



**Implementación del sistema de frenos para el prototipo de un vehículo biplaza tipo polaris para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**

Borja Carrera, Stalin Fernando

Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica  
Carrera de Tecnología en Mecánica Automotriz

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

Ing. Arias Pérez, Ángel Javier

Latacunga

01 de septiembre del 2021



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **“Implementación del sistema de frenos para el prototipo de un vehículo biplaza tipo polaris para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** fue realizado por el señor **Borja Carrera, Stalin Fernando**, la cuál ha sido revisada en su totalidad y analizado 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, septiembre del 2021

**Ing. Arias Pérez, Ángel Javier**

**C.C: 0503454811**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## ANÁLISIS URKUND



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** MONOGRAFÍA BORJA.pdf (D112129532)  
**Submitted:** 9/6/2021 3:25:00 PM  
**Submitted By:** jc.altamiranoc@uta.edu.ec  
**Significance:** 4 %

## Sources included in the report:

TESIS QUINCHE CABASCANGO CESAR SANTIAGO.pdf (D78418457)  
[https://wikies.wiki/wiki/en/Brake\\_drum](https://wikies.wiki/wiki/en/Brake_drum)  
[http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14133/1/65957\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14133/1/65957_1.pdf)  
<http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/4044/1/65T00156.pdf>  
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/706/1/T-UIDE-0632.pdf>  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1503/1/FECYT%201332%20TESIS.pdf>  
<https://docplayer.es/75590701-Escuela-superior-politecnica-de-chimborazo-facultad-de-mecanica-escuela-de-ingenieria-automotriz.html>  
<https://www.slideshare.net/189301/gua-n-1-frenado-32180934>  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106408/COELLO%20-%20Dise%C3%B1o%20del%20sistema%20de%20frenado%20de%20un%20autom%C3%B3vil.%20C%C3%A1culo%20de%20la%20geometr%C3%ada%20materiales%20ener....pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106408/COELLO%20-%20Dise%C3%B1o%20del%20sistema%20de%20frenado%20de%20un%20autom%C3%B3vil.%20C%C3%A1culo%20de%20la%20geometr%C3%ADa,%20materiales,%20ener....pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
<https://es.slideshare.net/189301/gua-n-1-frenado-32180934>  
<https://1library.co/document/yr3841oy-redimensionamiento-construccion-implementacion-sistema-frenos-posteriores-hidraulico-vehiculo.html>  
<https://www.buenastareas.com/materias/cilindro-maestro-sistema-de-frenos/0>

## Instances where selected sources appear:

18

Ing. Arias Pérez, Ángel Javier

C.C: 0503454811

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Borja Carrera, Stalin Fernando**, con cédula de identidad N° 1723027148; declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía **“Implementación del sistema de frenos para el prototipo de un vehículo biplaza tipo polaris 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, septiembre del 2021

.....  
**Borja Carrera, Stalin Fernando**

**C.C: 1723027148**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo, **Borja Carrera, Stalin Fernando**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía “**Implementación del sistema de frenos para el prototipo de un vehículo biplaza tipo polaris 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, septiembre del 2021

.....

**Borja Carrera, Stalin Fernando**

**C.C: 1723027148**

### **Dedicatoria**

El presente proyecto se lo dedico primeramente a Dios, por todas sus bendiciones, por tenerme con salud y vida y por permitirme lograr este logro importante en mi vida. Además, una dedicatoria especial a mis amados padres Vicente Borja y Vilma Carrera, por sus consejos, apoyo incondicional durante toda mi vida y hoy se ve reflejado el esfuerzo que día a día hacen por mí, es un orgullo y bendición para mi tenerlos como padres. A mi querido hermano Darío por sus palabras de aliento y apoyo. A todos mis tíos, primos y amigos que de una u otra manera me han brindado su apoyo.

STALIN BORJA

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios, ya que él ha guiado cada uno de mis pasos para poder llegar hasta aquí.

Agradezco a mis padres y a mi hermano, por haberme acompañado en cada día de mi vida, por estar presentes en cada momento, por ese apoyo incondicional y desinteresado, gracias a ellos, he podido continuar y convertirme en un profesional. De todo corazón, son lo más preciado e importante que tengo en la vida y agradezco tanto, todo lo que han hecho por mí, para sacarme adelante.

Y, por último, agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por acogerme como su estudiante, por haberme permitido ingresar en sus salones de clase y forjar mi futuro, gracias a todos los maestros que impartieron sus conocimientos, para formarme como un profesional de excelencia.

STALIN BORJA

**Tabla de contenidos**

<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>2</b>
<b>Análisis 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 tablas .....</b>	<b>11</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>12</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>15</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>16</b>
<b>Planteamiento del Problema.....</b>	<b>18</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>20</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>21</b>
<b>General.....</b>	<b>21</b>
<b>Específicos.....</b>	<b>21</b>

Alcance .....	22
<b>Marco Teórico.....</b>	<b>23</b>
¿Qué son los sistemas de Frenos? .....	25
Frenos Usados en Vehículos de Competición tipo polaris. ....	26
Equipo de sistema de frenos.....	27
<i>Freno de Servicio.....</i>	<i>28</i>
<i>Frenos de Estacionamiento .....</i>	<i>30</i>
Accionamiento del Sistema de Frenos .....	31
<i>Frenos de tipo mecánico.....</i>	<i>31</i>
<i>Sistema de Frenos de tipo Hidráulicos .....</i>	<i>33</i>
Elementos que Componen el Sistema de Frenos .....	37
<i>Pedal de Freno.....</i>	<i>37</i>
<i>Cilindro Maestro.....</i>	<i>39</i>
<i>Cañerías .....</i>	<i>42</i>
<i>Líquido de Frenos.....</i>	<i>43</i>
<i>Depósito de Líquido de Frenos.....</i>	<i>48</i>
Accionamiento de Frenos con Potencia Asistida .....	49
<i>Servofreno.....</i>	<i>50</i>
Accionamiento de Frenos sin Potencia Asistida .....	50
Tipos de Freno de Rueda.....	51

	10
<i>Frenos de Disco</i> .....	51
<i>Frenos de Tambor</i> .....	59
<i>Elementos del Freno de Tambor</i> .....	61
<b>Desarrollo del proyecto</b> .....	64
<b>Matriz de Ponderación para la Selección de los Frenos</b> .....	64
<b>Matriz de Ponderación para la Selección Líquido de Frenos</b> .....	67
<b>Diseño del Circuito Hidráulico del Sistema de Frenos</b> .....	69
<i>Circuito de Frenos Delanteros</i> .....	70
<i>Circuito de Frenos posteriores</i> .....	71
<b>Construcción de la Base de Sujeción del cilindro o bomba de freno</b> .....	74
<b>Montaje de cañerías de freno</b> .....	80
<i>Comprobación de Estado de las Pastillas y disco de freno</i> .....	90
<i>Comprobación de fugas de líquido de frenos por sus cañerías</i> .....	92
<b>Pruebas de Carretera</b> .....	93
<b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....	95
<i>Conclusiones</i> .....	95
<i>Recomendaciones</i> .....	96
<b>Bibliografía</b> .....	97
<b>Anexos</b> .....	99

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b>	<i>Comparativa entre los principales sistemas de accionamientos de los freno....</i>	34
<b>Tabla 2</b>	<i>Síntomas de fallo que se presentan cuando se presiona el pedal de freno .....</i>	38
<b>Tabla 3</b>	<i>Tabla de fuerzas aplicadas en el pedal de freno del vehículo.....</i>	49
<b>Tabla 4</b>	<i>Tabla de valores.....</i>	64
<b>Tabla 5</b>	<i>Matriz para la selección del sistema de accionamiento de los frenos .....</i>	65
<b>Tabla 6</b>	<i>Matriz de ponderación de los discos de freno.....</i>	66
<b>Tabla 7</b>	<i>Tipos de fluido de freno.....</i>	67
<b>Tabla 8</b>	<i>Dimensiones usadas para ensamblar la base de la pedalera.....</i>	75
<b>Tabla 9</b>	<i>Componentes del sistema de freno.....</i>	80

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Fricción del revestimiento</i> .....	26
<b>Figura 2</b> <i>Esquema de clasificación de tipos de sistema de frenos.</i> .....	27
<b>Figura 3</b> <i>Sistema de frenos de servicio y estacionamiento del vehículo.</i> .....	28
<b>Figura 4</b> <i>Sistema de frenos con circuito único.</i> .....	29
<b>Figura 5</b> <i>Sistema de frenos del circuito de tipo dual.</i> .....	30
<b>Figura 6</b> <i>Palanca de freno de mano.</i> .....	31
<b>Figura 7</b> <i>Frenos de tipo mecánicos en las cuatro ruedas.</i> .....	32
<b>Figura 8</b> <i>Cilindro maestro Tándem.</i> .....	40
<b>Figura 9</b> <i>Bomba de freno de 1 solo cilindro.</i> .....	41
<b>Figura 10</b> <i>Cilindro de tipo doble</i> .....	42
<b>Figura 11</b> <i>Clasificación de los líquidos de freno.</i> .....	43
<b>Figura 12</b> <i>Comparación de los líquidos de freno.</i> .....	44
<b>Figura 13</b> <i>Depósito de líquido de frenos</i> .....	49
<b>Figura 14</b> <i>Partes del freno de disco</i> .....	51
<b>Figura 15</b> <i>Frenos de disco en reposo.</i> .....	52
<b>Figura 16</b> <i>Frenos de disco aplicados</i> .....	53
<b>Figura 17</b> <i>Pinzas de cuerpo fijo en reposos y frenada</i> .....	54
<b>Figura 18</b> <i>Accionamiento de las mordazas de freno de cuerpo flotante</i> .....	54
<b>Figura 19</b> <i>Accionamiento de la mordaza de pinzas oscilantes.</i> .....	55
<b>Figura 20</b> <i>Discos macizos con su superficie plana.</i> .....	57
<b>Figura 21</b> <i>Visualización de las entradas de aire en los laterales del disco de freno</i> .....	57
<b>Figura 22</b> <i>Disco de freno en perforado la superficie.</i> .....	58

