniero español Antonio Cobas crea una revolución en el mundo del motociclismo, el chasis de doble viga en aluminio. En 1984 logra su primera victoria en una carrera de motociclismo. Así fue que a partir de los años 80 el mercado de motocicletas quedaría dividido en dos tipos de chasis. El chasis de doble viga en aluminio y el chasis tubular de acero (García García, 2013)

A sus inicios las motocicletas eran bicicletas que estaban dotadas de un motor pequeño que se anclaba en diferentes ubicaciones, este tipo de chasis se adoptaba en la época en que los pedales se empleaban como ayuda ocasional al motor.

Hasta que empezó a usarse la suspensión trasera, al pasar las décadas este empezó a usarse de forma generalizada. La mayor parte de los chasis existentes en esa época eran tipo diamante, este tipo de chasis eran largos en vertical debido a esto permitía que se pueda alojar motores monocilíndricos. (García García, 2013)

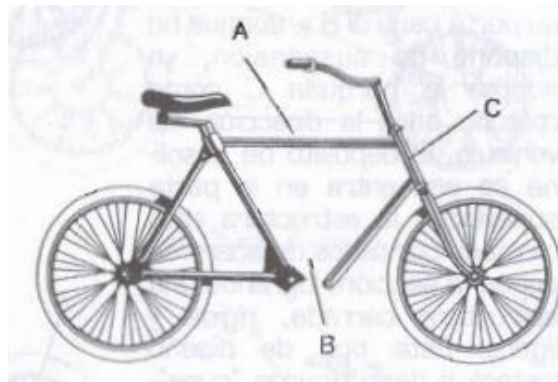
**Figura 1**

*Motocicleta fabricada pro NSU*



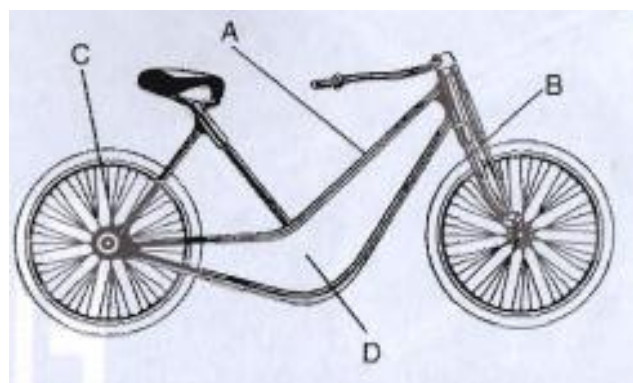
*Nota.* Ejemplo de un chasis de bicicleta reforzado que monta el motor en la parte central. Tomado de (García García, 2013)

A continuación, se realiza un repaso histórico de los bastidores comenzando probablemente por la primera moto que presenta una estructura pionera, esta se trata de la motocicleta de los hermanos Werner. Se trata de un bastidor de bicicleta reforzado el cual ya lleva instalado el motor en su parte central, no dispone de suspensión, ya adopta la horquilla como un método para la dirección. El depósito de combustible se encuentra en la parte superior, su estructura llega a estar formada por unos tubos de acero logrando obtener una estructura cerrada, rígida y ligera (Arias, 2003).

**Figura 2***Chasis Werner*

*Nota.* Ejemplo de chasis tipo cuna creado en 1901 por los hermanos Werner. Tomado de (Arias, 2003)

La siguiente innovación fue el Chasis Scott de 1909, el bastidor es abierto por su parte superior, debido a que el motor realiza una importante función portante, en este tipo ya existe una suspensión delantera, pero la rueda trasera todavía tiene un anclaje fijo, el motor en este tipo de chasis se sitúa en la parte inferior (Arias, 2003)

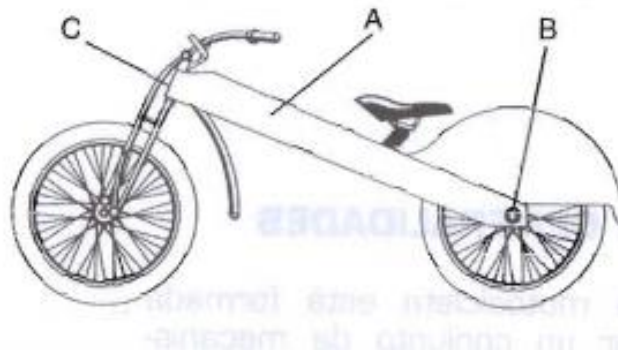
**Figura 3***Chasis Scott*

*Nota.* Bastidor tipo A abierto en su parte superior con suspensión delantera B. Tomado de (Arias, 2003)

En 1920 se crea el chasis Mars que se lanza con nuevos conceptos, aunque no llega a ser la primera que los llega a adoptar. Este chasis se basa en que los tubos de sección cerrada se cambian por la chapa estampada, este tipo no plantea tantos problemas de soldadura y llega a disponer de una gran rigidez y su principal desventaja es su peso. En este tipo de chasis la unión de su rueda trasera con el anclaje de su suspensión delantera, esto es directo algo que 60 años después volvería a adquirir una gran importancia (Arias, 2003)

#### Figura 4

*Chasis Mars*

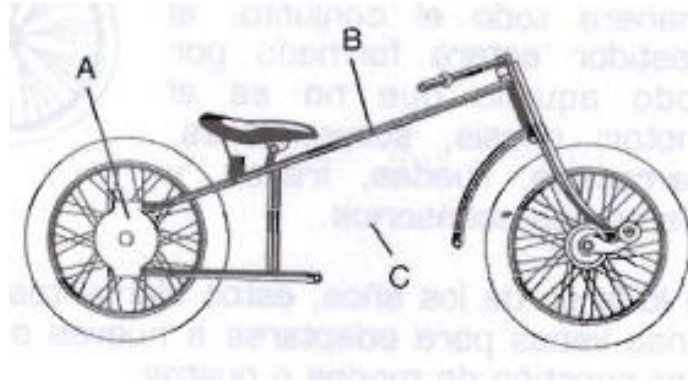


*Nota.* Chasis creado en 1920 con tubos de sección cerrada dispone de gran rigidez. Tomado de (Arias, 2003)

En 1923 se lanza la BMW R-32 este tipo de chasis no llega a presentar grandes novedades, pero cabe recalcar que aprovecha el sistema de transmisión como elemento resistente, teniendo una gran ligereza y utilizando de nuevo un tubo de acero. De nuevo el motor está situado en la zona central y este tiene una grande importancia en la función resistente del chasis (Arias, 2003).

**Figura 5**

*Chasis BMW*



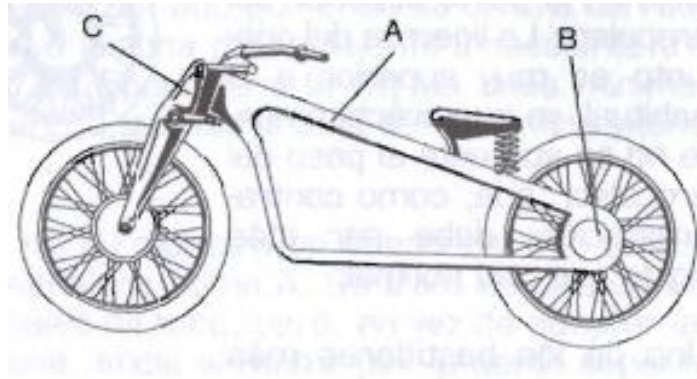
*Nota.* La BMW R-32 presenta varias novedades en chasis de esta época en 1923 aprovecha un sistema de transmisión como elemento de resistente. Tomado de (Arias, 2003)

El chasis Zundapp K 800 lanzado en 1934 en los prolegómenos de la segunda guerra mundial nos muestra que su chapa ya no se emplea de manera tan grande teniendo como fin de esta acción el reducir el peso del chasis. Su chapa se corta y se la dobla mediante nuevos procedimientos teniendo como resultado que su estructura es mucho más dura y rígida. (Arias, 2003)

En esta estructura se siguen las líneas maestras de los bastidores tubulares llegando a rodear el motor, aunque las suspensiones traseras han estado presentes durante vario tiempo aún no están plenamente implantadas teniendo como resultado que el bastidor llegue hasta el anclaje del tren posterior (Arias, 2003)

**Figura 6**

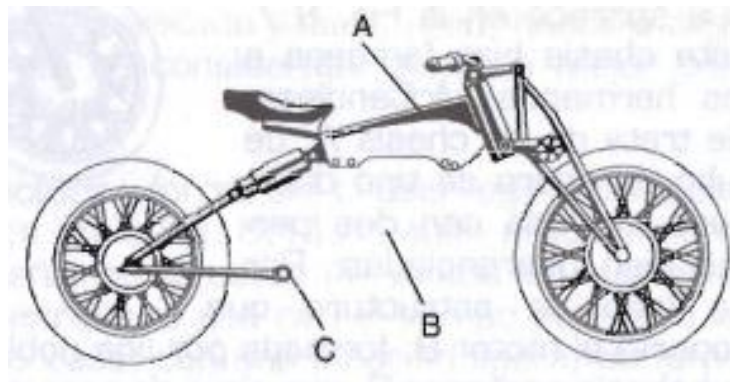
*Chasis Zundapp*



*Nota.* Chasis Zundapp k800 de 1934 utiliza un chasis de chapa. Tomado de (Arias, 2003)

En la década de los 30, exactamente en 1939 aparece una motocicleta que llega a hacer exclusiva denominada Vincent HRD Rapid. Su motor llega a estar situada en la posición central y tiene como función importante hasta el punto de que la suspensión trasera está anclada directamente por su parte trasera mediante un tirante. La suspensión delantera llega a estar anclada al motor mediante un elemento intermedio que se llega a alojar en la parte superior del propulsor. (Arias, 2003)

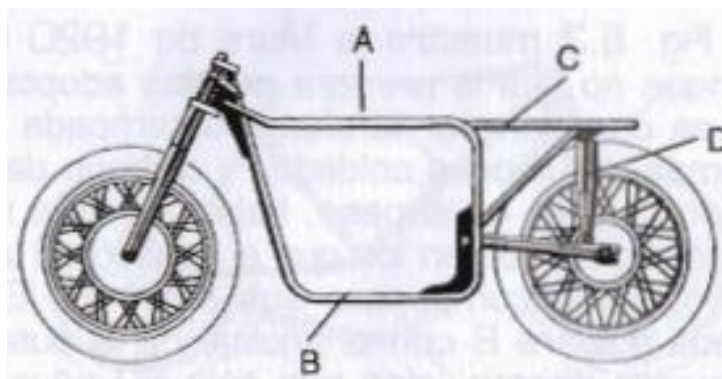
La ligereza de este conjunto llega a hacer muy superior a la habitual debido a que no se aumenta el peso del propulsor, que como contraprestación este debe ser más rígido que uno normal (Arias, 2003)

**Figura 7***Chasis H.R.D*

*Nota.* A finales de la década de los 30 aparece una motocicleta dotada de un nuevo bastidor tipo a y con suspensión delantera. Tomado de (Arias, 2003)

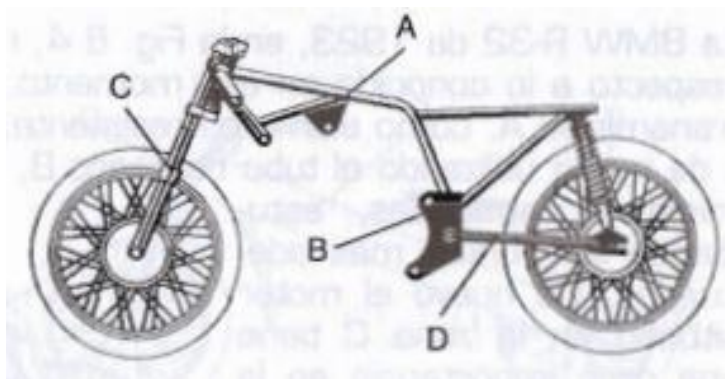
En 1950 llega uno de los bastidores más famosos a lo largo de la historia y el que la lleva equipado es la Norton Manx. Este chasis es el causante de que los hermanos McCandless lleguen a ser famosos. Se trata de un chasis de tubo de acero de tipo doble cuna cerrada que dispone de dos partes bien diferenciadas. (Arias, 2003)

Por un lado llega a tener una estructura que soporta el motor que está formada por una doble cuna cerrada y por otro un subchasis posterior que tiene como finalidad ser el soporte para el piloto y para la amortiguación posterior, que está constituido por medio de un sistema de basculante articulado y amortiguadores (Arias, 2003)

**Figura 8***Chasis Norton*

*Nota.* Es uno de los más famosos de la historia apareció en el año 1950. Tomado de (Arias, 2003)

Una de las grandes causantes de la evolución de las motocicletas es la competición y en 1963 llega la Honda CR 72 de competición. El chasis sorteaba por la parte superior al motor; pero mantiene en su estructura el anclaje de la suspensión delantera y la trasera llegando a adoptar las suspensiones que se han llegado a mantener en los últimos años invariables en la mayoría de las motos, la horquilla delantera y el basculante trasero (Arias, 2003)

**Figura 9***Chasis Honda*

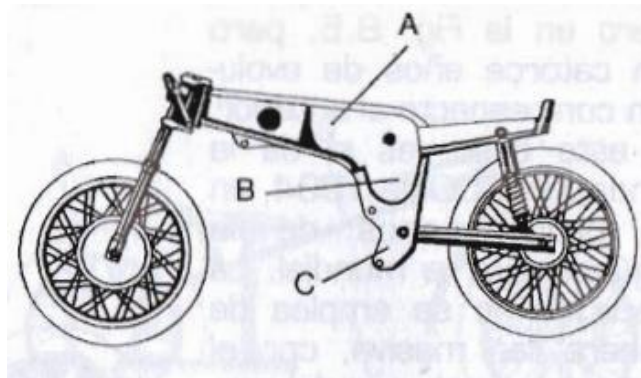
*Nota.* Este chasis emplea el motor como elemento estructural aparece en 1963. Tomado de (Arias, 2003)



A finales de la década de los 60 se presenta el chasis Ossa de competición, este integra el depósito de combustible en la zona media. Para este tipo el material deja de ser el acero debido a que se utiliza una aleación del magnesio que es un material más ligero que el hierro que se suele usar. El chasis es muy rígido ya que está formado por una estructura cerrada en su mayor parte ya que salvo la zona de anclaje del basculante trasero lo está por completo, esto permite que tenga un peso muy liviano y a su vez permite mínimas dimensiones a esta estructura se las denomina monocasco (Arias, 2003)

### Figura 10

*Chasis Ossa*

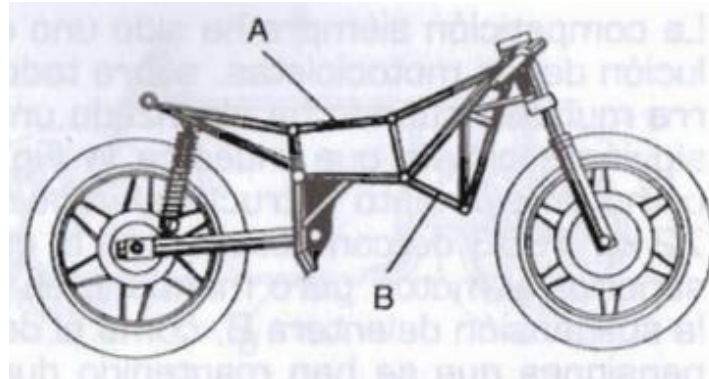


*Nota.* Es un chasis de competición de finales de los años 60 integra un depósito de gasolina. Tomado de (Arias, 2003).

La Norton Challenge nos muestra un tipo de chasis denominado multitubular. Este tipo se trata de una derivación de los bastidores tradicionales de tubo, pero en lugar de adoptar las clásicas estructuras de tipo cuna, esta ancla el motor por la parte superior con varios tubos de sección recta haciendo que los tubos no trabajen con esfuerzos de flexión. Esto hace que se aumente la rigidez de la estructura y esto no afecta en lo más mínimo al peso (Arias, 2003)

**Figura 11**

*Chasis Norton Challenge*

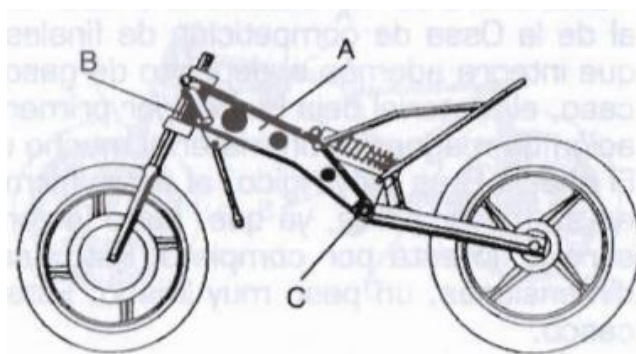


*Nota.* Se trata de un chasis multitubular y toma la estructura del clásico tipo cuna. Tomado de (Arias, 2003)

Al inicio de los años 80 llega una gran revolución de la estructura y forma del chasis. Yamaha y un constructor de motos de carreras Antonio Cobas presentan a la vez una estructura que con el pasar del tiempo llegaría a llamarse de doble viga. Con una aleación ligera se forma una estructura que une directamente la pipa de sujeción de la suspensión delantera con el eje del basculante trasero. Se logra conseguir una estructura ligera y muy rígida que es fácil de fabricar. (Arias, 2003).

**Figura 12**

*Chasis Cobas*

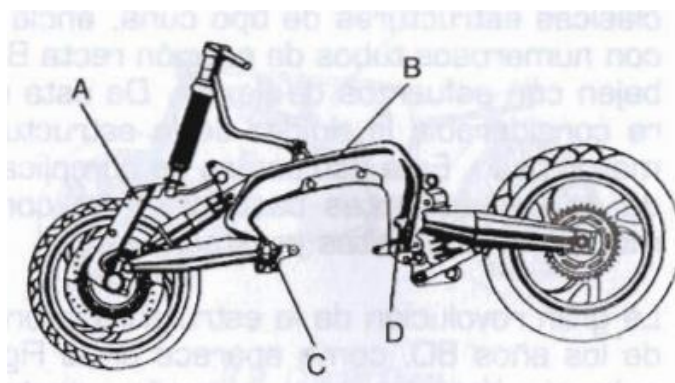


*Nota.* Este chasis aparece a inicios de los 80 su creador fue antonio Cobas conocido despues como yamaha. Tomado de (Arias, 2003).

La Yamaha GTS es la que utiliza el bastidor de última generación. En este caso al haberse obviado la clásica suspensión delantera por horquilla en favor de un nuevo sistema, esto hace que el bastidor no necesite comenzar por la parte superior, esta forma una estructura que abraza al motor, uniendo sus puntos de anclaje de las dos suspensiones la delantera y la trasera respectivamente. (Arias, 2003)

**Figura 13**

*Chasis Yamaha GTS*



*Nota.* Chasis creado con una geometría distinta hasta la actualidad se utiliza este principio.

Tomado de (Arias, 2003)

### **2.2.2 Tipos de bastidores**

Se los puede clasificar según su integridad estructural y según su tipo de estructura.

**Tabla 1**

*Tipos de bastidores*

<b>Según su integridad estructural</b>	<b>Según su tipo de estructura</b>
Chasis portantes	Chasis tubular
Chasis autoportantes	Chasis de doble viga
	Chasis monocasco

#### **2.2.2.1 Según su Integridad Estructural**

Según su integridad estructural encontramos los tipos de chasis portantes y autoportantes. La diferencia que tiene estas variantes de estructura es en la funcionabilidad o utilización de la pieza motor de forma estructural. (Rosiña Lopez, 2017)

Los bastidores portantes no usan el motor como parte de la estructura, por lo que el bastidor es la columna vertebral de la motocicleta y sus componentes deben estar soportadas por el bastidor, además que debe de sostener el peso del motor ya que se lo considera como pieza a parte. (Rosiña Lopez, 2017).

**Figura 14***Chasis Portante*

*Nota.* Este chasis no usa el motor como parte de la estructura. Tomado de (Rosíña Lopez, 2017)

Los bastidores autoportantes utilizan el motor en su conjunto, así para mantener la integridad de la motocicleta. El motor por su configuración es un elemento muy rígido, se usa su consistencia intrínseca para lograr mantener la integridad de la motocicleta pudiendo aligerar y mantener la resistencia a las tensiones externas. (Rosíña Lopez, 2017)

**Figura 15***Chasis autoportante*

*Nota.* Incluyen el motor en su conjunto y mantener la integridad de la motocicleta. Tomado de (Rosíña Lopez, 2017)

### 2.2.2.2 Según el tipo de estructura

Teniendo en cuenta su tipo de estructura se los puede dividir en 3 grupos.

**Tabla 2**

*Bastidores según su estructura*

<b>Tipo tubular</b>	<b>Tipo doble viga</b>	<b>Monocasco</b>
Simple cuna	Doble viga perimetral	
Doble cuna		
Multitubular		

*Nota:* Tomado de (Rosíña Lopez, 2017)

### 2.2.2.3 Chasis de simple cuna.

Este chasis se basa en que los extremos inferiores del tubo frontal y el sillín están separados y conectados de manera rígida por la cuna que abraza el motor (García García, 2013).

**Figura 16**

*Chasis simple cuna*



*Nota.* Posee tubos frontales y el sillín separado conectado por tubería. Tomado de (Centro Zaragoza, 2012)

#### 2.2.2.4 Chasis de doble cuna

Este tipo de chasis se basa en que dos tubos descienden desde el cabezal de la dirección y estos pasan por debajo del motor logrando así formar una cuna que logra abrazar el motor por los laterales en la parte inferior. Este tipo de chasis llegan hacer muy rígidos que los de simple cuna, esto se debe a que este tipo de chasis forman una estructura mucho más sólida (Centro Zaragoza, 2012).

#### Figura 17

*Chasis doble cuna*



*Nota.* Este tipo de chasis se basa en que dos tubos descienden desde el cabezal de la dirección. Tomado de (Centro Zaragoza, 2012)

#### 2.2.2.5 Chasis tubulares

Los chasis tubulares están constituidos por tubos un entramado de tubos circulares de diferentes diámetros que están soldados unos con otros logrando crear así una estructura rígida. Es muy usual combinar este tipo con tubos rectangulares para hacer el sub-chasis o

cualquier tipo de anclaje con el motor. Durante su historia se han construido en acero, pero con el pasar del tiempo han existido mejoras técnicas en la soldadura y ahora se las construyen en aluminio tanto para lo comercial como para la competición (Dorado García, 2013)

### **Figura 18**

*Chasis multitubular*



*Nota.* Chasis de tubo redondo que soldados crean una estructura rigida. Tomado de (Centro Zaragoza, 2012)

#### **2.2.2.6 Chasis de espina central**

Para mejorar la resistencia a la torsión y flexión del chasis consisten en el uso de tubos que unan la pipa de dirección con el eje trasero haciendo que atraviese de forma longitudinal la motocicleta, logrando que estos tubos sean el elemento principal del chasis. (García García, 2013)

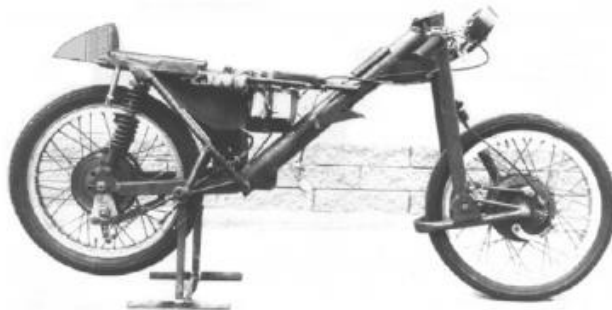


Para este tipo de chasis los tubos podían ser de diferentes formas geométricas ya sea cuadrado, rectangular, circular y en forma de T, pero el uso de tubos circulares tiene un mejor resultado debido a que presenta una gran resistencia a la torsión. (García García, 2013)

Este tipo de chasis podía considerarse como un chasis tubular debido a que el tubo discurre por la parte superior y este llega a tener más protagonismo, teniendo mayores dimensiones considerándose una viga. En este chasis el motor no queda rodeada por la parte inferior en la cuna, debido a que el motor queda colgado bajo el perfil tubular. (Centro Zaragoza, 2012)

### **Figura 19**

*Chasis espina central*



*Nota.* Chasis central. Tomado de (Centro Zaragoza, 2012)

#### **2.2.2.7 Chasis de doble viga**

Este chasis es el mas usado en todo el mundo, originalmente diseñado por el ingeniero Antonio Cobas, este chasis dio una revolucion total, ya que hasta la actualidad es usada en las motocicletas (Centro Zaragoza, 2012)

Este chasis es muy usado en motos deportivas ya que la estructura que conforma este tipo de chasis, su diseño esta formado por dos vigas ubicandose una a cada lado del motor, que estas parten del cabezal de direccion terminando en el eje del bazculante. Las 2 vigas abrazan al motor por su parte superior, estas por lo general suelen ser de material de aluminio (García García, 2013).