<b>Figura 23</b> <i>Visualización grafica de un disco de cerámica</i> .....	59
<b>Figura 24</b> <i>Circuito interno del sistema de tambor</i> .....	60
<b>Figura 25</b> <i>Zapatas de freno en estado de reposo</i> .....	61
<b>Figura 26</b> <i>Anclaje de rosca</i> .....	61
<b>Figura 27</b> <i>Funcionamiento del cilindro de rueda</i> .....	62
<b>Figura 28</b> <i>Partes de una zapata de freno</i> .....	63
<b>Figura 29</b> <i>Simulación del cilindro maestro tipo Tándem</i> .....	69
<b>Figura 30</b> <i>Conexión del cilindro de las mordazas de frenos de las ruedas delanteras</i> ..	70
<b>Figura 31</b> <i>Circuito de sistema de frenos delanteros en posición de reposo</i> .....	71
<b>Figura 32</b> <i>Disposición de las salidas para el cilindro maestro</i> .....	72
<b>Figura 33</b> <i>Conexión del circuito de frenos posteriores</i> .....	73
<b>Figura 34</b> <i>Circuito de frenos posteriores en reposo</i> .....	74
<b>Figura 35</b> <i>Vista en 3D de la Base de sujeción al piso de la pedalera en solidworks</i> .....	75
<b>Figura 36</b> <i>Posición del de la pedalera en el vehículo tipo polaris</i> .....	76
<b>Figura 37</b> <i>Pedalera de freno montada en la base de platinas</i> .....	76
<b>Figura 38</b> <i>Alineación de la pedalera de freno con respecto a la bomba</i> .....	77
<b>Figura 39</b> <i>Bomba de freno montada en la base de platinas</i> .....	77
<b>Figura 40</b> <i>Platina de refuerzo del pedal de freno</i> .....	78
<b>Figura 41</b> <i>Varilla de accionamiento de bomba de freno</i> .....	78
<b>Figura 42</b> <i>Proceso de la soldadura de la base de la bomba de frenos y pedalera</i> .....	79
<b>Figura 43</b> <i>Pedalera y bomba de freno, sujetas a la estructura del vehículo</i> .....	79
<b>Figura 44</b> <i>Corte de cañerías de freno solidas</i> .....	82
<b>Figura 45</b> <i>Abocardado de cañería solida</i> .....	83
<b>Figura 46</b> <i>Cañería de freno solida con su forma final y abocardado</i> .....	83

<b>Figura 47</b> <i>Diagrama hidráulico de frenos que se implementara en el vehículo polaris ..</i>	84
<b>Figura 48</b> <i>Conexiones en la bomba de freno .....</i>	85
<b>Figura 49</b> <i>Acople de disco de freno delantero con la manzana de giro del vehículo .....</i>	86
<b>Figura 50</b> <i>Instalación de disco de freno posterior.....</i>	87
<b>Figura 51</b> <i>Disco de freno delantero y mordaza instalados.....</i>	88
<b>Figura 52</b> <i>Instalación de disco de freno y mordaza posterior .....</i>	89
<b>Figura 53</b> <i>Espesor adecuado del disco de frenos .....</i>	90
<b>Figura 54</b> <i>Estado de las pastillas de freno .....</i>	91
<b>Figura 55</b> <i>Elementos y conexiones hidráulicas del sistema de frenos sin fugas.....</i>	92
<b>Figura 56</b> <i>Elementos del sistema de frenos en perfecto estado después de la prueba.</i>	94
<b>Figura 57</b> <i>Ruta de prueba de funcionamiento del sistema de frenos.....</i>	94

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación trata de la Implementación del sistema de frenos para un vehículo biplaza tipo polaris para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE. Consta de cinco capítulos, el primero es sobre el alcance al cual se quiere llegar con los objetivos previamente planteados, en el segundo se investigó sobre los sistemas de frenos usados en competencias automovilísticas tipo polaris, así como las diferencias, tipos, ventajas y desventajas de cada uno, de igual forma se investigó los elementos mecánicos que influyen en el accionamiento del freno y como estos funcionan, en el tercer capítulo se seleccionó e implementó uno de los sistemas previamente investigados siguiendo parámetros estipulados, modificándolos con el fin de que el vehículo biplaza tipo polaris tenga el mejor rendimiento en competencias automovilísticas. En el cuarto capítulo se realizó las pruebas de funcionamiento de los principales componentes del freno, así como pruebas de rendimiento del vehículo biplaza tipo polaris en la carretera para determinar el accionamiento correcto del freno. El quinto y último capítulo está conformado por las conclusiones y recomendaciones a las cuales he llegado después de haber hecho el trabajo práctico, así como la investigación sobre el tema planteado.

Palabras Clave:

- **BIPLAZA**
- **POLARIS**
- **SISTEMA DE FRENOS**

## **ABSTRACT**

This degree work deals with the Implementation of the braking system for a polaris-type two-seater vehicle for the Higher Technology Degree in Automotive Mechanics of the ESPE Technologies Management Unit. It consists of five chapters, the first is about the scope to which it is wanted to reach with the previously proposed objectives, in the second it was investigated about the braking systems used in polaris-type automobile competitions, as well as the differences, types, advantages and disadvantages of Each one, in the same way, was investigated the mechanical elements that influence the actuation of the brake and how they work, in the third chapter one of the previously investigated systems was selected and implemented following stipulated parameters, modifying them so that the two-seater vehicle type polaris has the best performance in motor racing. In the fourth chapter, the functional tests of the main brake components were carried out, as well as performance tests of the polaris-type two-seater vehicle on the road to determine the correct brake operation. The fifth and final chapter is made up of the conclusions and recommendations that I have reached after having done the practical work, as well as the research on the issue raised.

Key Words:

- **POLARIS**
- **BRAKE SYSTEM**
- **TWO SEATER**

## Capítulo I

### 1. Definición del problema

#### 1.1. Antecedentes

“En la actualidad, el sistema de frenos es el mecanismo de seguridad de mayor importancia del automóvil. Una avería de este mecanismo durante la marcha del vehículo puede ocasionar las más fatales consecuencias para el conductor del vehículo”. (Guizado Cháves Manuel Mesías & Pérez Pilco, 2016, pp. 1-2), esto nos da a entender que el sistema de frenos es indispensable y por ende es necesario realizar mantenimientos periódicos que garanticen su óptimo funcionamiento, asegurando la protección máxima del conductor.

“El freno es un dispositivo utilizado para detener o disminuir el movimiento de algún cuerpo, generalmente un eje, árbol o tambor.” (Treviño Andino & Salazar Zúñiga, 2012, p. 132). Por lo tanto, este sistema es uno de los más importantes de seguridad activa que componen al conjunto de sistemas del vehículo.

En el mercado existen diferentes sistemas de frenos, cada uno diseñado para ofrecer la mejor adaptabilidad de frenado a cada una de las condiciones de trabajo del automóvil, por ende, es de gran importancia realizar un estudio que determine qué mecanismo brinda una mejor seguridad a vehículos de este tipo, ya que al ser fabricados de forma artesanal deben estar:

Equipados con todos los sistemas de seguridad automotriz requeridos, responsables de brindar la fiabilidad, estabilidad, seguridad y eficacia necesarias; teniendo en cuenta algunos parámetros necesarios para asegurar la

seguridad en la conducción de dicho vehículo, e incluso en las diferentes disciplinas en el mundo de la competición automovilística profesional a nivel nacional. (ARCOS, 2017, p. 3).

En conclusión, los factores determinantes para que un sistema de frenos funcione correctamente están en elegir el tipo de freno más idóneo para cada vehículo, una instalación correctamente realizada y mantenimientos periódicos para evitar el desgaste prematuro. En muchos casos para cumplir con estos parámetros es necesario realizar modificaciones para mejorar su adaptabilidad a cada uno de los sistemas que trabajan conjuntamente con el sistema de frenos y que estos tengan un funcionamiento óptimo y trabajen armónicamente entre sí.

Con la implementación de un sistema de frenos para un vehículo biplaza tipo polaris, se pretende, “mejorar la maniobrabilidad, de esta manera aumentar la estabilidad y el rendimiento del vehículo a grandes velocidades llegando así a tener un alto nivel competitivo”. (Guizado

Chávez Manuel Mesías, 2016, p. 1).

## **1.2. Planteamiento del Problema**

La Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, es una institución de Educación Superior que se caracteriza por formar profesionales competentes en el campo teórico práctico, siendo estos conocimientos de suma importancia para el desarrollo del campo técnico industrial y automotriz del Ecuador y el mundo entero.

“Actualmente es de conocimiento general que muchas personas han optado por realizar sus propias modificaciones e implementación de sistemas para sus vehículos, centrándose generalmente en motor, suspensión, chasis, y frenos” (ARCOS, 2017, p. 3), ya sea por temas relacionados a competición automovilística o simplemente para mejorar el rendimiento de su vehículo. Esto generalmente hecho de forma empírica o artesanal por personal no calificado que desconoce temas relacionados con la mecánica automotriz, es decir, un trabajo en donde hay poca aplicación técnica científica de varios sistemas del vehículo.

Dejando como resultado un alto índice de inseguridad en los ocupantes durante el manejo del automóvil, al no regirse a normas que garanticen la seguridad del conductor durante la selección e implementación del sistema de frenos, mismo que es de suma importancia para la seguridad, mientras se realiza la preparación del vehículo.

En consecuencia, ha generado riesgos a los ocupantes del vehículo, además de producir desgaste prematuro de sus elementos, dando como resultado el aumento en costos de mantenimientos siendo desfavorable su uso a largo y corto plazo.

Adicionalmente en el caso de que el vehículo biplaza sea usado para competencias automovilísticas su uso se vería limitado, ya que existen entidades encargadas de controlar y regular las diferentes disciplinas de competición automovilística.