### Figura 20

#### *Chasis doble viga*



*Nota.* Chasis doble viga perimetral Kawasaki ZXR 750. Tomado de (Centro Zaragoza, 2012)

A pesar de todo este chasis no es especialmente bueno, así se utilice en aluminio el peso total que tendrá no es ligero, siendo superior el peso a otros tipos de chasis. Pero la gran ventaja que presenta este tipo es el espacio que proporciona ya que se pueden alojar sin ningún tipo de problema los nuevos motores que son de gran capacidad. Debido a la desaparición de tubos que rodeaba al motor por debajo y por delante existe un espacio útil para poder alojar a los sistemas de refrigeración y escape, siendo éste uno de los factores principales por lo que se han colocado a estos chasis por encima del resto (García García, 2013)

### 2.2.2.8 Chasis monocasco

El chasis monocasco presenta una gran dificultad al momento de fabricarlo y los problemas de espacio que tiene a hecho que este tipo de chasis sea de escasa utilización a lo largo de su historia. Este chasis presenta su rigidez estructural mediante una coraza aerodinámica y unos esfuerzos transversales (García García, 2013)

Este tipo de chasis hace las funciones de chasis y carrocería a la misma vez, esta es una técnica usada en la mayoría en el diseño de los automóviles. Es chasis es muy inusual en modelos de motocicletas, este tipo lo utilizan motocicletas como la Kawasaki ZX12R del 2005 (Centro Zaragoza, 2012).

#### Figura 21

*Chasis monocasco*



*Nota.* Chasis tipo casco Kawasaki ZZR. Tomado de (Centro Zaragoza, 2012)

Sin embargo, pese al escaso éxito que a tenido este tipo de chasis Ducati ha recuperado el chasis monocasco, llegando a incorporarlo en su última creación, la Ducati 1199 Panigale. Esta motocicleta este fabricado en aluminio, es corto, muy resistente y tiene la función de airbox (García García, 2013)

**Figura 22**

*Chasis monocasco*



*Nota.* Ejemplo de chasis monocasco. Tomado de (García García, 2013)

**2.3 Elección del Tipo de Bastidor**

Ya que se conoce los distintos tipos de chasis que existen y las características, funcionamientos que estas tienen, se realizara un pequeño estudio para verificar que tipo de chasis se acerca a nuestro objetivo. (García García, 2013)

**2.4 Estudio del Tipo de Chasis para su elección**

Este estudio evaluara la rigidez y el peso de todos los tipos de chasis nos pueden proporcionar. Tanto la rigidez como el peso son de vital importancia ya que el chasis que se fabricara debiera soportar cargas elevadas, en cambio el peso sera algo determinante debido a que la motocicleta montara un motor 250cc. (García García, 2013)

Uno de los puntos más importantes a estudiar o analizar es decidir qué tipo de chasis se va a fabricar, de igual manera se debe tener en cuenta el coste del material que se usara para su fabricación, de igual manera se debe tener en cuenta la viabilidad que tiene su

fabricación. Por este motivo se valorará el material que se usará, siendo decisivo en el coste chasis. (García García, 2013).

Se recogerán todos los puntos a valorar en una tabla para que exista una mejor organización de las ideas y así poder facilitar la toma de decisiones sobre el tipo que se va a escoger, se otorgara un valor a cada uno de los chasis que se esté realizando su análisis. (García García, 2013)

**Tabla 3**

*Tipos de chasis*

<b>Tipo</b>	<b>Espacio</b>	<b>Peso</b>	<b>Rigidez</b>	<b>Material</b>	<b>Fabricación</b>	<b>Costo</b>
<b>Doble viga</b>	Alto	Medio	Alta-Media	Aluminio	Dificultad alta por la soldadura complicada	Costo medio por costo de mecanización
<b>Espina central</b>	Medio	Alto	Alta	Acero o Aluminio	Fácil	Costo alto por costos del material
<b>Monocasco</b>	Bajo	Medio	Media	Aluminio	Dificultad media	Alto
<b>Multitubular</b>	Medio	Medio	Alta-Media	Acero o Aluminio	Dificultad media por los numerosos cordones de soldadura	Medio

<b>Tipo</b>	<b>Espacio</b>	<b>Peso</b>	<b>Rigidez</b>	<b>Material</b>	<b>Fabricación</b>	<b>Costo</b>
<b>Simple cuna cerrado</b>	Medio	Medio	Alta-Media	Acero o Aluminio	Dificultad media por los dobleces y los cordones de soldadura	Medio
<b>Doble cuna</b>	Medio	Medio	Alta-Media	Acero	Dificultad media por los dobleces de los tubos.	Medio

*Nota.* Tomado de (García García, 2013)

Como podemos ver en la tabla los diferentes tipos de chasis y sus características, se comenzará a seleccionar el modelo de chasis. Como se puede observar en la tabla podemos descartar dos modelos que son los más caros de fabricar, además que su rigidez y su peso no son las mejores, otra opción a descartar es el chasis de doble viga por su peso. Nos quedamos con tres opciones, el cual a continuación, se va a realizar un análisis más detallado de las necesidades que deben de requerir el tipo de chasis que se va a escoger. (García García, 2013)

#### ***2.4.1 Análisis de las necesidades del chasis que se va a escoger***

En primer lugar, se debe tener en cuenta las necesidades que debe de tener el chasis. Por ende, a continuación, se expondrán todos los requisitos que debe cumplir este chasis. (García García, 2013)

#### **2.4.1.1 Rigidez**

La rigidez es la capacidad que debe tener para soportar las cargas a las que será sometido, logrando mantener su geometría. Por lo que la rigidez está relacionada con las deformaciones que tendrá la estructura, cabe recalcar que estas deformaciones son temporales, debido a que es sometido a una carga que después cesará. Este tipo de deformaciones nunca deberán sobrepasar el límite elástico, así convirtiéndose en deformaciones plásticas. Por lo que nuestro objetivo será fabricar un chasis lo más rígido que sea posible, debido a que de este depende el soporte del peso de los demás elementos, incluyendo el piloto (García García, 2013)

#### **2.4.1.2 Peso**

Debido a que será trata de un prototipo de moto3 de competición el peso llegará hacer un factor primordial, por lo que una de nuestras misiones es obtener un chasis lo menos pesado que se pueda lograr. (García García, 2013)

#### **2.4.1.3 Espacio**

Es importante la disponibilidad de espacio en las motocicletas de competición por lo que es muy necesario. Por lo que se debe tener en cuenta un rápido y fácil acceso a los elementos que son reemplazables tales como bujías, etc. Es algo que se debe tener en cuenta en la elección de chasis (García García, 2013)

#### **2.4.1.4 Material**

Se debe seleccionar un material que sea capaz de soportar los esfuerzos que realizará el chasis, además que aporte con una gran rigidez teniendo en cuenta el peso el cual deberá ser lo menos reducido posible. (García García, 2013)

#### **2.4.1.5 Fabricación**

Se debe tener en cuenta el tipo de fabricación que con lleva realizar este tipo de chasis para poder determinar si la elección es totalmente viable. Por viable nos referimos a que se disponga de los materiales necesario para su fabricación. (García García, 2013)

### **2.5 Basculante**

El basculante es aquel que une la rueda trasera de la motocicleta a la estructura y el chasis y así permitir el movimiento de la rueda en sentido vertical e inhibir el movimiento de la misma en el sentido horizontal. El basculante es una pieza fundamental debido a que ofrece pistas sobre el comportamiento de la rueda trasera, algo que es muy fundamental en el mundo de la competición ya que en este ámbito la conducción se controla al milímetro, además el basculante es una parte fundamental para poder instalar el sistema de suspensión trasera. (Vidal, 2021)

#### ***2.5.1 Evolución histórica del basculante***

Este elemento es fundamental para la motocicleta y ha ido evolucionando al pasar los años junto al sistema de suspensión trasera, ya que depende mucho del basculante y como se



lo instala, al pasar el tiempo ha ido variando según las necesidades que presente dicha suspensión. (Vidal, 2021)

Los primeros tipos de chasis tenían un basculante totalmente rígido, el cual se unía desde la pipa de dirección e iba anclado directamente en el triángulo anterior como consecuencia las primeras motocicletas no disponían de una suspensión trasera. (Vidal, 2021)

En la década de los 40, en el momento en que aparecieron las primeras motocicletas con un sistema de suspensión trasera eran muy sencillos ya que los fabricantes lo implementaron con el fin de aumentar el confort del piloto. Los primeros sistemas de suspensión trasera afectaban la inestabilidad y la flexibilidad de la motocicleta, como se dio en el caso de la motocicleta Norton Garden. En 1950 Norton sacaría un modelo nuevo denominado Featherbed el cual esta motocicleta contaba con un nuevo sistema de suspensión trasera el cual conseguía reducir las vibraciones y las incomodidades que presentaba un conjunto rígido, cabe recalcar que esta motocicleta no se redujo sus propiedades dinámicas y de estabilidad. (Vidal, 2021)

En los primeros años en los que se desarrollaba las suspensiones traseras y nuevos tipos de basculantes aparecieron, una de estas es el triángulo que aumenta la rigidez de estos o sin triangular, pero de sección variable. Este tipo de sistemas se basaban en su rigidez torsional en el uso de dos amortiguadores traseros, a ambos lados de la rueda trasera que unían al basculante con el chasis. (Vidal, 2021)

En los siguientes años se empezaron a establecer los basculantes triangulados, haciéndolos de esta manera más rígidos con el fin de sustituir esos dos amortiguadores por uno solo, colocándolo más cerca del centro de la motocicleta. Este tipo de cambios se aplicaron en las motocicletas de competición de la época. A partir de aquí se empezó a ver variantes, donde se destaca la optimización de formas y geometrías más que en el diseño del basculante. En los intentos de bajar el centro de gravedad de la motocicleta, se comenzó a triangular por debajo de la línea que une el eje de pivote con el chasis y el eje de la rueda. (Vidal, 2021)

Los basculantes han ido evolucionando hasta la actualidad según los sistemas de suspensión traseros y según el tipo de material que se utiliza para su construcción, como aleaciones de aluminio que son muy ligeras. (Vidal, 2021)

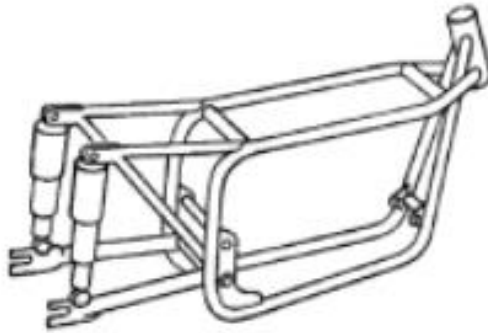
### ***2.5.2 Tipos de basculantes***

Como lo hemos visto los basculantes han ido evolucionando e innovándose a lo largo de la historia, logrando diferentes tipos de basculantes y variantes con el fin de cubrir las necesidades al tipo de mecanismo de la suspensión trasera que se utilice en la motocicleta. (Vidal, 2021)

El primer tipo de basculante consistía en un eje con dos brazos laterales, este tipo de basculante tenía un gran problema de torsión, el cual lograban solucionarlo con la implementación de dos amortiguadores uno en cada brazo para controlarla. (Velázquez Kennedy, 2012)

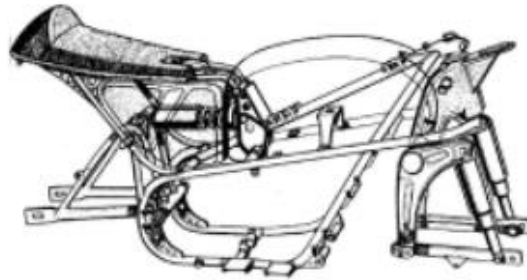
**Figura 23**

*Basculante de dos brazos*



*Nota.* Consta de dos brazos laterales tiene problemas a la torsión. Tomado de (Velázquez Kennedy, 2012)

Los primeros tipos de basculantes eran de sección redonda y prácticamente no eran resistentes a ningún esfuerzo, al momento en que se dan cuenta en que el basculante es una parte fundamental para tener una buena maniobrabilidad en la moto se empieza a reforzar cambiando la sección de una cuadro o rectangular mejorando así su comportamiento a flexión. Lograron un mejor control de flexión en cada brazo del basculante y también con esta triangulación mejoran el problema de torsión logrando asegurar la alineación de las dos ruedas en las curvas. (Velázquez Kennedy, 2012).