De no solucionarse este tipo de problemas, el deterioro de los elementos del sistema de frenos sería prematuro, desgastando zapatas, pastillas, discos, rodamientos, además de producir fugas de líquido de freno en las cañerías hidráulicas, estos problemas podrían llevar a consecuencias sumamente graves, causar accidentes y en el peor de los casos, la muerte de sus ocupantes.

### 1.3. Justificación

El presente proyecto está encaminado a la selección e implementación de un sistema de frenos para un vehículo biplaza tipo polaris, considerando algunos parámetros técnicos de diseño y ventilación del sistema, así como modificaciones que ayuden al mejorar el rendimiento del vehículo tipo polaris en competencias automovilísticas, aplicando así conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante la preparación académica en las aulas de estudio.

Al implementar el sistema de frenos en el vehículo tipo polaris, se busca mejorar la adaptabilidad de cada uno de sus componentes, por ende, tendrá mejores características para la competencia automovilística y para el uso cotidiano también, además se aspira que el tiempo de desgaste y mantenimiento se reduzca dependiendo del uso adecuado que se dé a este tipo de vehículo, siendo beneficioso a largo y corto plazo para el operador al no requerir mantenimientos periódicos.

Al seguir una normativa de selección e instalación de frenos el vehículo será apto para futuras competencias automovilísticas en categorías de vehículos tipo polaris.

Los beneficiarios con la elaboración de este proyecto son para los ocupantes del vehículo debido a que presta una mayor seguridad, estabilidad y confort en el manejo, con esto se pretende ser un punto de referencia para futuras instalaciones de sistemas de freno en vehículos biplaza tipo polaris, ya sea para competencia o para usos cotidianos.

Como se explicó con anterioridad, la instalación de este sistema es de suma importancia ya que representa uno de los sistemas más importantes de seguridad del vehículo. De ahí la relevancia de la implementación de un sistema de frenos que

garantice la solidez y un frenado efectivo en todo momento, salvaguardando la integridad de cada uno de sus ocupantes.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. General**

Implementar el sistema de frenos para el prototipo de un vehículo biplaza tipo polaris para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

### **1.4.2. Específicos**

- Investigar los diferentes tipos de sistemas de freno que existen actualmente en el mercado y determinar cuál es el más adecuado a ser utilizado en un vehículo biplaza tipo polaris.
- Seleccionar un sistema de frenos que presente seguridad estabilidad, fácil montaje y un óptimo funcionamiento para un vehículo biplaza tipo polaris.
- Implementar el sistema de frenos seleccionado, modificando ciertos parámetros técnicos, con el fin de obtener un mejor rendimiento y sacar provecho de una mejor seguridad para los ocupantes del automóvil tipo polaris.
- Verificar el funcionamiento de los componentes del sistema de frenos implementado con pruebas de carretera en el manejo, con el fin de detectar anomalías y corregirlas en caso de ser necesario.

### **1.5. Alcance**

Se procederá a seleccionar e instalar un sistema de frenos para un vehículo biplaza tipo polaris, realizando las respectivas investigaciones que ayuden a mejorar su rendimiento en las distintas condiciones mecánicas de trabajo.

Al terminar la instalación el sistema de frenos el vehículo biplaza tipo polaris se encontrará dentro de los parámetros para la competición automovilística en el Ecuador, siendo de gran importancia ya que servirá como referente para instalaciones similares en el futuro en este tipo de vehículos, ya sea para competencias o para usos cotidianos, asimismo para futuros proyectos.

## Capítulo II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1. Introducción al Sistema de Frenos

Los vehículos de carretera dependen del sistema de frenos para reducir la velocidad del automóvil y, finalmente, detener el automóvil en movimiento. En un sistema de frenos, cuando el conductor presiona el pedal, las pastillas de freno se empujan hacia el rotor giratorio y hacen contacto y, por lo tanto, se genera fricción. La energía cinética del vehículo en movimiento se convertirá en energía térmica debido a la fricción entre la pastilla y el rotor del disco.

Cuando los conductores prueban un coche nuevo, el rendimiento del sistema de frenos será una de las características importantes que deben considerar como un importante sistema de seguridad. La capacidad máxima del sistema de frenos no se usa a menudo en la vida diaria, pero queremos que este sistema funcione en todo momento y en particular en situaciones de emergencia para evitar accidentes. La distancia de frenado más corta puede evitar un accidente de tráfico inevitable en determinadas situaciones. (Thomas 1998).

El rendimiento del sistema de frenos depende de las características de fricción entre las pastillas y el rotor del disco. La fuerza de adhesión entre estos dos conjuntos será superada por las dos superficies deslizantes juntas. Esta relación se puede describir como el coeficiente de fricción. (T.P Newcomb 1983).

En términos generales, la mayor parte del ruido se genera por el contacto de fricción que una superficie de metal se desliza sobre la superficie de otro objeto. La

principal causa del chirrido de los frenos se produce en una frecuencia alta cuando las pastillas de disco entran en contacto con el rotor giratorio (Chen2002).

Cuando se produce una vibración, las pastillas de freno rebotan al entrar en contacto con el rotor. La vibración aumenta y las pinzas y el pistón de la pinza crearán un chirrido. El sonido será más fuerte a medida que la vibración se vuelva más fuerte.

Los componentes principales de un freno de disco moderno incluyen: el rotor, la pinza, los conjuntos de pastillas de freno y un sistema de accionamiento hidráulico. Aunque existe una gama considerable de diseños para estos componentes, se considerará un intento de dar una breve descripción de su función y composición.

Eso representa la almohadilla y el disco que están conectados entre sí a través de una interfaz de fricción deslizante. El sistema con subíndice 1 denota la almohadilla, el sistema con subíndice 2 denota el disco,  $y_m$ ,  $k_{yc}$  denotan masa, rigidez y amortiguación respectivamente. El movimiento de la primera masa ( $m_1$ ) puede representar el movimiento tangencial de la almohadilla, y la segunda masa ( $m_2$ ) puede representar el movimiento en el plano del disco. La fuerza normal que actúa sobre la interfaz es  $N = PS$  donde  $P$  es la presión aplicada y  $S$  es el área de la superficie de la interfaz. La fuerza de fricción resultante  $F_f$  depende de la fuerza normal y del coeficiente dinámico de fricción entre las dos superficies deslizantes. El movimiento del disco es la superposición de una velocidad constante impuesta  $v_0$  y una velocidad, y el movimiento de la almohadilla tiene velocidad (Ibrahim 1994).

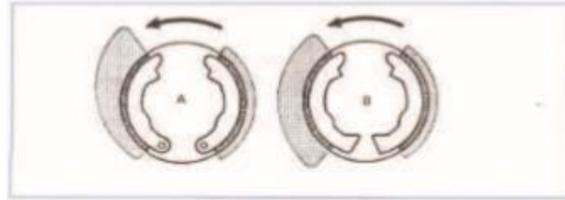
El movimiento de vaivén se describe generalmente como un ciclo límite en el espacio de fase y requiere un análisis no lineal para determinar el comportamiento detallado del sistema. Sin embargo, dado que la existencia o no existencia de un ciclo límite depende de la estabilidad de los puntos de equilibrio, se puede utilizar el análisis

lineal para determinar la estabilidad de estos puntos. Para realizar esta investigación se utiliza un modelo de fricción lineal para la interfaz, que se muestra como una función de la velocidad relativa, entre la pastilla y el disco, donde es el coeficiente de fricción estático y es el coeficiente dinámico de fricción. La función, que tiene un gradiente negativo, ha sido elegida específicamente por su simplicidad, aunque se reconoce que funciones más complicadas pueden dar una descripción más detallada de las propiedades de la interfaz (Shin 2002).

## **2.2. ¿Qué son los sistemas de Frenos?**

El sistema automotriz habría sido un instrumento de muerte si no fuera por el sistema de frenado diseñado para él. Los sistemas de frenado existen desde el primer diseño de los automóviles. El sistema inhibe el movimiento al absorber energía de un sistema en movimiento.

A lo largo de los años, el avance de la tecnología ha traído diferentes diseños y tipos y sistemas de frenado a los vehículos. El hecho es que son inevitables en los vehículos. Bueno, los componentes del sistema de frenos varían según el modelo y los tipos, pero el hecho es que tienen el mismo propósito y tienen el mismo principio de funcionamiento. Se puede diseñar un sistema de frenado en cualquier dispositivo mecánico donde se produzca movimiento, no solo en automóviles. El sistema debe cumplir con algunos requisitos que se explicarán en este artículo. Se debe cumplir cierto rendimiento de trabajo, especialmente en vehículos de alto rendimiento porque ahora están diseñados para ir muy rápido. Se requiere una gran cantidad de energía o potencia de frenado para reducir la velocidad y detener los vehículos.

**Figura 1***Fricción del revestimiento*

*Nota.* La figura representa el momento en que una zapata se contrapone al movimiento de las ruedas, de esta manera produciendo la disminución de velocidad del vehículo y logrando que este se detenga.

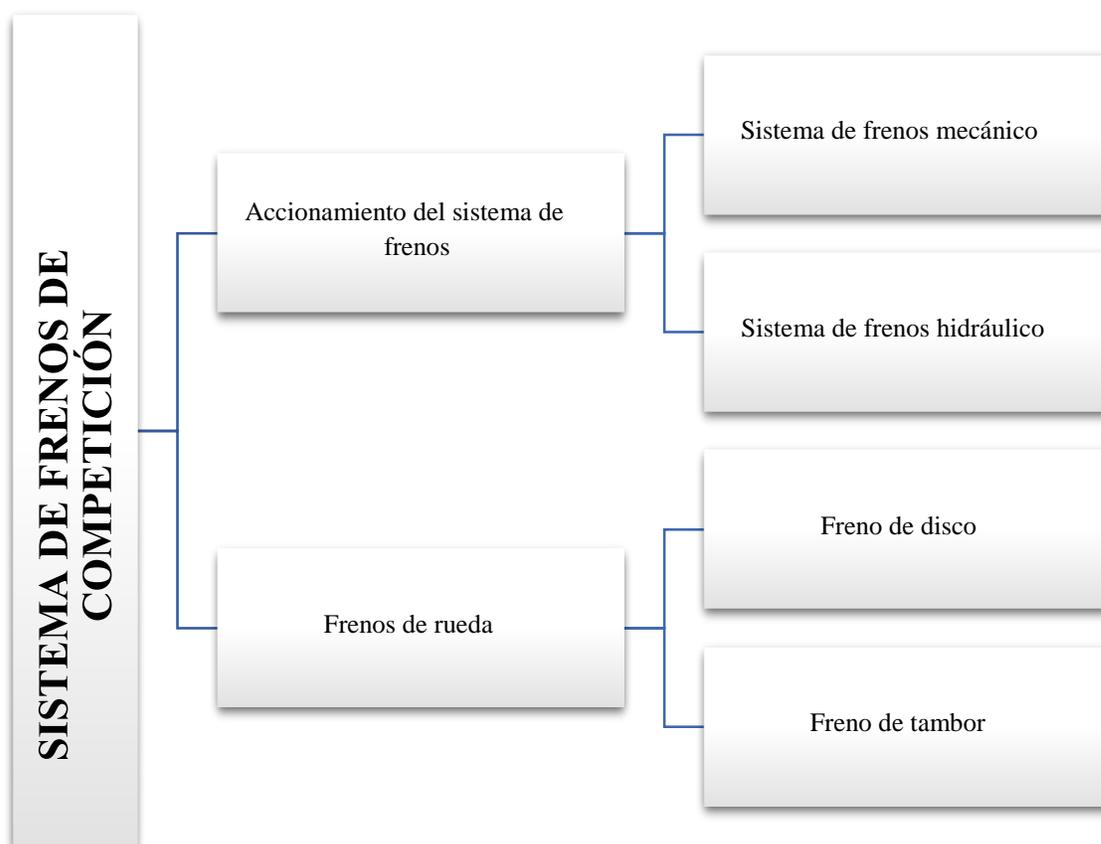
**2.3. Frenos Usados en Vehículos de Competición tipo polaris.**

El sistema Brake-by-wire es una de las últimas tecnologías que ayuda a alcanzar los objetivos de reducción de peso. El sistema de freno por cable elimina los vínculos mecánicos entre un sistema y los reemplaza con cables eléctricos, motores y actuadores para ayudar a reducir el peso y mejorar el tiempo de respuesta del sistema. En un sistema de freno por cable, se pueden integrar otras tecnologías de asistencia de frenado como el sistema de frenos antibloqueo (ABS), el programa de estabilidad electrónico (ESP), el freno de estacionamiento electrónico y el control de tracción electrónico (ETC), eliminando así el hardware utilizado en tales sistemas. Sistemas y reducción del peso de los vehículos. Se espera que esto impulse la adopción de la tecnología de freno por cable en los próximos años. Además, el mayor enfoque de los fabricantes de equipos originales (OEM) de automoción en la sustitución de piezas mecánicas con componentes eléctricos compactos para una mayor precisión operativa

dará como resultado una adopción más rápida del freno por cable. Además, se espera que los desarrollos en curso impulsen la penetración del freno por cable en los próximos años.

**Figura 2**

*Esquema de clasificación de tipos de sistema de frenos.*



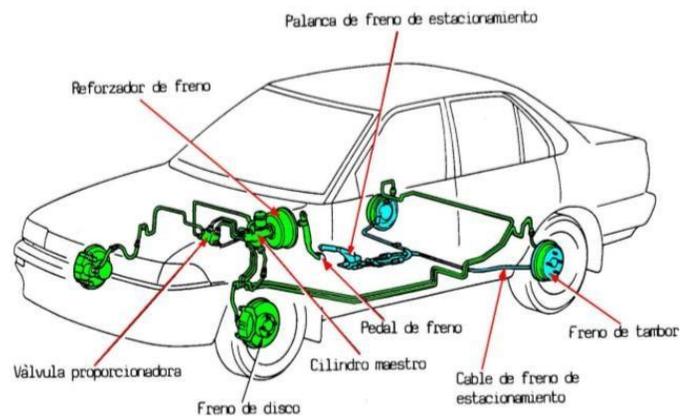
#### **2.4. Equipo de sistema de frenos**

En su mayoría, los vehículos actualmente cuentan con freno normal de pedal para el manejo y freno de estacionamiento o comúnmente conocido como freno de

mano, mismos que funcionan en conjunto para que el frenado del vehículo ya sea en carretera o estando sea estacionado, sea óptimo y brinde a sus ocupantes una máxima seguridad.

### Figura 3

*Sistema de frenos de servicio y estacionamiento del vehículo*



*Nota.* Se divisan los componentes principales del sistema de frenos delanteros y posteriores. Tomado de (Perugachi Falconí & Moromenacho Vega , 2010)

#### **2.4.1. Freno de Servicio**

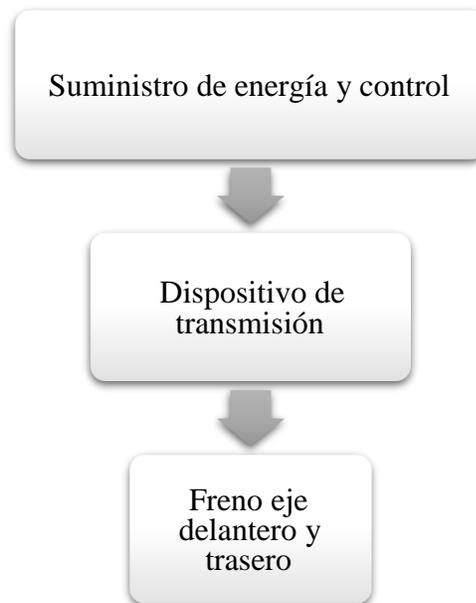
El freno de servicio es aquel que permite al conductor controlar de manera voluntaria la velocidad del vehículo es decir según la voluntad del conductor el vehículo reducirá su velocidad o se detendrá por completo.

El sistema de frenado de servicio puede ser de dos tipos de circuito único o de circuito doble.

**2.4.1.1. Circuito Único.** Consta de un solo mecanismo de transmisión de fuerza para producir el frenado del vehículo, es decir, cuando se produce alguna falla en este sistema, no habrá un mecanismo auxiliar que pueda suplir o minimizar los impactos negativos de esta falencia.

**Figura 4**

*Sistema de frenos con circuito único*



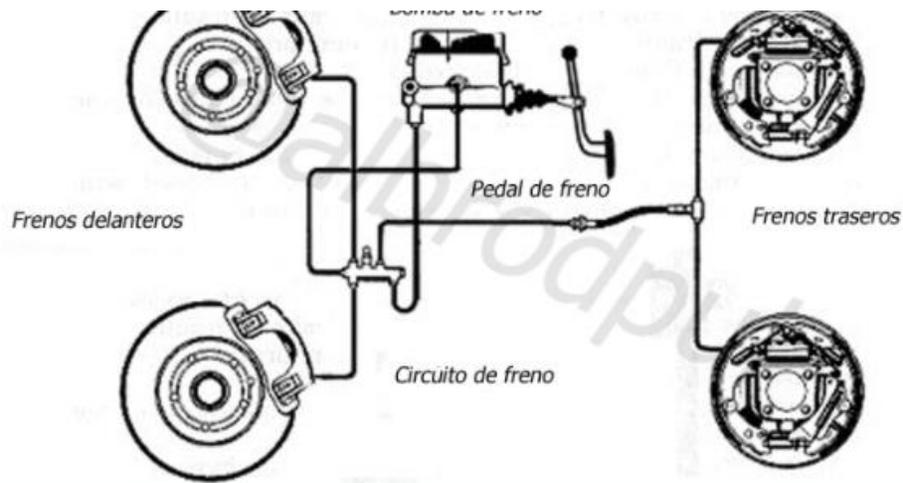
*Nota.* El gráfico de flujo de trabajo de la figura 4 demuestra el proceso de activación de un sistema de frenos, en el mismo que hay un suministro de energía proporcionado por el conductor al momento de accionar el pedal de freno y como esta es transmitida hacia las ruedas por medio de una sola bomba de frenado para detener la marcha del vehículo.

**2.4.1.2. Circuito Dual.** Es un circuito que cuenta con dos mecanismos de frenado, puede ser un mecanismo para las ruedas delanteras y otro para las posteriores.

Cuando un mecanismo falle, el otro quedara para seguir funcionando y poder suplir o minimizar el impacto negativo de la falencia del otro mecanismo.

**Figura 5**

*Sistema de frenos del circuito de tipo dual*



*Nota.* En el organigrama se resalta que los dispositivos de transmisión hacia los frenos delanteros y posteriores son independientes para ellos se utilizan elementos de doble cámara como el cilindro maestro, utilizado en distintos tipos ya sea de cilindros delanteros o posteriores. Tomado de (Pablo Luke, Daniel álvez, & Carlos Vera, 2004) .

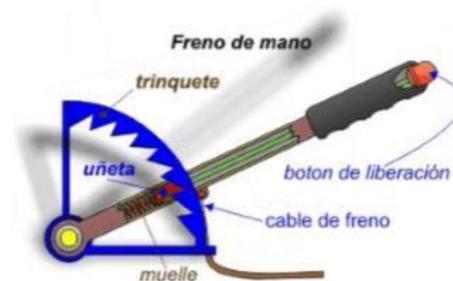
#### **2.4.2. Frenos de Estacionamiento**

El freno de estacionamiento pertenece al conjunto de sistemas de freno de vehículo, a este también se lo conoce como freno de mano, se caracteriza por brindar el frenado cuando el vehículo está detenido en su marcha, normalmente suelen aplicar el frenado solo a las dos ruedas posteriores.