**Figura 24***Triangulación del basculante*

*Nota.* Con este modelo controlaban la flexión en cada brazo del basculante. Tomado de (Velázquez Kennedy, 2012)

Al momento en que se reforzaron los basculantes se logra comprobar que mejora el comportamiento dinámico de la motocicleta introduciendo vigas transversales y haciéndolos macizos llegando a hacer conjuntos de gran robustez. En la competición la mayoría de los componentes del basculante se busca un compromiso entre rigidez y peso. (Velázquez Kennedy, 2012)

A continuación, se va a revisar brevemente los tipos de basculantes, hay muchos tipos esto depende de la utilidad de la moto, pero por lo general se distinguen en los siguientes. (Velázquez Kennedy, 2012)

Doble brazo (A): Este tipo es el menos evolucionado y este tipo se usa principalmente en las motos de campo. Este tipo de basculante es muy ligero y tiene un buen aguante de flexión. (Velázquez Kennedy, 2012)

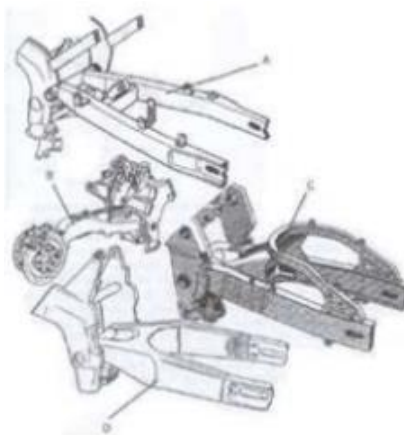
Doble brazo sección variable (D): Este tipo de basculante es muy similar al anterior, lo que lo diferencia es que varían la sección de los brazos, ensanchándose en la zona donde se presentan más esfuerzos. (Velázquez Kennedy, 2012)

Doble brazo con triangulación (C): Este tipo son los más habituales, y no necesariamente tienen que ser tubulares también pueden ser macizos y de diferentes materiales. (Velázquez Kennedy, 2012)

Monobrazo (B): Este tipo de basculante fue inventado para facilitar el cambio de las ruedas en competición, este tipo es sin duda el más llamativo porque sujeta la rueda trasera con un solo brazo dejando a la vista la llanta. El brazo de este basculante debe ser muy robusto debido a que debe soportar todos los esfuerzos, se aclara que al ser el único brazo no es más ligero que el basculante de dos brazos y por esta razón es la que no se emplea en la mayoría de las motos. (Velázquez Kennedy, 2012)

### **Figura 25**

*Tipos de basculantes*



*Nota. Tomado de (Velázquez Kennedy, 2012)*

## **2.6 Selección de basculantes**

Como con el bastidor se hará un estudio de selección a ver qué tipo de basculante cumple con los requisitos. Para su selección se verá un basculante ligero y con una buena consistencia estructural que sea capaz de soportar las sollicitaciones de la motocicleta al momento de la aceleración, frenada y el paso por curva. (Vidal, 2021)

Nos centraremos en los diferentes aspectos para el análisis con el objetivo de llegar a la conclusión de cuál de los distintos tipos de basculantes mencionados anteriormente para verificar que tipo cumple de manera destacable los requerimientos impuestos en un principio. (Vidal, 2021)

A continuación, se llevará a cabo una comparación de distintas opciones para seleccionar las más viable. Se aplicará una puntuación donde 1 es considerado como una prestación preferible, 2 es considerado como una prestación media y 3 es considerado como una prestación no preferible. (Vidal, 2021)

### ***2.6.1 Análisis de las necesidades del basculante.***

Para tener una correcta elección del tipo y material del basculante a fabricar primero se estudiará las necesidades funcionales que debe cumplir el basculante. Para ello a continuación se especificará cuáles son los requerimientos funcionales. (Collantes Gil, 2012)

#### **2.6.1.1 Rigidez**

La rigidez es una de las características principales de un basculante. La estructura de la moto deber ser capaz de mantener los parámetros geométricos dentro de unos valores adecuados ante todas las condiciones de carga. La rigidez está relacionada con la deformación

que sufre la estructura cuando se aplica una carga y la dejamos de aplicar. Esta rigidez se tomará en cuenta siempre en la relación al peso y cantidad de tubos que se implementará.

(Collantes Gil, 2012)

### **2.6.1.2 Cargas**

El basculante debe ser capaz de soportar todas las cargas sin entrar en zona plástica del material. Existirá situaciones en las que deberá soportar el peso de todos los componentes debido a la transferencia de cargas. Se debe tener en cuenta las reacciones en los neumáticos y de igual manera las cargas dinámicas que se generen en el funcionamiento de la moto.

(Collantes Gil, 2012)

### **2.6.1.3 Peso**

El peso es una característica importante en las motos de competición, por este motivo se tratará de reducir el peso de manera considerable, pero tampoco deberemos obsesionarnos con aligerarlo al máximo, debido a que la moto debe llegar a tener un peso de 95kg. (Collantes Gil, 2012)

## **2.7 Normativa**

### ***2.7.1 Criterios de seguridad y construcción***

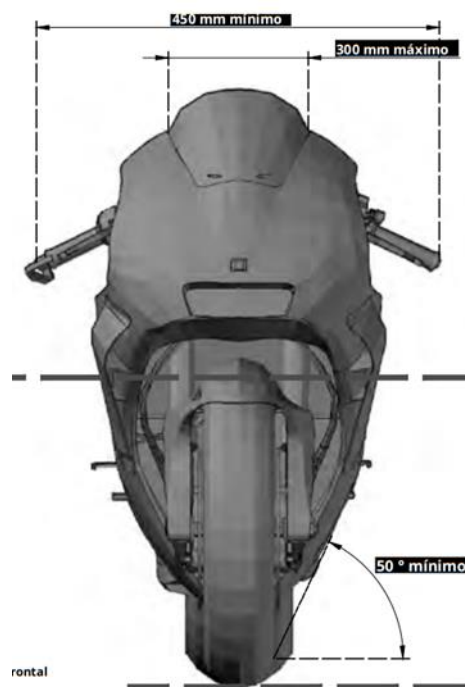
Los manillares de motocicleta deben tener una anchura mínima de 450 mm y los extremos de estas deben ser macizos o recubiertos por goma. Este ancho es definido como el ancho medido entre el exterior de los puños del manillar o los puños de giratorios de aceleración de la motocicleta. La motocicleta descargada deberá lograr inclinarse en un ángulo

de 50 grados respecto a la vertical sin tocar el suelo, cabe recalcar que excepto el neumático.

(FIM World Championship, 2021)

### Figura 26

*Dimensiones vista frontal de la motocicleta*



*Nota.* Tomado de (FIM World Championship, 2021)

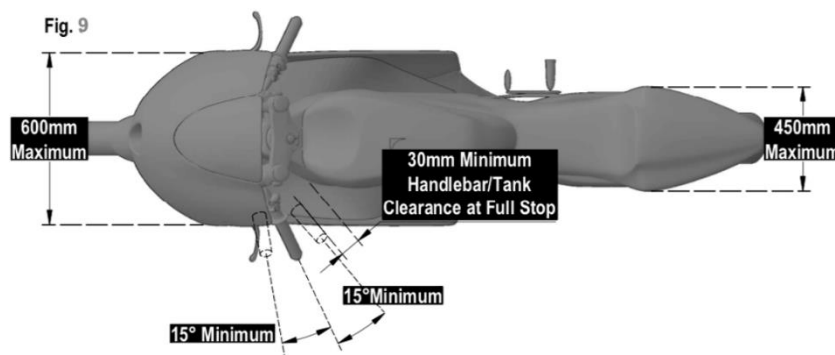
En la motocicleta debe instalarse topes para que se pueda asegurar que exista un espacio libre de al menos 30 mm que se medirá entre el manillar y el bastidor del tanque de combustible y la carrocería cuando se encuentran en los extremos del bloqueo de la dirección. Para la dirección de la motocicleta debe tener un movimiento de al menos 15 grados a cada lado de la línea central. (FIM World Championship, 2021)



La anchura que deberá tener el asiento de la motocicleta debe ser de 450 mm. Este no podrá sobresalir de la anchura permitida y ningún otro elemento del asiento hacia atrás, cabe destacar que esto tiene como excepción al sistema de escape. (García García, 2013)

### Figura 27

*Dimensiones vista superior de la motocicleta*

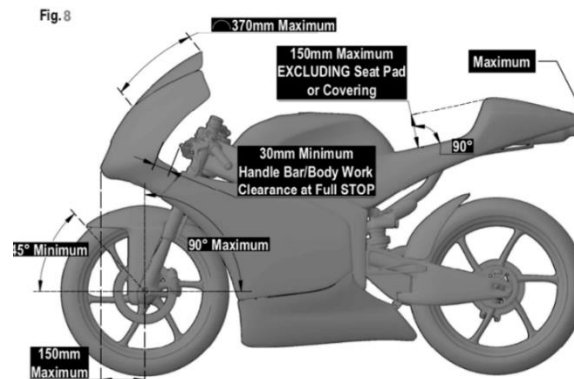


*Nota.* Tomado de (FIM World Championship, 2021)

El peso del prototipo de motocicleta será el medido en la forma en que participó la motocicleta, con el tanque de combustible encendido también incluyendo los niveles de aceite, agua y también todo el equipo adicional adjunto a la motocicleta. Los pesos mínimos permitidos por la FIM con el piloto serán de 152 kg. (FIM World Championship, 2021)

## Figura 28

### Dimensiones vista lateral de la motocicleta



*Nota.* Tomado de (FIM World Championship, 2021)

#### 2.7.1.1 Distancia entre ejes

Esta distancia en la longitud que se encuentra en el eje de la rueda delantera y el de la rueda trasera. Esta distancia es un parámetro que influye al momento de dar estabilidad a la motocicleta. Una distancia entre ejes larga da una muy buena estabilidad en línea recta y una distancia y una distancia entre ejes corta da una buena estabilidad en curva. (Vidal, 2021)

Para una motocicleta de una cilindrada de 125cc tiene una distancia entre ejes de hasta 1310mm, cuando la distancia es superior ya la cilindrada de la motocicleta será de 250cc adoptando distancias hasta 1350mm y las motocicletas de 500cc pueden presentar hasta una distancia de 1450mm. (Vidal, 2021)

#### 2.7.1.2 Peso del Prototipo

El peso mínimo total que es admitido del prototipo será de 95 Kg, esto incluye todos los líquidos que son necesarios para el funcionamiento del prototipo, este peso se verificara al inicio y al final de las competiciones. (García García, 2013)

## **2.8 Materiales**

Para la fabricación del bastidor y basculante se tiene una gama amplia de materiales con las que se puede realizar la fabricación, tales como el magnesio, el acero, la fibra de carbono y el acero. Es por ello que a continuación se describirá una descripción del material y las características para posteriormente poder decidir qué tipo de material se usará. (Vidal, 2021)

### **2.8.1 Magnesio**

Este material es un metal liviano, que es medianamente fuerte de tonalidad blanco plateado. En el momento en que entra en contacto con el aire se vuelve menos lustroso, a diferencia de otros metales alcalinos no necesita que este almacenado en ambientes que estén libre de oxígeno, debido a que este queda protegido por una capa fina de óxido. (Vidal, 2021)

Tanto fundido como trabajado con otros métodos el magnesio se ha usado para la construcción de bastidores de motocicleta tipo espina central. El magnesio tiene un costo elevado, aparte presenta dificultades al momento de soldar, su vida es limitada debido a que presenta fallas por fatiga y por la corrosión. (García García, 2013)

### **2.8.2 Acero**

Este tipo de material es el más común a la hora de fabricar un bastidor de motocicleta debido a que tiene un costo bajo, la unión entre estas consta de técnicas avanzadas y se puede obtener una rigidez necesaria usando tubos de diámetro pequeño. (Vidal, 2021)

Se puede decir que el acero tiene una elevada densidad de un valor de  $7850\text{kg/m}^3$ , es un material muy tenaz, es relativamente dúctil. Una de sus principales características es que

permite una buena mecanización y dureza, se destaca que al momento de la fabricación y la construcción la soldadura es fácil. (Vidal, 2021)

#### **2.8.2.1 Acero de bajo carbono**

Este tipo de acero presenta entre 0.08 hasta 0.25 % en peso de carbono. Este acero es blando, pero son dúctiles, tienen la capacidad de moldearse en alambre. Son muy trabajables ya que fácilmente son deformables, cortables, maquinables y soldables. Los aceros como el AISI 1018, AISI 1020, ASTM A-36, son grados comunes de aceros de bajo carbono. Este tipo de aceros son usados en la industria automotriz, tuberías, también se usa para estructuras de edificios y puentes, varillas de refuerzo, etc. (MIPSA, 2020)

#### **2.8.2.2 Acero de medio carbono**

Este tipo de acero presenta entre 0.25% - 0.60% en peso de carbono. Para que este tipo de aceros mejore sus propiedades se tratan térmicamente, este tipo son más resistentes que los aceros de bajo carbono, pero no son muy dúctiles. Este tipo de hacer se usa para la manufactura de piezas que requieren una alta resistencia mecánica y al desgaste. Los aceros como el AISI 1045 son grados comunes de acero de mediano carbono. Para este tipo de material la soldadura requiere de cuidados especiales. (MIPSA, 2020)

#### **2.8.2.3 Acero de alto carbono**

Este tipo de acero presenta entre 0.60 – 1.40 % en peso de carbono. Este tipo de aceros son mucho más resistentes que los anteriores, pero menos dúctiles. Este tipo de material se usa principalmente para la fabricación de herramientas. (MIPSA, 2020)

#### **2.8.2.4 Aceros aleados**

Este tipo de aceros llegan a contener en su composición química una proporción de varios elementos con la finalidad de poder mejorar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas especiales. En los aceros aleados se pueden agregar elementos como el carbono, molibdeno, cobre, cromo, tungsteno, vanadio, níquel entre otros, en cantidades que excedan las cantidades mínimas establecidas. (MIPSA, 2020)

#### **2.8.3 Aluminio**

Es un material ligero, es blando pero muy resistente y su aspecto es gris plateado. La densidad que presenta es aproximadamente el tercio del acero, es maleable y dúctil, apto para la fundición y el mecanizado. (García García, 2013)

El aluminio es un material de construcción blando y maleable el cual tiene un valor entre los 160-200N/mm<sup>2</sup> de límite de resistencia de tracción. Se aclara que este tipo de material presenta un punto de fusión muy bajo con respecto a otros materiales por lo que se dificulta el proceso de soldadura. (Vidal, 2021)

El aluminio es el material que se usa para la fabricación de prototipos, en las actuales competiciones es el material que más se usa para la fabricación de los bastidores de doble viga de motocicleta. (Vidal, 2021)

##### **2.8.3.1 Serie 1000**

La composición de esta serie presenta al aluminio con un mínimo de pureza de 99%. Las características principales que presenta esta serie de aluminios son que tiene alta

resistencia a la corrosión, este material no es tóxico, tiene excelente acabado, excelente maleabilidad y tiene una alta conductividad eléctrica y térmica. Los usos que se puede dar a este tipo de series son como recipientes y materiales de radiación. (MIPSA, 2020)

#### **2.8.3.2 Serie 2000**

La composición de este tipo de serie de aluminios es que son aleados con cobre y presentan unas características como la alta resistencia mecánica, alta resistencia a la corrosión y una buena maquinabilidad. El uso que se puede dar a este tipo de material es para rines de camiones, suspensión de camiones y los fuselajes de aviones. (MIPSA, 2020)

#### **2.8.3.3 Serie 4000**

Esta serie de aluminio presenta una composición de aleación con el silicio el cual hace que presente una alta resistencia al calor. El uso que se puede dar a este material es para las aplicaciones arquitectónicas y la fabricación de pistones de motores de combustión interna. (MIPSA, 2020)

#### **2.8.3.4 Serie 6000**

Esta serie presenta una composición de aleación con silicio y magnesio el cual hace que presente una buena resistencia mecánica, una buena resistencia a la corrosión, buena maquinabilidad y una buena soldabilidad. Esta serie se las usa en aplicaciones arquitectónicas, cuadros de bicicletas, pasamanos de los puentes y equipo de transporte.

#### **2.8.3.5 Serie 7000**

Esta serie presenta una composición de aleación con el Zinc el cual hace que presente una alta resistencia mecánica. El uso de este material se da en estructuras de los aviones, equipos móviles. (MIPSA, 2020)

#### **2.8.4 Fibra de carbono**

Es un material compuesto de plástico reforzado con grafito o también con fibras de carbono. La fibra de carbono es un material de coste elevado, pero es fuerte y ligero. La resina es habitualmente epoxi, aunque el poliéster también se usa como base para la fibra de carbono. La densidad que tiene es de 1.750 kg/m<sup>3</sup>. Las características que presenta la fibra de carbono es que este material es conductor eléctrico y de baja conductividad térmica, también posee una gran resistencia mecánica, con un módulo de elasticidad elevado, también posee una baja densidad en comparación con otros materiales como el acero. (García García, 2013)

##### **2.8.4.1 Tipos de Fibra de Carbono**

##### **2.8.4.2 Ultra alto modulo**

En sus siglas (UHM), presenta un módulo de elasticidad superior a los 5000 Gpa. (Odiario, 2018)

##### **2.8.4.3 Alto módulo**

En sus siglas (HM) presenta un módulo de elasticidad superior a 300 Gpa y una relación resistencia a la tracción/módulo de tensión menor del 1%. (Odiario, 2018)

#### **2.8.4.4 Alta Fuerza**

En sus siglas (HT) presenta valores de resistencia a la tensión superiores a los 3 Gpa y también relaciones a resistencia a la tracción/módulo de 0.015 – 20. (Odiario, 2018)

#### **2.8.4.5 Modulo Intermedio**

En sus siglas (IM) tiene un módulo de tensión superiores a 300 Gpa y relación de resistencia a la tracción/módulo del orden de 0.01. (Odiario, 2018)



## Capítulo III

### 3. Proceso

#### 3.1 Diseño del Bastidor

Para verificar que se tomó la decisión correcta del tipo de chasis que se va a construir, se elaborara una evaluación matemática del como cumplen las necesidades mencionadas anteriormente, se asignaran valores numéricos a las necesidades según sea su nivel de importancia, de igual manera se evaluara con valores numéricos de la calidad que cumple el tipo de chasis (García García, 2013)

**Tabla 4**

*Niveles de Importancia y Cumplimiento*

<b>IMPORTANCIA</b>	<b>VALOR</b>	<b>CUMPLIMIENTO</b>	<b>VALOR</b>
ALTA	3	BUENO	3
MEDIA	2	REGULAR	2
BAJA	1	MALO	1

Teniendo los valores numéricos de la tabla 4, se elabora una tabla que especifique las distintas necesidades con cada valor numérico que le corresponda. Después se realizará el cálculo  $\text{Importancia} \times \text{Cumplimiento}$  y se calculará el resultado que obtenga cada necesidad para cada tipo de chasis. El resultado que se obtendrá de estos cálculos nos ayudará a poder seleccionar el tipo de chasis.

Tabla 5

*Importancia por Cumplimiento*

Necesidades	Importancia	Cumplimiento			Resultados		
		Multitubular	Simple cuna cerrado	Doble cuna	Multitubular	Simple cuna cerrado	Doble cuna
<b>Peso</b>	3	2	2	2	6	6	6
<b>Espacio</b>	2	3	2	2	6	4	4
<b>Material</b>	3	3	2	2	9	6	6
<b>Fabricación</b>	2	2	2	2	4	4	4
<b>Rigidez</b>	3	3	2	2	9	6	6
<b>Resistencia a impactos</b>	2	2	2	2	4	4	4
<b>Montaje</b>	2	3	3	2	6	6	4
				<b>Total</b>	44	36	34

La tabla 5 muestra la importancia del cumplimiento del chasis en base a las diferentes necesidades demostrando que el tipo de chasis que mejor necesidad presenta es el chasis multitubular. La rigidez que presenta este tipo de chasis y el poco peso que puede presentar hace que sea una opción viable y favorable a la hora de la selección del tipo de chasis. Por lo tanto, la decisión que se toma será la de fabricar este tipo de chasis.

### 3.1.1 Selección del Material para la Construcción del Bastidor

Se ha definido cada uno de los tipos de materiales y se comprobó el tipo de materiales que son permitidos por las organizaciones de competición. (García García, 2013)

A continuación, se realizará una tabla en el cual se enumerará a las necesidades que se requiere del material según el nivel de importancia.

**Tabla 6**

*Niveles de Importancia y Cumplimiento*

<b>Importancia</b>	<b>Valor</b>	<b>Cumplimiento</b>	<b>Valor</b>
<b>Alta</b>	3	<b>Bueno</b>	3
<b>Media</b>	2	<b>Regular</b>	2
<b>Baja</b>	1	<b>Malo</b>	1

Teniendo la tabla 6 de niveles de importancia y cumplimiento se procede a realizar el cálculo de Importancia x Cumplimiento, al final se recogerá todos los valores y se los sumará con la finalidad de poder escoger el tipo de material que mejor se ajuste a las necesidades para la fabricación del bastidor.

**Tabla 7***Importancia x Cumplimiento*

Necesidades	Importancia	Cumplimiento			Resultados		
		Fibra de carbono	Alumini o 6028	Acero ASTM A-36	Fibra de carbono	Aluminio 6028	Acero ASTM A-36
Fabricación	3	1	2	3	3	6	9
Costo	2	1	2	3	2	4	6
Resistencia a impactos	3	1	2	3	3	6	9
Accesibilidad	3	1	1	3	3	3	9
Peso	1	3	2	1	3	2	1
				<b>Total</b>	14	21	34

El tipo de material que mejor se adaptan a las necesidades antes mencionadas son el acero ASTM A-36.

Las ventajas de este tipo de material (acero), es barato y fácil de trabajar, también presenta una gran absorción de vibraciones, torsiones o impactos. Se toma en cuenta que el acero absorbe impactos teniendo una gran resistencia a no romperse. Consideramos al acero como el material idóneo el cual puede cumplir con las necesidades que buscamos. (García García, 2013)

Es por eso que el material que se escogió para la construcción del prototipo de bastidor de moto3 es el acero. El acero que se va a usar para la construcción será el acero ASTM A-36 de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

### **3.1.2 Selección del Tipo de Basculante**

Se realizará una evaluación de cálculo para verificar si cumple con las necesidades establecidas anteriormente dicho. Como primer paso se elige el tipo de basculante que se

fabricara el doble brazo, tubular. Se va a comparar estos dos modelos teniendo en cuenta las necesidades. A continuación, se va a valorar cada una de las necesidades según su nivel de importancia. (Camacho Segura, 2013)

**Tabla 8**

*Tabla de Valores*

Cumplimiento	Valor	Importancia	Valor
Bueno	3	Alta	3
Regular	2	Media	2
Malo	1	Baja	1

Se va a elaborar una tabla con las necesidades requeridas que requiere tener el basculante, a cada una de las necesidades se dará un valor de importancia y cumplimiento. En ese momento se realizará el cálculo de Importancia x Cumplimiento, al final se sumará los resultados y se verificará que tipo de basculante se adapta mejor a nuestras necesidades. (Camacho Segura, 2013)

**Tabla 9**

*Importancia x Cumplimiento*

Necesidades	Importancia	Cumplimiento		Resultados	
		Doble brazo	Monobrazo	Doble brazo	Monobrazo
Rigidez	3	3	2	9	6
Peso	3	2	2	6	6
Resistencia a impactos	3	3	3	9	9
Fabricación	1	3	2	3	2
Cargas	3	3	2	9	2
<b>Total</b>				36	25

En la tabla 9 nos presenta el resultado que se obtuvo para la elección del modelo de basculante, el que mejor se aplica a las necesidades requeridas es el de doble brazo.

A partir de este punto se realiza otra tabla para decidir la forma del basculante, es decir su forma estructural, teniendo como dos opciones doble viga y estructura tubular. (Camacho Segura, 2013)

**Tabla 10**

*Importancia x Cumplimiento*

Necesidades	Importancia	Cumplimiento		Resultados	
		Doble Viga	Tubular	Doble viga	Tubular
Rigidez	3	3	3	9	9
Cargas	3	3	3	9	9
Peso	3	3	2	9	6
Dificultad	3	2	2	6	6
Coste	3	3	2	9	6
Resistencia a impactos	3	3	2	9	6
			Total	51	42

En la tabla 10 mediante la Importancia x Cumplimiento se tiene como resultado que el de doble viga tiene una ventaja en la característica de resistencia a impactos, por ende, se opta por la elección del sistema estructural de doble viga, como resultado general el tipo de basculante que mejor se ajusta a las necesidades requeridas es el basculante de doble brazo de material acero con estructura de doble viga.