El freno de estacionamiento es tan importante como el de servicio, pues, permite inmovilizar el vehículo cuando este se encuentre estacionado en cualquier lugar, aparte, en situaciones extremas, sería utilizado como freno de emergencia, debido a que en su mayoría el freno de estacionamiento cuenta con un circuito aparte del freno de servicio o simplemente es un freno 100% mecánico.

## Figura 6

### *Palanca de freno de mano*



*Nota.* En la figura se observan los elementos más importantes de la palanca de mano las cuales permiten su anclaje para el estacionamiento del vehículo. Tomado de (Perugachi Falconí & Moromenacho Vega , 2010).

En el freno más común de los tipos de freno de estacionamiento existentes en los vehículos, cuenta con una palanca sujeta a un trinquete como base, esta palanca tensa un sistema de cuerdas metálicas que accionan el mecanismo de zapatas de frenado, presionándolas contra el tambor de freno logrando que este se detenga.

## **2.5. Accionamiento del Sistema de Frenos**

### **2.5.1. Frenos de tipo mecánico**

Los frenos mecánicos son en la actualidad obsoletos debido a su poca efectividad en el frenado, son sistemas que en su funcionamiento tienen muchas fallas debido al rendimiento de los vehículos actuales, las características de velocidad y potencia hacen que las aplicaciones de este tipo de sistema de frenos los harían inútiles.

El sistema de frenado mecánico acciona el freno de mano o el freno de emergencia. Es el tipo de sistema de frenado en el que la fuerza de frenado aplicada

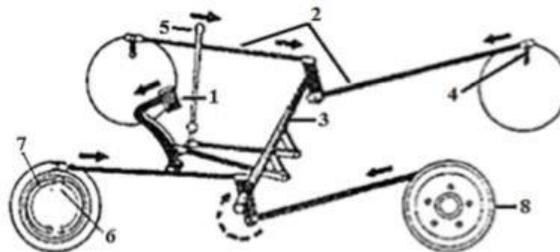
sobre el pedal del freno es llevada al tambor de freno final o al rotor del disco mediante varios enlaces mecánicos como varillas cilíndricas, fulcros, resortes, etc. para detener el vehículo.

Los frenos mecánicos se utilizaron en varios vehículos automóviles antiguos, pero hoy en día son arcaicos debido a su menor efectividad.

Actualmente, los frenos de tipo mecánico son utilizados en su totalidad en los frenos de mano o freno de estacionamiento, debido a su capacidad de acople hacia el tambor de freno del vehículo y que cuando el automóvil se encuentra detenido, no se requiere de una gran fuerza de frenado.

### Figura 7

*Frenos de tipo mecánicos en las cuatro ruedas*



*Nota.* En la figura 7 se muestra la constitución de cómo están conectados los varillajes mecánicos a cada una de las ruedas. Tomado de (Velasteguí Carrillo, 2015)

Se muestran los elementos del sistema de freno mecánico.

1. Pedal de control
2. Varillas de control de freno
3. Eje transversal

4. Palanca de levas
5. Palanca de freno de estacionamiento
6. Leva de accionamiento de freno
7. Varillas de control de freno
8. Eje transversal
9. Palanca de levas
10. Palanca de freno de estacionamiento
11. Leva de accionamiento de freno
12. Zapata de freno
13. Tambor de freno (Vlasteguí Carrillo, 2015)

### ***2.5.2. Sistema de Frenos de tipo Hidráulicos***

Este sistema funciona con líquido de frenos, cilindros y fricción. Al crear presión en el interior, los éteres de glicol o el dietilenglicol obligan a las pastillas de freno a detener el movimiento de las ruedas.

- La fuerza generada en el sistema de frenado hidráulico es mayor en comparación con el sistema de frenado mecánico.

- El sistema de frenado hidráulico considerado como uno de los sistemas de frenado más importantes para los vehículos modernos.

- La posibilidad de falla de los frenos es muy menor en el caso del sistema de frenado hidráulico. La conexión directa entre el actuador y el disco o tambor de freno reduce las posibilidades de que el freno falle.

“Los fluidos no se pueden comprimir, por ende la fuerza al momento que se acciona el pedal no disminuye, o aumenta o se mantiene”

1. “Cuando se somete a un fluido a esfuerzos de presión, la fuerza se distribuye a lo largo de toda la masa del líquido o fluido comprimido”

1. Energía (esfuerzo humano)

2. Dispositivo para distribuir fuerza (pedal de frenos)

3. Elemento de accionamiento (bomba de frenos)

Comparación entre un sistema de frenos hidráulico y mecánico:

### **Tabla 1**

*Comparativa entre los principales sistemas de accionamientos de los frenos*

TIPO DE SISTEMA DE FRENO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p><b>Sistema de frenos de tipo mecánico</b></p>	<p>Mayor cantidad de respuestas.</p> <p>De fácil reparación.</p> <p>Repuestos de bajo costo.</p> <p>Sistema de sencillo funcionamiento al usar cables y alabes.</p> <p>No utiliza líquidos por lo tanto no es un sistema corrosivo.</p> <p>Sistemas usados como frenos de estacionamiento en vehículos livianos y pesados.</p>	<p>Poca efectividad de funcionamiento en condiciones extremas de trabajo.</p> <p>El conductor debe aplicar mayor fuerza al momento pisar el pedal de los frenos esto por el uso de cables y alabes.</p> <p>Con el uso de este sistema es necesario el uso de las zapatas en las cuatro ruedas, ya que usa una leva de</p>

---

TIPO DE SISTEMA DE FRENO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>Sistema de frenos de tipo mecánico</b>	Mayor cantidad de respuestas.	recorrido en cada rueda.
	De fácil reparación.	Con el aumento de la temperatura el tambor se expande.
	Repuestos de bajo costo.	Poca efectividad de funcionamiento en condiciones extremas de trabajo.
	Sistema de sencillo funcionamiento al usar cables y alabes.	El conductor debe aplicar mayor fuerza al momento pisar el pedal de los frenos esto por el uso de cables y alabes.
	No utiliza líquidos por lo tanto no es un sistema corrosivo.	

---

---

TIPO DE SISTEMA DE FRENO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	Sistemas usados como frenos de estacionamiento en vehículos livianos y pesados.	Con el uso de este sistema es necesario el uso de las zapatas en las cuatro ruedas, ya que usa una leva de recorrido en cada rueda.

---

## 2.6. Elementos que Componen el Sistema de Frenos

### 2.6.1. Pedal de Freno

Es el dispositivo encargado de conectar el pie del conductor con el cilindro maestro de freno, el pedal de freno es el mecanismo que acciona la bomba de freno para poder comprimir el fluido y transmitir esa fuerza hacia los mecanismos de frenado.

El pedal de freno también ayuda a que la fuerza emitida en el sistema sea multiplicada, el pedal de freno actúa como palanca en donde la distancia de este ayuda a tener una mayor fuerza generada en cilindro maestro, mismo que, con esta determinada fuerza comprime el fluido y lo envía por todo el sistema de frenados hasta su punto final en los cilindros actuadores de freno.

**Tabla 2**

*Síntomas de fallo que se presentan cuando se presiona el pedal de freno*

<b>Síntomas</b>	<b>Causas</b>
<b>Carrera excesiva al accionar el pedal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fugas de fluido por alguno de los elementos que componen el freno.</li> <li>- Nivel de líquido de freno muy bajo.</li> </ul>
<b>Pedal esponjoso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Latiguillo o cañerías defectuosas.</li> <li>- Líquido de frenos se ha mezclado con agua.</li> </ul>
<b>Pedal duro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cañerías de frenos dobladas u obstruidas.</li> <li>- Pistones de la mordaza pegados.</li> </ul>

Síntomas	Causas
	Problemas en el servofreno
	- hacen que cueste activar el pedal.
	Pastillas de freno cristalizadas.
	-
Síntomas	Causas
	Pastilla o zapata agarrotada.
	-
<b>Una de las ruedas se bloquea</b>	- Cable de freno de mano bloqueado.
	- Cilindro de ruedas defectuosos

*Nota.* La pedalera es el punto de soporte tanto de los pedales de freno y demás que componen a los sistemas de conducción del vehículo. Tomado de (*espacio TOYOTA, 2013*)

### **2.6.2. Cilindro Maestro**

La bomba es una parte importante del sistema de frenos.

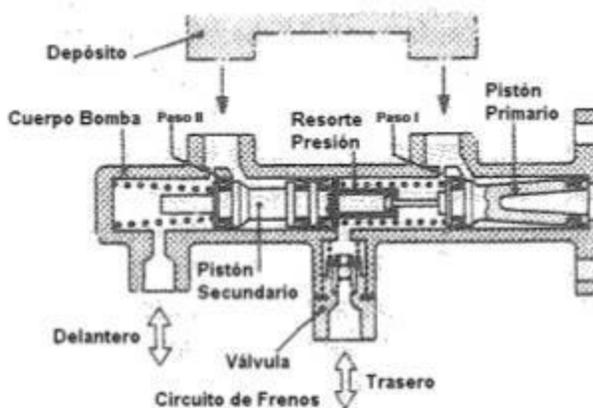
Quizás una de las bombas más importantes de un automóvil es la que se encuentra en el cilindro de freno del automóvil. Este cilindro es responsable de empujar

el líquido de frenos a través de las líneas de freno hasta las pinzas de freno para que el vehículo pueda detenerse con seguridad.

La bomba hidráulica en este cilindro crea la fuerza necesaria (presión) para permitir que las pinzas de freno impulsen los discos y las pastillas para detener el automóvil. En esta dirección, la bomba hidráulica juega un papel muy importante en el funcionamiento ininterrumpido y sin fallos del sistema de frenos del vehículo.