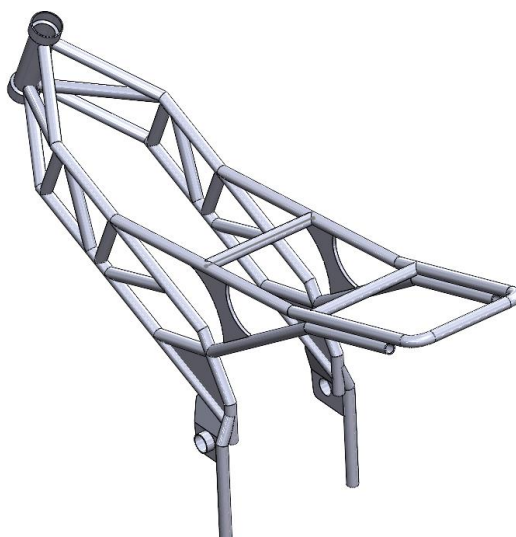
### 3.2 Diseño del chasis

Para realizar el diseño del chasis se tomó como base principal el modelo del chasis perimetral tipo viga y mediante a medidas ya establecidas se realiza el modelado en un programa de diseño paramétrico donde obtendremos el modelo que servirá para la construcción del chasis de igual forma se evaluará el comportamiento mecánico del material sometido a cargas de diseño durante el funcionamiento de la motocicleta.

Para el modelado del chasis se escoge la tubería de diámetro de 19.05 mm y de acero estructural con espesor de 2mm para toda la tubería este material es considerado como medida estándar en el país y es de fácil adquisición para el proyecto planteado en la siguiente figura se presenta el modelado de la estructura en 3D y se trabajó con la librería de elementos estructurales de un programa de simulación CAD.

**Figura 29**

*Modelo de Chasis propuesto*



### ***3.2.1 Análisis estático de la configuración del chasis propuesto***

Esta configuración ofrece muy buenas características de rigidez, resistencia a impactos, extracción de calor del habitáculo del motor, fácil acceso para arreglos mecánicos, un peso adecuado por lo que se somete a cargas que actúan durante el funcionamiento de la motocicleta para el análisis se determinan la estructura como tipo viga lo que nos permite realizar el análisis de forma simplificada.

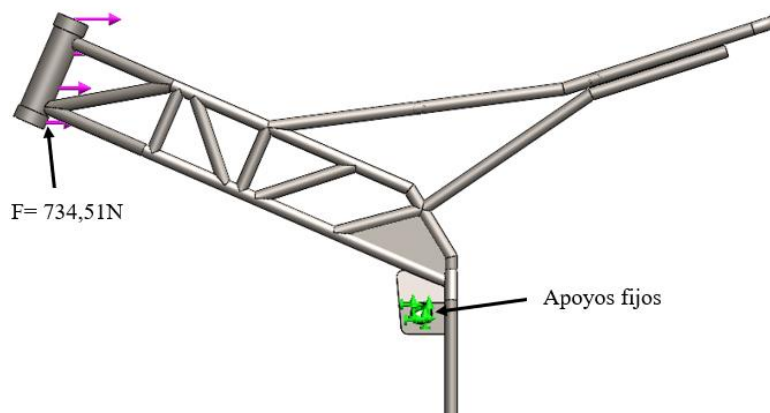
En la presente investigación se determina los resultados del proceso de simulación computacional por el método de los elementos finitos así tenemos que en un análisis estructural se obtienen resultados de tensión equivalente o esfuerzos cortantes máximos por lo que en este estudio se evalúa las siguientes condiciones:

- Análisis torsional
- Esfuerzo axial máximo
- Desplazamiento máximo

Para obtener los esfuerzos actuantes en el chasis se aplicó la carga frontal que genera el chasis siendo de 734,510N, esta carga se aplica en el eje de la dirección del chasis.

### Figura 30

*Aplicación de cargas y apoyos fijos en el chasis*

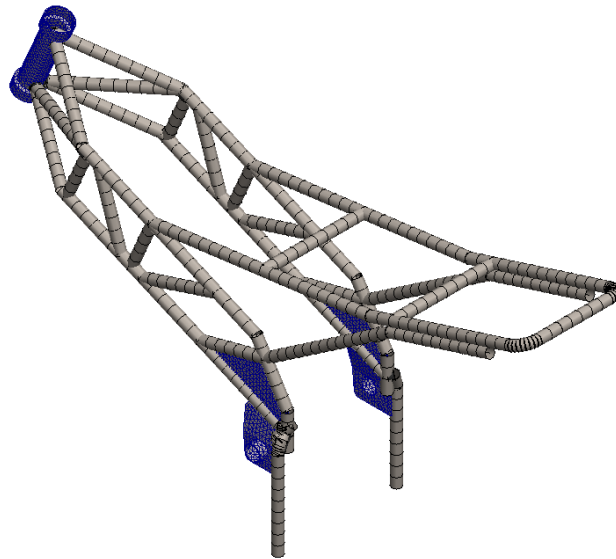


Para realizar un proceso de simulación que garantice los resultados es importante realizar el mallado de forma adecuada de acuerdo al problema que estamos analizando por lo tanto para este estudio se realizó un mallado fino en las placas y en el tubo de la dirección mientras que en la estructura tubular como se realizó con la librería de estructura soldada del programa de simulación CAD se trata estos elementos como tipo viga lo que reduce el consumo computacional en la figura 31 se presenta el mallado obtenido en esta geometría.



**Figura 31**

*Mallado de la estructura del chasis*



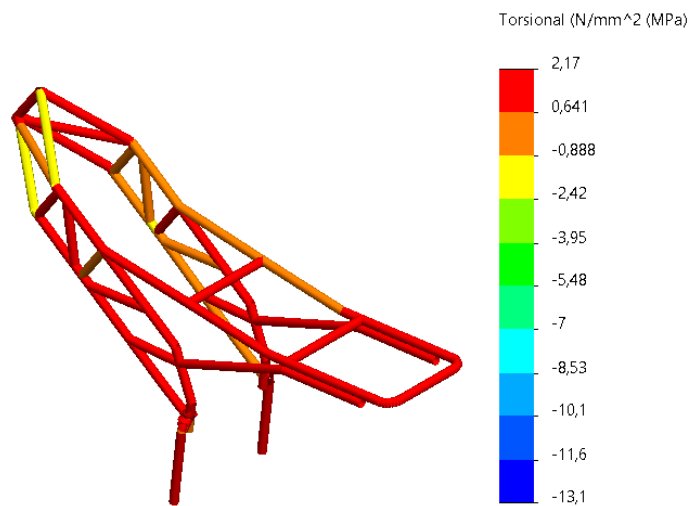
### **3.2.2 Análisis de resultados**

El análisis de resultados de la resistencia estructural del chasis se refiere a la simulación computacional que mediante la aplicación de ecuaciones de resistencia de materiales calcula los esfuerzos internos.

Este tipo de análisis permite conocer los esfuerzos resultantes debido a las cargas a las cuales está sometido el chasis y es una magnitud física proporcional a la energía de la distorsión en la figura 32 se presentan los resultados del análisis.

**Figura 32**

*Análisis torsional del chasis propuesto*



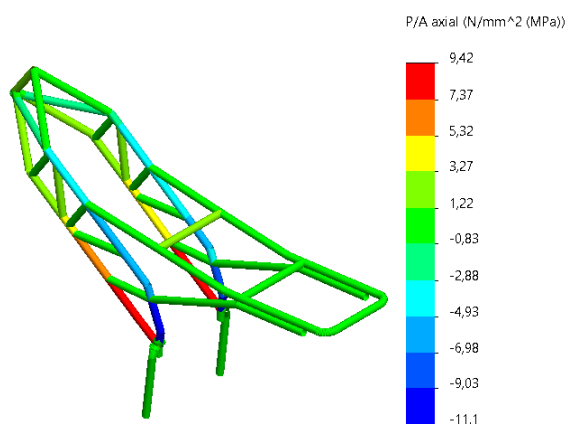
*Nota.* Los valores obtenidos en este análisis son aceptables por lo que la estructura está cumpliendo con el objetivo de resistir durante su funcionamiento.

El esfuerzo torsional mostrado en la figura 32 indica las zonas en color rojo donde los esfuerzos elevados son de color rojo mientras los colores en azul indican regiones con concentración de esfuerzo muy bajas. Además, el esfuerzo máximo es de 2,17 MPa y se genera en los tubos cercanos al área de anclaje del chasis como se evidencia el esfuerzo máximo no sobrepasa la zona elástica del material lo que garantiza la resistencia del chasis.

En la figura 33 se presenta el esfuerzo axial del chasis obteniendo un valor máximo de 9,43 MPa, y se evidencia por el color rojo de la figura que se encuentra cerca de los anclajes fijos del chasis en general el comportamiento de la estructura es de color verde que presenta esfuerzos mínimos de 0,83 MPa.

**Figura 33**

*Esfuerzo axial del chasis propuesto*

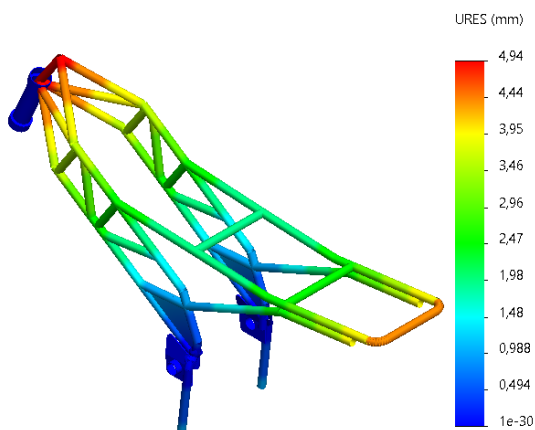


*Nota.* Los esfuerzos axiales no sobrepasan el límite del material por lo tanto resiste la estructura

Con la carga aplicada también se verifica el desplazamiento que sufre la estructura durante su funcionamiento estos valores se muestran en la figura 34 y el máximo desplazamiento se genera en el área donde esta aplicada la carga y es de 4,94 mm se evidencia por el color rojo de los tubos en la simulación.

**Figura 34**

*Desplazamientos de la estructura del chasis*



*Nota.* El desplazamiento máximo que sufre el chasis es de 4,94 mm

Así mismo los desplazamientos que presenta la figura se representa por el rango de colores de la figura 34 donde el color rojo es el máximo desplazamiento que presenta la estructura con un valor de 4,48 mientras va disminuyendo gradualmente hasta el color azul que tiene un valor de  $1e-30$  y se localiza en la parte donde está fijado el chasis.

### 3.3 Construcción del chasis

Se procede a sacar moldes con una varilla moldeable, dimensionando ya la estructura tubular para proceder a cortar los tubos con las respectivas medidas del molde para proceder a los cortes.

#### Figura 35

*Perfil del tubo para formar el chasis*



En la siguiente fase se mide los tubos y se cortan a la medida para proceder al doblado correspondiente. Se procede al doblado en frío, ya que el material no requiere algún tipo de calentamiento para el doblado de la geometría del tubo. Se señala un punto para el inicio del

doblez, mediante este proceso se va verificando con el molde para que tenga los dobleces correspondientes.

### **Figura 36**

*Posición del tubo en la matriz para doblar*



Se doblan los tubos a pulso, es decir con fuerza manual para así obtener el doblado deseado y evitar algún tipo de defecto que se puede presentar durante el procedimiento. Se procede a revisar que el doblez este correcto y se procede a cortar las otras partes de los tubos para proceder a su soldadura.

### **Figura 37**

*Herramienta para doblar el tubo*



Se escoge el proceso de soldadura MAG (Metal Active Gas) se conoce también como GMAW (Gas Metal Arc Welding) o soldadura de hilo. Este tipo de soldadura se da por fusión por arco el cual utiliza un alambre electrodo macizo, esto provoca que el arco y el baño de soldadura estén protegidos de la atmósfera por medio de gas suministrado por una fuente externa (Morales, 2014).

#### Estructura soldadura MAG:

1. Conexión a red
2. Fuente de potencia
3. Juego de cables
4. Cable de masa
5. Antorcha de soldadura
6. Toma de masa
7. Pieza de trabajo
8. Material de aporte
9. Gas protector

#### Figura 38

*Máquina de soldar MAG*



*Nota.* Tomado de (Morales, 2014)

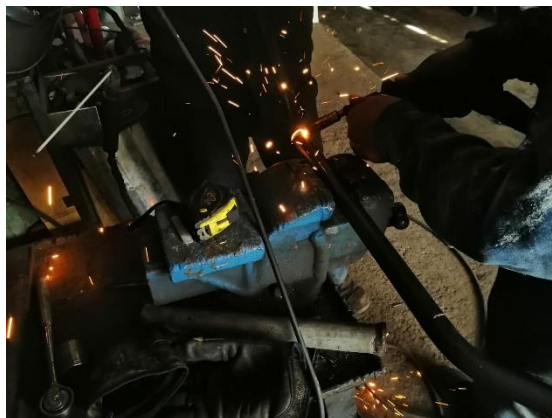
La máquina que se usa para soldar es una Soldadora Inverter Prowar de 250A, que sirve para realizar la soldadura en cualquier posición, esta máquina usa corriente continua para el proceso de soldadura. El electrodo consumible (alambre), que se usó en este proceso es de 1.2 mm de diámetro.

El gas utilizado para el proceso de soldadura es el CO<sub>2</sub>, este gas se ocupa como material protector y es muy conocida en las técnicas de soldar MIG/MAG, el CO<sub>2</sub> destaca por ventajas sobre todo si el material expuesto al proceso se vincula con los aceros, si la concentración del arco es buena proporciona una potencia de penetración mayor e incrementa la resistencia al agrietamiento. (GASEX, 2021).

Para empezar el proceso de soldadura primero se corta los tubos de estructura a las medidas establecidas por el molde antes realizado, se procede a verificar si está cortado correctamente se pasa la amoladora por los filos quitando la limalla del material cortado. Se conecta la masa y se comienza colocando un punto de soldadura y se verifica que vaya tomando forma.

### **Figura 39**

*Proceso de soldadura*



Teniendo el par de tubos principales o superiores, se sitúan el par de tubos a soldar en el soporte de la horquilla, se realizan marcas en los mismos para tener el lugar de referencia donde se van a soldar.

#### **Figura 40**

*Tubos para formar el chasis en la parte superior*



Posteriormente se procede a colocar los tubos para dar la forma del chasis que se ha seleccionado para este estudio, eso se indica en la figura 41.

#### **Figura 41**

*Inicio del ensamble del chasis*





Como primer paso se verifica los puntos establecidos donde van a ir los tubos en el soporte de la horquilla, se realiza puntos de soldadura para verificar que este simétrico, recto. Se coloca pequeños soportes para evitar que se mueva mientras se verifica que no exista ningún error. Se realiza la soldadura en los puntos establecidos moviendo la pistola de un lado a otro de una manera constante para así evitar fallos en la soldadura en caso de que el alambre salga demasiado o se quede pegado al metal se debe detener el proceso de soldadura y cortar el alambre para evitar defectos en la soldadura.

#### **Figura 42**

*Ubicación del eje de dirección*



Después de haber soldado los primeros pares de tubos al soporte de la horquilla y verificar que estén a escuadra con la ayuda de una escuadra se procede a soldar los tubos inferiores.

**Figura 43**

*Colocación del chasis en un jip de soldadura para comprobar que sean paralelos los tubos.*



A continuación, se prepara los tubos correspondientes para la triangulación, esta triangulación tiene como finalidad el de ayudar a distribuir las cargas que recibe el bastidor para que puede disminuir la flexión que produce el bastidor durante el manejo.

**Figura 44**

*Preparación de tubos para el tejido de la estructura*



La colocación de los tubos de triangulación debe realizarse con sumo cuidado ya que si se los coloca de manera errónea no podrá cumplir su función y los efectos que puede causar al bastidor pueden ser graves llegando a superar la tolerancia del material y fracturándolo.

Como primer paso se tiene listo la forma en las que va a estar distribuidas los tubos de triangulación del bastidor, se va colando uno a uno en los puntos establecidos, se coloca y se va poniendo puntos de soldadura para verificar que estén correctamente colocados, el mismo proceso se repite para todo el proceso de triangulación. Al momento de colocar los otros tubos en la otra cara del bastidor se observa que los tubos esten simetricos para que no exista ninguna falla en la distribución.

#### **Figura 45**

*Soldadura de elementos del tejido de la estructura*



Para completar el bastidor se coloca una placa en la parte superior con la finalidad de que se suelde la placa para la colocación de un tubo que servirá de apoyo para la colocación de las bases del motor, para el basculante se sobrepone al costado un pedazo de tubo y se lo suelda con la finalidad de obtener las medidas establecidas para la colocación del bastidor.

**Figura 46**

*Soldado de placas de refuerzo en el chasis*

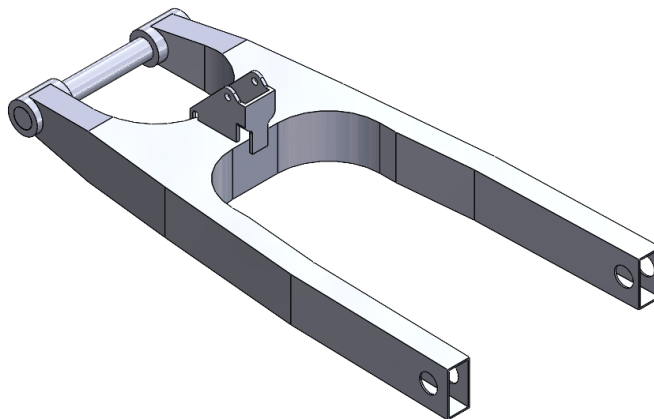


### **3.4 Basculante**

Se realizo un modelo del basculante en el programa simulación CAD de diseño 3D para obtener las medidas exactas para la fabricación y colocación del basculante se le suelda una placa de perfil semi redondo a su misma vez se les perfora a las placas para soldar unos bocines que ayuden a la placa a la colocación del bastidor, en sí ayuda como una guía de colocación para el basculante.

**Figura 47**

*Basculante modelado en 3D*



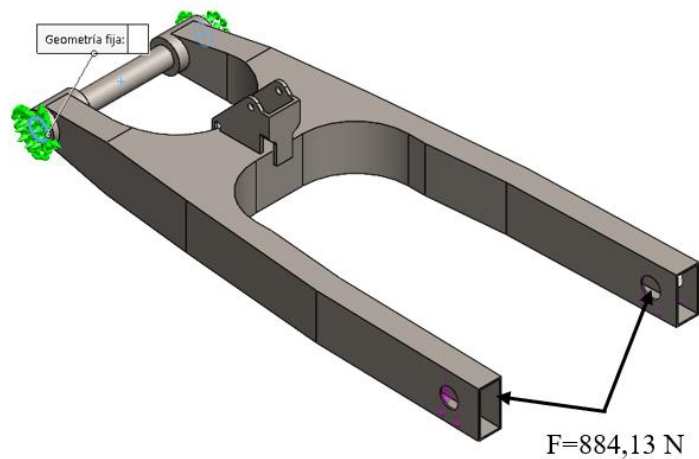
### 3.4.1 Simulación del basculante por método de elementos finitos

Para la simulación del basculante es necesario determinar el material con el cual se va a construir en este caso es el Acero ASTM A-36 y se toma en cuenta que la motocicleta está en reposo aplicando la carga actuante en el eje trasero de la moto este valor es de 884,13 MPa.

En la siguiente figura se indica la aplicación de la carga en las caras donde se conecta el basculante con el eje trasero de la motocicleta.

**Figura 48**

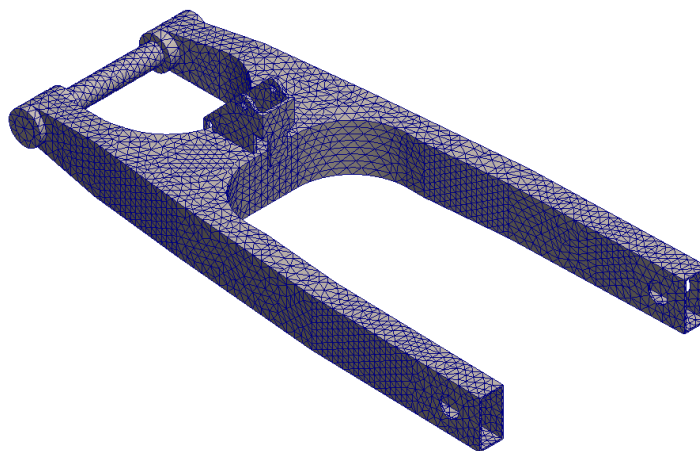
*Aplicación de la carga*



Posteriormente se realiza el mallado de la estructura como ya se indicó se realiza un mallado fino que garantice obtener resultados óptimos en la simulación de resistencia del basculante en la siguiente figura presentamos la geometría mallada.

**Figura 49**

*Mallado del basculante*

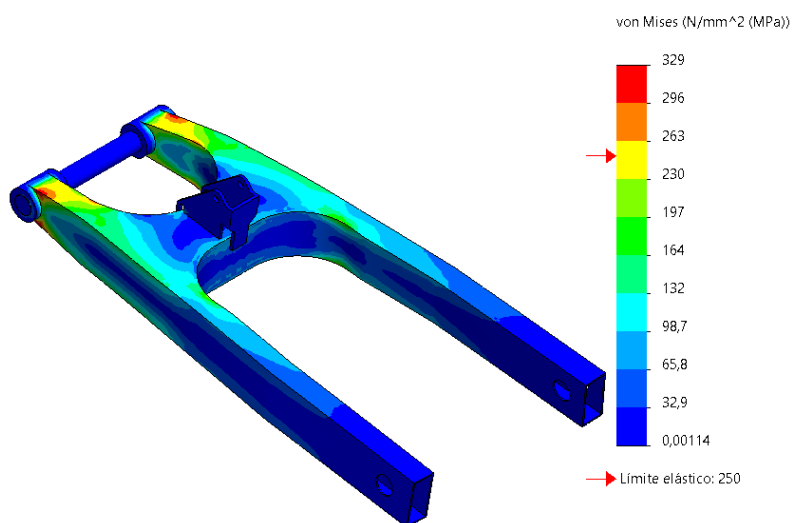


### **3.4.2 Análisis de resultados del basculante**

Después de aplicar las condiciones de borde en el basculante se procede a verificar los resultados obtenidos en la simulación siendo el valor máximo de 329 MPa y se observa con el color rojo cerca del anclaje fijo del basculante ver figura 50.

**Figura 50**

*Análisis del esfuerzo de Von Mises*



El esfuerzo de Von Misses máximo obtenido en la simulación es de 329 MPa y se representa en la escala de colores donde el color rojo representa el esfuerzo máximo y el color azul representa el esfuerzo mínimo que es de 0.000345 MPa también se tiene esfuerzos intermedios de color verde con un valor de 201 para determinar el factor de seguridad se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$F_s = \frac{\text{limite elastico del material}}{\text{esfuerzo maximo de Von Misses}}$$

F<sub>s</sub>: Factor de seguridad

Limite elástico del acero A36= 250 MPa

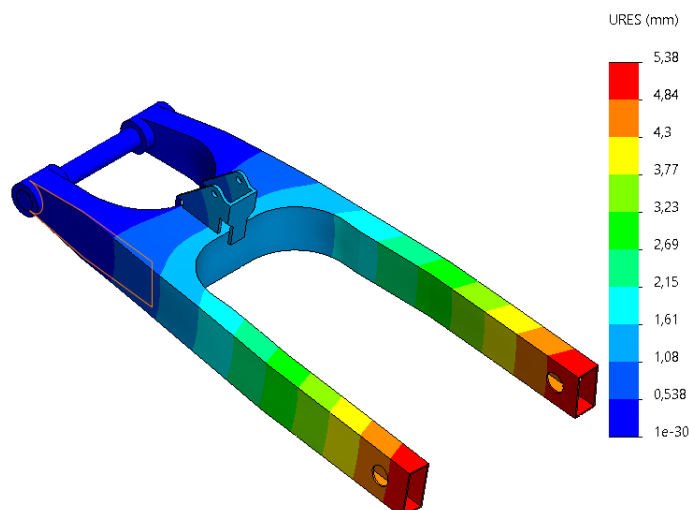
Esfuerzo máximo de Von Misses = 334 MPa

$$F_s = 0.742$$

Este valor se verifica que se genera en la posición donde el basculante empieza a oscilar o tiende a girar para evitar este factor de seguridad mínimo se realiza una placa que van a ser colocada en el basculante y de esta manera obtener valores aceptables de diseño para validar el correcto funcionamiento de los elementos del chasis ver figura 52.