### Figura 8

*Cilindro maestro Tándem*



*Nota.* La Figura 8 muestra la composición de la bomba de freno. Tomado de (*Centro Zaragoza, 2001*)

El cilindro maestro cuenta con dos compartimentos de líquido de freno, esto dispuesto como un sistema de seguridad, cuando se activa el pedal de freno, el cilindro maestro abre los conductos para que el fluido hidráulico circule por el sistema de frenado de las cuatro ruedas, cuando hay anomalías en el sistema de freno, este mecanismo ayuda a que un circuito pueda funcionar y así evitar catástrofes cuando se producen fallas en el sistema.

### 2.6.2.1. Cilindro Maestro Simple.

Este tipo de cilindro de freno, consta con un solo compartimento de fluido conectado hacia los conductos que distribuyen el mismo a lo largo del sistema, cuando se produce una anomalía, no existe un sistema auxiliar que mantenga parte del mecanismo de frenado funcionando, si no, que si existe una anomalía el vehiculo carecerá de frenos en su totalidad, provocando asi graves accidentes y tornando a este sistema muy poco eficaz y peligroso.

#### Figura 9

*Bomba de freno de 1 solo cilindro*



### 2.6.2.2. Cilindro Maestro con Doble Cámara.

Constituido por dos émbolos que trabajan en conjunto y su fuerza se junta para mejorar el frenado, esto solo cuando el pedal de freno es pisado a fondo. Cuando el pedal regresa a su posición de reposo, el pistón con la ayuda de unos muelles o resortes, también regresa a su posición inicial.

**Figura 10**

*Cilindro de tipo doble*



### **2.6.2.3. Cilindro de Rueda.**

Son dispositivos mecanismos que van ubicados en el mecanismo de freno de la rueda delantera y posterior, estos reciben la fuerza hidráulica generada por la bomba, al momento en que dicha fuerza hidráulica es generada, los pistones de freno se expanden comprimiendo así la pastilla de freno o las zapatas de freno contra los discos o los tambores de frenado.

### **2.6.3. Cañerías**

El fluido hidráulico es dirigido por los distintos puntos y elementos del sistema de frenos a través de cañerías, estas pueden constar en un vehículo de material metálico o material de caucho recubierto y en la mayoría de casos, los dos materiales a la vez.

Las cañerías del sistema de frenos deben ser de un material lo suficientemente resistente, para poder soportar las presiones generadas en el sistema, a su vez, deben tener la capacidad de acoplarse a la distinta toma en los elementos que componen este sistema.

### 2.6.4. Líquido de Frenos

El líquido de frenos es un tipo de líquido hidráulico que se utiliza en aplicaciones de frenos hidráulicos y embrague hidráulico en automóviles, motocicletas, camiones ligeros y algunas bicicletas. Se utiliza para transferir fuerza a presión y para amplificar la fuerza de frenado. Funciona porque los líquidos no son apreciablemente comprimibles.

La mayoría de los líquidos de frenos que se utilizan en la actualidad son a base de éter de glicol, pero también se encuentran disponibles aceites minerales (Citroën / Rolls-Royce liquide hydraulique minéral (LHM)) y líquidos a base de silicona (DOT 5).

**Figura 11**

*Clasificación de los líquidos de freno*

Clasificación Parámetro	DOT3 Éter de glicol	DOT4 Éter de glicol	DOT5		
			DOT5.1 Éter de glicol	DOT5 SB Silicona	Aceite mineral
Punto de ebullición	205	230	260		
Punto húmedo de ebullición(°C)	140	155	180		
Viscosidad a -40 °C (mm <sup>2</sup> /s)	< 1.500	< 1.800	< 900		
Diferencia de colores	De incoloro a colores binarios			lila	verde

*Nota.* En el gráfico se puede observar algunas de las características más importantes que poseen los líquidos de freno, en las cuales se denota la ebullición que presenta, factor importante para la implementación del líquido de freno ya que de seleccionarse un fluido incorrecto puede llegar a evaporarse por las elevadas temperaturas de trabajo del vehículo. Tomado de (Bosch, 2003).

Como podemos notar, los tipos de fluido de freno se clasifican según la siguiente diferenciación establecida por DOT (departament of transportation) DOT3, DOT4, DOT5 y DOT5.1

**Figura 12***Comparación de los líquidos de freno*

<b>LÍQUIDOS FRENOS</b>	<b>DE</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
			Puede
		Disponibilidad	ocasionar que
		- en el mercado	deterioro en los
		Precio de	retenes de
		- compra bajo	goma naturales
		Compatible con	de los cilindros
		- líquidos DOT4 y	Temperatura
		DOT5.1	de ebullición
			- menor en
<b>DOT3</b>			comparación a
			otros líquidos
			Puede
			ocasionar
			- corrosión por la
			humedad que
			este posee.

LÍQUIDOS DE FRENOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>DOT4</b>	Compatible con líquidos DOT3 y DOT5.1 Uso recomendado por los fabricantes de vehículos modernos Usado en sistemas de freno de alto rendimiento y temperatura al tener menor grado de higroscópico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Precio de compra mayor al DOT3</li> <li>- Ataca a la pintura</li> <li>- Ocasiona corrosión en caso de alguna fuga.</li> </ul>

LÍQUIDOS DE FRENOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>DOT5</b>	<p>En caso de producirse alguna fuga la pintura no es corrompida No absorbe agua, haciéndolo ventajoso en condiciones de húmeda</p> <p>Compatible con los elementos de goma de índole natural o sintética del circuito de freno</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incompatible con líquidos DOT3 Y DOT4</li> <li>- Puede ocasionar corrosión en puntos específicos al no absorber humedad</li> <li>- Se debe purgar el sistema periódicamente</li> </ul>
	<b>LÍQUIDOS DE FRENOS</b>	<b>VENTAJAS</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se debe purgar el sistema periódicamente</li> </ul>

LÍQUIDOS DE FRENOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>DOT5.1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prestaciones similares a un DOT4, pero con cualidades superiores a los demás líquidos de freno Punto de ebullición mayor al DOT3 y DOT4 en condiciones húmedas y secas</li> <li>- Compatible con elementos de goma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- en caso de crearse vacíos</li> <li>- Ataca a la pintura si existe alguna fuga</li> <li>- Precio de adquisición más costoso que otros líquidos de freno</li> <li>- Su adquisidor se hace en centros especializados de competición</li> </ul>

LÍQUIDOS DE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
FRENOS	sintéticos y naturales	

*Nota.* En la tabla 3 se puede se muestran comparaciones entre los diferentes líquidos de freno usados actualmente en el parque automovilístico. Tomado de (*piedetoro.net*, s.f.)

### **2.6.5. Depósito de Líquido de Frenos**

El depósito de líquido de frenos es el lugar donde el fluido va albergado, tanto de suministro como reserva, mientras el sistema se mantiene en funcionamiento, el fluido pasa del depósito y sigue circulando, para abastecer el sistema.

**Figura 13***Depósito de líquido de frenos*

*Nota.* Este tipo de depósito de líquido de frenos es acoplado en cilindros maestros simples. Tomado de *(Marín Garrido)*

**2.7. Accionamiento de Frenos con Potencia Asistida****Tabla 3***Tabla de fuerzas aplicadas en el pedal de freno del vehículo*

<b>Fuerza sobre el pedal(kg)</b>	<b>Presión en el circuito con servofreno(bar)</b>	<b>Presión en el circuito sin servo (bar)</b>
0	0	0
10	30	13
20	65	24
30	104	34
40	118	44
50	130	53

Fuerza sobre el pedal(kg)	Presión en el circuito con servofreno(bar)	Presión en el circuito sin servo (bar)
60	140	63
70	150	75
80	160	86
90	170	100
100	180	113

*Nota.* En la tabla 4 se observa la diferencia de presión con las que trabaja una bomba de freno al ser accionada mediante servofreno y el esfuerzo muscular directo del conductor. Tomado de (Falasca, s.f.)

### **2.7.1. Servofreno**

El servofreno es un dispositivo que permite aumentar la fuerza suministrada por el pedal a la bomba de freno, es decir, permite aumentar la fuerza con la cual el fluido es dirigido a través del sistema.

Este es un sistema auxiliar que funciona en base a fuerza de vacío para su activación y funcionalidad.

### **2.8. Accionamiento de Frenos sin Potencia Asistida**

Este tipo de sistema de frenos no cuentan con un mecanismo de servo para generar un aumento en la fuerza con la cual se comprime el fluido a través del sistema,

la salida desde la bomba hacia los sistemas es directa y dependerá únicamente de la fuerza generada por el cilindro maestro.

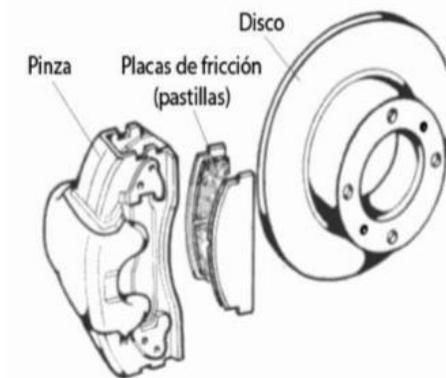
## 2.9. Tipos de Freno de Rueda

### 2.9.1. Frenos de Disco

Este tipo de sistema consta de un disco de metal o cerámica en caso de vehículos de competencia o alta gama, este disco de freno es el material con el cual las pastillas tendrán fricción y sujeción, debido a este efecto, se producirá que el vehículo se detenga o disminuya su velocidad.

#### Figura 14

*Partes del freno de disco*



*Nota.* La figura 14 expone el despiece de un sistema de freno de disco. Tomado de

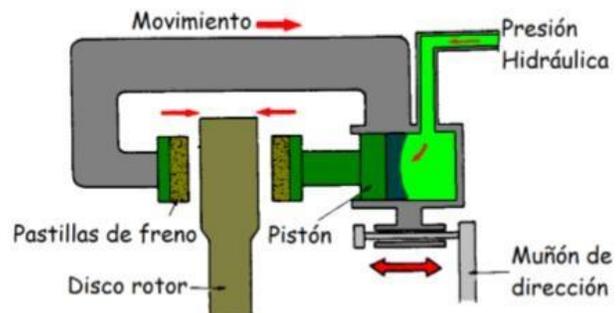
*(Andrade Guerrero & Potosí Potosí )*

#### 2.9.1.1. Frenos Sin Aplicar.

Cuando los frenos con sistema de disco no son accionados, los pistones de freno se contraen, en este momento la presión hidráulica será constante, pero no tendrá fuerza para mantener las pastillas contra el disco.