### Figura 51

*Análisis de desplazamiento del basculante*



Además, se verifica los desplazamientos del basculante siendo los desplazamientos máximos en la posición donde conecta con la rueda de la motocicleta y es de color rojo que indica el desplazamiento máximo con un valor de 5,38 mm y el esfuerzo mínimo es de color azul con valores inferiores que no afectan el correcto funcionamiento del basculante.

### 3.5 Construcción del basculante

Para la construcción del basculante se escogió el de doble brazo tipo doble viga, en la elaboración del basculante se usó dos tubos de acero negro rectangular ASTM A-36, para la parte delantera se coloca unos bocines en cada brazo del basculante con un tubo en la mitad para que pueda realizar las oscilaciones que produce el basculante en movimiento también sirve como protección del perno al que hace unión con el bastidor.

#### Figura 52

*Colocación de bocines en el bastidor*



Para el refuerzo del basculante y la unión de los dos brazos se colocó una biga de acero negro de 3mm en forma de "H" el cual tiene como función unir los brazos del basculante y actuar como refuerzo de doble viga para la ubicación del amortiguador trasero se coloca una



placa doblada en 2 partes logrando una forma cuadrada y cortando las partes esquineras para que asiente en el basculante.

### Figura 53

*Basculante terminado*



### 3.6 SubChasis

Se procederá a la construcción del subchasis con el proceso de corte y soldadura de los tubos correspondientes a esta estructura, se usó el mismo tipo de soldadura que se usó en el proceso de fabricación del bastidor la Soldadora Inverter Prowar de 250.

Al momento de soldar el tubo superior con el inferior se verifica que la distancia del subchasis sea la correcta, se procede a colocar puntos de soldadura al final de la estructura, se verifica la forma de la pieza, al momento de tener ya las dos piezas que conforman el subchasis, se procede a soldar en la parte final de los tubos creando dos estructuras en forma triangular.

**Figura 54**

*Tubos del Subchasis*



Teniendo lista las dos estructuras se verifica que estén perfectamente iguales, se verifica su rectitud a escuadra, Se realiza un punto de soldadura para revisar que las estructuras estén completamente simétricas.

**Figura 55**

*Soldadura de estructuras*



Para la parte inicial de las estructuras se sueldan dos placas cortas simétricamente para que al momento de colocarlas y soldarlas queden perfectamente iguales y simétricas a la vista, esta placa tiene como función ayudar al subchasis a resistir la carga que el conductor genera para así evitar deformaciones en el subchasis.

**Figura 56**

*Placa de refuerzo para el Subchasis*



Después se corta un tubo y se prepara una estructura de forma en "I" y se las suelda a las estructuras del subchasis, éste actúa como una unión entre las dos estructuras para culminar el proceso del subchasis se suelda platinas de igual manera que actúen como uniones. Se sueldan diferentes pedazos de platinas creadas para asentar perfectamente al subchasis tubular con el fin de ayudar a la colocación del cableado de la motocicleta.

**Figura 57**

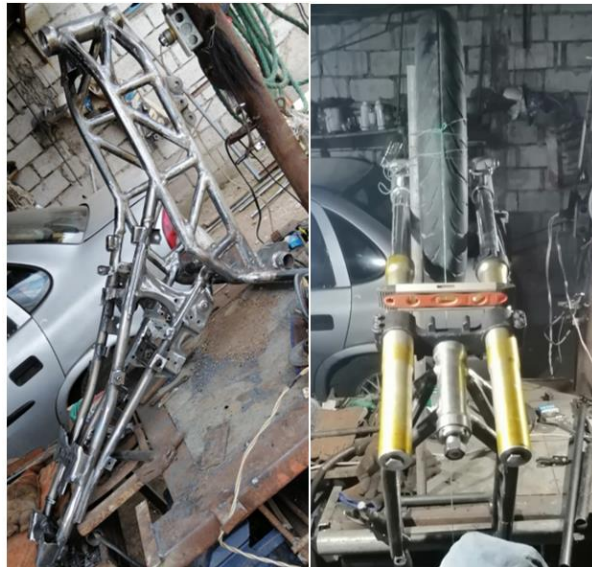
*Platinas de anclaje del subchasis*



Como paso final se une el subchasis con el bastidor mediante soldadura, se comprueba que el subchasis este recto para esto se coloca las barras con su neumático y se verifica su rectitud.

### **Figura 58**

*Verificación y comprobación de linealidad del subchasis y bastidor*



### **3.7 Proceso de Pintura del Bastidor y Basculante**

El tipo de proceso que se eligió para el pintado es el proceso bicapa. Para el proceso de pintura se coloca el bastidor y el basculante en una posición segura libre de polvo y de humedad además es necesarios fijar las piezas esto ayuda a tener un mejor control mientras se pinta las piezas. Como primer paso se limpia totalmente el bastidor y basculante con una franela y thinner. Se lo pasa por toda la estructura.

Después de realizar la limpieza de toda la estructura se prepara el fondeo, el proceso de fondeo, consiste en pasar pintura de base con la finalidad de que al momento de aplicar la

pintura seleccionada se adhiera correctamente a la estructura dando el acabado deseado. Por lo que el color de fondo será de color verde, se prepara la pintura y se coloca en la pistola para proceder a realizar el fondeo en las estructuras.

### Figura 59

*Preparación de pintura para el fondeo del basculante y bastidor*



### Figura 60

*Fondeo del basculante y bastidor*



Ya teniendo toda la estructura fondeada se deja secar y se prepara la pintura que se estableció. La pintura que se escogió es color plateado (mate) con tonalidad un poco oscura.

El primer paso es colocar la pintura plateada en un recipiente y colocar en el mismo recipiente pintura negra para que vaya teniendo la tonalidad plateada que se deseada. Una vez teniendo ambas pinturas en el mismo recipiente se procede a mezclar y colocar thinner, de igual manera se sigue mezclando. Como paso final para tener la pintura lista se coloca catalizador automotriz y se mezcla. Se coloca la pintura en la pistola de aire y se procede a pintar las estructuras.

### **Figura 61**

#### *Preparación de Pintura Plateada*



### **Figura 62**

#### *Colocación de Catalizador Automotriz*





Se procede a pintar las estructuras de manera cuidadosa verificando que no exista suciedad en las piezas para evitar fallas en el proceso de pintado.

**Figura 63**

*Proceso Finalizado de pintura del Bastidor*



**Figura 64**

*Proceso Finalizado de pintura del Basculante*



Para finalizar se procede al armado de todos los sistemas que conlleva la motocicleta verificando que todos los sistemas estén en su total funcionamiento para proceder a realizar las pruebas de manejo.

### **Figura 65**

*Armado de Motocicleta*



### **3.8 Presupuesto**

El presupuesto de esta investigación se indica en la tabla que se presenta a continuación donde se toma en cuenta el costo de los materiales necesarios para el ensamble del chasis.



**Tabla 11***Presupuesto de materiales*

<b>Nombre de Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unidad</b>	<b>Precio total</b>	<b>Total</b>
Acero ASTM A-36 Tubular ¾	3	\$40	\$120	\$120
Acero ASTM A-36 rectangular	2	\$40	\$80	\$80
Placas	1	\$12	\$12	\$12
Platinas	4	\$20	\$80	\$80
Rollo de alambre diámetro 1.2mm	1	\$40	\$40	\$40
Discos de corte	2	\$4	\$8	\$8
Discos de desbaste	2	\$5	\$10	\$10
Fondo de pintura	1	\$20	\$20	\$20
Pintura	1	\$30	\$30	\$30
Thinner Industrial	1	\$15	\$15	\$15
Catalizador Automotriz	1	\$30	\$30	\$30
Brocas	1	\$8	\$8	\$8
Bocines	4	\$15	\$60	\$60
Herramientas mecánicas		\$200	\$200	\$200
CO2	1	\$30	\$30	\$30
Con táctiles de sueda MIC	2	\$5	\$10	\$10
			<b>Total</b>	<b>\$753</b>

## Capítulo IV

### 4. Conclusiones y Recomendaciones

#### 4.1 Conclusiones

Con las investigaciones realizadas se obtuvo información para el diseño, implementación y fabricación de las piezas que componen el chasis y basculante de la motocicleta de competencia, debido al material existente en el país y la investigación bibliográfica realizada se determina que el diseño más adecuado para la construcción del bastidor es el multitubular.

Se selecciona como material base para la construcción del bastidor el acero ASTM A-36 debido a su bajo costo y gracias al análisis computacional realizado se comprobó que con la implementación de este material la motocicleta no sufrirá de fallas por las cargas aplicadas durante su funcionamiento.

En el programa de simulación CAD se realiza el modelado en 3D del chasis de la motocicleta y se comprueba la resistencia estructural del chasis y basculante obteniendo buenos resultados.

Obteniendo los planos de diseño del programa de simulación CAD se construyó un bastidor y subchasis con tubería ASTM A-36 de diámetro 19,05mm para finalmente cortar, doblar, ensamblar, soldar la tubería, pintar y montar el chasis en la motocicleta.

En las pruebas de funcionamiento realizadas en la motocicleta se ha obtenido buenos resultados en cuanto a resistencia estructural, demostrando que el bastidor esta

correctamente fabricado y balanceado, por lo que la motocicleta no presenta ningún tipo de vibraciones.

#### **4.2 Recomendaciones**

Realizar una proyección previa de costos del proyecto para poder tomar mejores decisiones en cuanto al material o procesos de manufactura que faciliten el ensamble armado y garanticen la calidad del producto final.

Para el proceso de construcción realizar matrices o puntos de soldadura para evitar fallas o desviaciones de la tubería con el fin de que las estructuras estén rectas y no existan desviaciones en el momento de ser soldados.

Crear plantillas para realizar el corte de la tubería y así lograr uniones perfectas al momento de soldar y evitar rellenar con soldadura porque eso debilita la estructura de la tubería.

Como es un prototipo existen varias alternativas en cuanto a la configuración geométrica, estructural, mecanismos, etc. Por lo que es importante acceder a información técnica de la fabricación y diseño de motocicletas.

## Bibliografía

- Arbeloa Murillo, M. (2010). Puesta a punto de un motor de 2 tiempos.
- Arias, P. (2003). MOTOCICLETAS (32a ed.).
- Camacho Segura, J. D. (2013). Diseño y desarrollo de basculante para motocicleta de 250cc para la “II Competición Internacional Motostudent”.
- Centro Zaragoza. (2012). Tipos de chasis de motocicleta. 8 شدمار ه; 99-117.
- Collantes Gil, A. (2012). Pre-diseño de basculantes y selección para la suspensión de una motocicleta de competición.
- Dorado García, R. (2013). Pre-diseño, cálculo y evolución del chasis de una motocicleta de competición.
- FIM World Championship. (2021). RÈGLEMENTS DU CHAMPIONNAT DU MONDE FIM DES GRANDS PRIX FIM WORLD CHAMPIONSHIP GRAND PRIX REGULATIONS.
- García García, I. (2013). Diseño y desarrollo de un chasis de una motocicleta de 250cc para la “II Competición Internacional MotoStudent”. Universidad Politécnica de Cartagena.
- GASEX. (2021). Ventajas del gas CO2 para soldar con métodos MIG/MAG - Gasex.
- MIPSA. (2020). Niquelado – MIPSA | Metales Industriales de Puebla S.A. de C.V. Expertos procesando metales.
- Morales, P. (2014). Soldadura MIG-MAG.
- Odiario. (2018). ¿Qué es la fibra de carbono? Concepto y para que sirve la fibra de carbono.
- Prado, L. (2021). Barra de acero retirada a frío ASTM 1030 G10300 de carbono/estándar de JIS S30C. Recuperado el 09 de agosto del 2021.  
<http://spanish.hydrauliccylindersteeltube.com/sale-11938985-cold-drawn-carbon-steel-bar-astm-1030-g10300-jis-s30c-standard.html>
- Revistamoto. (2017). Conoce el funcionamiento, tipos y usos del chasis en las motocicletas – Revista Moto.
- Rosiña Lopez, C. (2017). Proyecto de diseño del bastidor de una motocicleta de competición.
- Velázquez Kennedy, M. (2012). Propuesta de un basculante y sistema de suspensión para una moto de competición.
- Vidal, E. G. (2021). Diseño de chasis, basculante y carenado de una moto eléctrica de competición.

# Anexos