### Figura 15

*Frenos de disco en reposo*

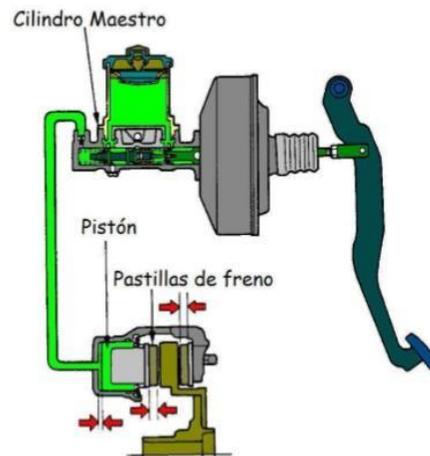


*Nota.* En la representación gráfica se puede observar el momento en que las pastillas se encuentran despegadas del disco por ende el caliper no ejerce presión, por lo tanto, el líquido de freno en las cañerías permanece estancado. Tomado de ( *Perugachi*

*Falconí & Moromenacho Vega , 2010)*

## Figura 16

### *Frenos de disco aplicados*



*Nota.* La figura se encuentra con sistema de freno asistido por servofreno en la cual el caliper ejerce presión de tal forma que el embolo situado en su interior recorran las pastillas contra el disco, en este momento el conductor presiono el pedal de freno.

#### **2.9.1.2. Mordazas de Freno.**

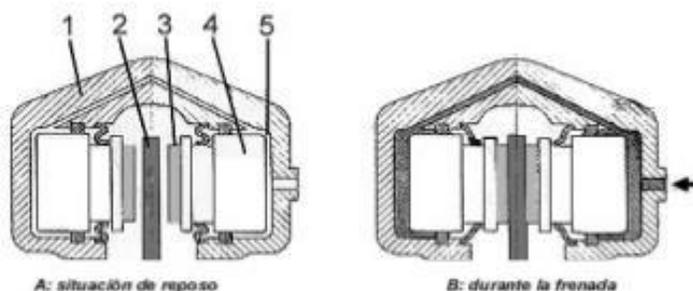
Las mordaza son los elemento que están sometidos a la fuerza generada por la compresión del cilindro en el frenado, estas también albergan en su interior al pistón del freno, este es accionado con la fuerza hidráulica generada por la bomba de freno.

#### **2.9.1.2. Pinzas de Cuerpo Fijo.**

Cuando se produce el efecto de frenado y cuando el mecanismo de frenado esta en reposo, las mordazas se mantienen fijas en el mismo sitio, sin cambiar su posición.

### Figura 17

*Pinzas de cuerpo fijo en reposo y frenada*



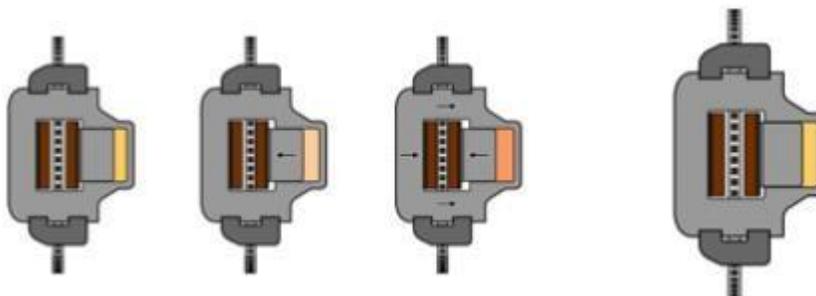
Nota. En la figura se muestra el canal de conexión entre los dos cuerpos de la pinza para que el fluido sea repartido por igual. Tomado de (*Centro Zaragoza, 2001*)

Durante el sece del freno mediante los anillos elásticos de estanquidad que se habían deformado vuelven a su posición haciendo retroceder el embolo. (Estevez Somolinos, y otros, 1984)

#### **2.9.1.2. Mordazas de Cuerpo Flotante.**

### Figura 18

*Accionamiento de las mordazas de freno de cuerpo flotante*



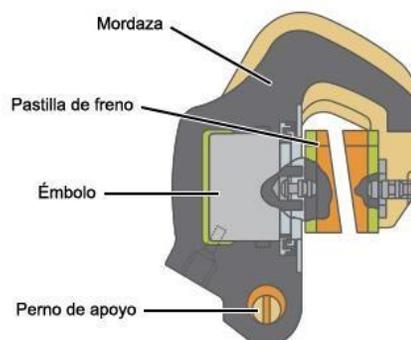
Nota. En la figura 18 se muestra la acción y reacción que tiene la pinza flotante al momento en que se activa el freno. Tomado de (*Kashima University, s.f.*)

#### **2.9.1.2.3. Mordazas Oscilantes.**

Cuando la fuerza es aplicada, esta se desplaza una distancia mínima sobre el perno de ajuste o comúnmente conocidos como pasadores, esto con el fin de lograr un mejor apoyo de las pastillas de freno.

### Figura 19

#### *Accionamiento de la mordaza de pinzas oscilantes*



*Nota.* En pinzas oscilantes como se puede observar en la figura 19 las pastillas tienen una forma singular ya que la forma de accionamiento es un tanto diagonal. Tomado de (Kashima University, s.f.)

#### **2.9.1.3. Pastillas de Freno.**

Las pastillas de freno son los elementos que estarán directamente en contacto con el disco, estas son de un material áspero, con superficie irregular, con el fin de generar fricción cuando entre en contacto con el disco y gracias a esto poco a poco y de manera progresiva, detener la marcha del automóvil. Características:

- Comprensión en trabajos demandantes de frío y calor

- Absorción de vibraciones e irregularidades en cada una de las superficies de contacto
- Coeficiente de fricción adecuando al cambio de temperaturas
- Resistencia al desgaste

Las pastillas, al igual que cualquier material sometido a fricción, tiende a sufrir desgaste, debido a ello se debe sustituirlas cada cierto kilometraje para evitar daños y obtener un funcionamiento óptimo del sistema.

#### **2.9.1.4. Tipos de Freno de Disco.**

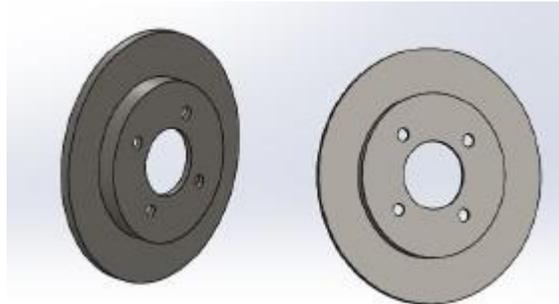
El freno de disco es un mecanismo para ralentizar o detener la rotación de una rueda de su movimiento. Un freno de disco normalmente está hecho de hierro fundido, pero en algunos casos, también está hecho de compuestos como compuestos de carbono-carbono o de matriz cerámica. Esto está vinculado a la rueda y / o al eje. Para detener la rueda, se fuerza material de fricción en forma de pastillas de freno contra ambos lados del disco. La fricción causada en la rueda del disco disminuirá o se detendrá.

##### **2.9.1.4.1. Discos Macizos.**

Son discos que son completamente rígidos y no cuentan con ninguna entrada de aire o ventilación.

**Figura 20**

*Discos macizos con su superficie plana*



*Nota.* En la figura se puede observar que el disco no presenta ninguna de entrada de aire en la superficie y lateral. Tomado de (Cáraces Gavilanez & Ruiz Solórzano, 2015)

**2.9.1.4.2. Discos Ventilados.**

Son discos que cuentan con aberturas o alabes alrededor del disco en los laterales, con el fin de mejorar la ventilación con la ayuda del aire, los alabes sirven de albergue del aire impulsado por la fuerza de la velocidad a la cual va el vehículo, ayudando a su refrigeración.

**Figura 21**

*Visualización de las entradas de aire en los laterales del disco de freno*



*Nota.* El lateral del disco está dispuesto de entradas que facilitan el enfriamiento.

Tomado de (Pozo Castillo & Quingla Garrido, 2010)

#### **2.9.1.4.3. Discos Perforados.**

Los frenos de disco perforados están diseñados para mejorar su ventilación y el agarre de las pastillas de freno en la superficie, esto debido a que el aire se cuele en las perforaciones y lo ventilan y a su vez, sirven de superficie irregular para perfeccionar el agarre de las pastillas de freno.

#### **Figura 22**

*Disco de freno en perforado la superficie*



*Nota.* En la figura se denota las perforaciones en la superficie del disco.

#### **2.9.1.4.4. Discos Estriados.**

Son similares a los discos perforados, pero a diferencia de tener perforaciones, tienen estrías que ayudan a la ventilación y a la sujeción superficial de las pastillas de freno.

#### **2.9.1.4.5. Discos Mixtos.**

son combinaciones de los tipos de discos de freno, pueden ser en uno mismo perforados, estriados y ventilados.

#### **2.9.1.4.6.**

#### ***Discos de Cerámica.***

Son discos de aleaciones de carbono, los utilizan generalmente para vehículos de competencia de alto rendimiento o en automóviles de alta gama, cuenta con un acople de mayor facilidad con las pastillas de freno, la superficie no sufre cristalización.

### **Figura 23**

*Visualización grafica de un disco de cerámica*



*Nota.* El disco de cerámica como se puede observar en la figura está compuesto entradas de aire similares a las del discos perforados y estriados. Tomado de (Cáraces Gavilanez & Ruiz Solórzano, 2015)

### **2.9.2. Frenos de Tambor**

Un freno de tambor es una rotura tradicional en la que la fricción es causada por un juego de zapatas o pastillas que presionan contra una parte giratoria en forma de tambor llamada tambor de freno.

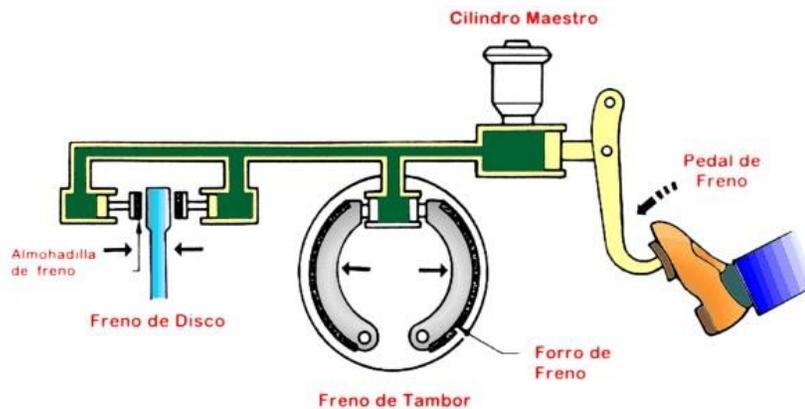
El término "freno de tambor" generalmente significa un freno en el que las zapatas presionan la superficie interna del tambor. Cuando el tambor está pellizcado entre dos zapatas, similar a un freno de disco estándar, a veces se le llama "freno de tambor de pellizco", aunque tales frenos son relativamente raros.

### 2.9.2.1. Frenos Aplicados.

Cuando el pedal de freno es accionado, la fuerza hidráulica se distribuye por cada uno de los elementos del sistema, logrando así que dicha fuerza pueda accionar los mecanismos y producir el frenado del automóvil.

#### Figura 24

*Circuito interno del sistema de tambor*



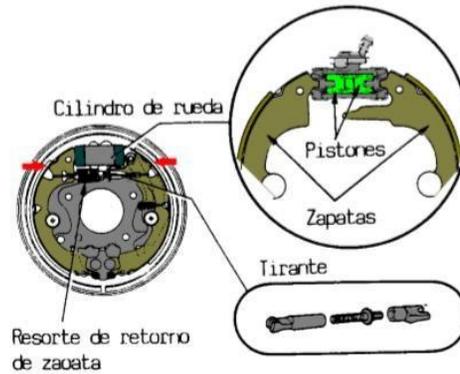
*Nota.* La figura representa cómo recorre el líquido de freno hasta llegar a sus componentes actuadores. Tomado de (*Amante, 2013*)

### 2.9.2.2. Frenos sin Aplicar.

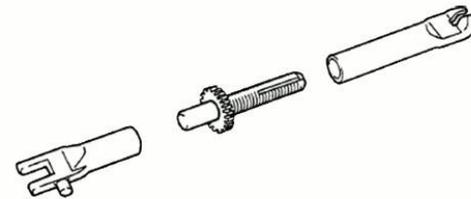
Las zapatas se encuentran contraídas pese a una fuerza existente en el cilindro, esta fuerza es vencida gracias a un muelle que retrae las zapatas de freno para mantenerlas en reposo.

**Figura 25**

*Zapatas de freno en estado de reposo*

**Figura 26**

*Anclaje de rosca*



*Nota.* Anclaje de zapatas de freno

### **2.9.3. Elementos del Freno de Tambor**

#### **2.9.3.1. Plato de Anclaje.**

Elemento sujeto al soporte del sistema, en el van albergados todos los elementos que componen al sistema.

#### **2.9.3.2. Tambor.**

Es el elemento encargado de soportar la fricción con las zapatas, este fricciona con el elemento antes mencionado, lo oprime con gran fuerza, creando un alto

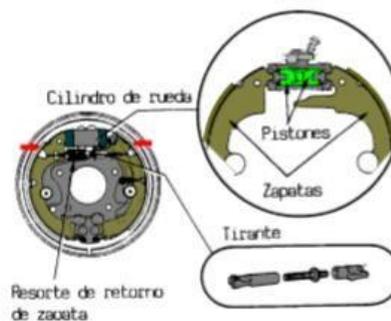
coeficiente de rozamiento y así generando que el vehículo se detenga poco a poco de manera progresiva.

### 2.9.3.3. Cilindro de Rueda.

Elemento encargado de recorrer las zapatas contra el tambor, para generar la fricción y el proceso de frenado.

#### Figura 27

*Funcionamiento del cilindro de rueda*



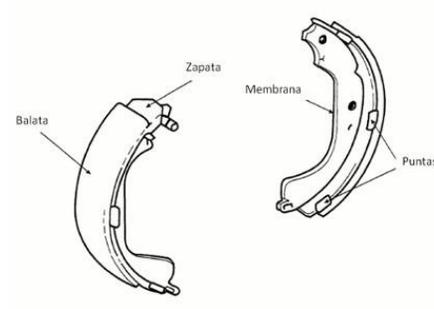
*Nota:* Cuando la acción del freno cesa los resortes de retracción contraen las zapatas y la fuerza ejercida por el cilindro de rueda se contrae. Tomado de ( *Perugachi Falconí & Moromenacho Vega , 2010*)

### 2.9.3.4. Zapatas.

Compuesta por balatas metálicas de material de asbesto, carbón o cerámica, aseguradas por pasadores a la base portadora de los elementos, cumplen con la función de friccionar contra el tambor de freno para detener el vehículo.

**Figura 28**

*Partes de una zapata de freno*



## Capítulo III

### 3. Desarrollo del proyecto

#### 3.1. Selección e Implementación del Sistema de Frenos en el Vehículo tipo Polaris.

El prototipo en el cual se van a instalar el sistema de frenos es un vehículo biplaza tipo Polaris con motor 250 CC.

A continuación, se realizarán los respectivos análisis para determinar qué tipo de sistema de frenos es el idóneo a ser utilizado, tomando en cuenta algunos de los parámetros técnicos, además de varias consideraciones tales como precio, disponibilidad en el mercado, capacidad de frenado de acuerdo al peso del vehículo, seguridad etc.

Tomando en cuenta ciertos parámetros de vehículos de tipo polaris ya construidos, utilizados para competición, la cual recomienda usar un circuito hidráulico único o circuito dual para el freno delantero y posterior, esto por motivos de mantener la seguridad del conductor en caso de que alguno de estos sistemas llegue a fallar. A continuación, se muestra una tabla de ponderación para la correcta selección del sistema de frenos.

#### 3.2. Matriz de Ponderación para la Selección de los Frenos

**Tabla 4**

*Tabla de valores*

Valor	1	2	3	4	5
Ponderación	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente

**Tabla 5**

*Matriz para la selección del sistema de accionamiento de los frenos*

<b>Frenos</b>	<b>Seguridad</b>	<b>Precio</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Frenado</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Total</b>
		<b>(10%)</b>	<b>(20%)</b>	<b>(30%)</b>	<b>(10%)</b>	
	<b>(30%)</b>					
Frenos hidráulicos	5 (30%)	5(10%)	5(20%)	5(30%)	5(10%)	(100%)
Frenos mecánicos	2(12%)	5(10%)	4(16%)	3(18%)	4(8%)	(64%)

*Nota.* En la tabla se muestra que los frenos hidráulicos generan un total de 100% de aceptación para la implementación en el prototipo polaris. Siendo factible su instalación ya que variables que mayor importancia tendrán para esta selección son seguridad, precio y disponibilidad en el mercado automovilístico.

Debido a que este prototipo de vehículo biplaza tipo polaris es de capacidad liviana, cuenta con un motor de 250cc, por esta razón se ha optado por realizar la instalación de un sistema de frenos con discos finos ventilados, mismos que brindan un frenado efectivo, es de fácil mantenimiento y nos brindan un alto porcentaje de seguridad en el manejo del vehículo.

**Tabla 6***Matriz de ponderación de los discos de freno*

<b>Tipos de freno de disco</b>	<b>Seguridad (30%)</b>	<b>Precio (10%)</b>	<b>Disponibilidad (20%)</b>	<b>Frenado (30%)</b>	<b>Mantenimiento (10%)</b>	<b>Total</b>
Discos sólidos	4(24%)	5(10%)	5(20%)	3(18%)	5(10%)	(82%)
Discos ventilados	5(30%)	4(8%)	4(16%)	4(24%)	4(8%)	(86%)
Discos perforados	4 (24%)	2(4%)	2(8%)	5(30%)	2(4%)	(70%)
Discos estriados	4 (24%)	2(4%)	1(4%)	5(30%)	1(2%)	(64%)
Discos mixtos	4 (24%)	1(2%)	1(4%)	5(30%)	(2%)	(62%)
Discos de cerámica	5(30%)	1(8%)	1(20%)	5(30%)	5(10%)	(98%)

*Nota.* Se concluye que, los frenos de disco cerámico presentan mayor grado de confiabilidad, pero las variables precio y disponibilidad hacen que su adquisición sea muy complicada por esta razón, en este apartado específicamente se optó por escoger un disco de freno de acero, con perforaciones que nos brindan ventilación, ayudando a

mejorar el frenado en condiciones de conducción rápida, y que sus prestaciones son más que suficientes para detener el vehículo biplaza tipo polaris.

### 3.3. Matriz de Ponderación para la Selección Líquido de Frenos

Para proceder a seleccionar el líquido de freno más idóneo, se procede a elaborar una tabla en la cual se muestran sus características técnicas, aplicando el más idóneo teniendo en cuenta estos parámetros.

Dichas características son regidas por los parámetros de fabricación de fluido de freno DOT.

**Tabla 7**

*Tipos de fluido de freno*

Líquido de frenos	Punto de ebullición (20%)	Precio (10%)	Disponibilidad (10%)	Capacidad de absorber humedad (30%)	Anticorrosivo (30%)	Total
DOT3	2 (8%)	5(10%)	5(10%)	4(24%)	3(18%)	(70%)
DOT4	3(12%)	4(8%)	4(8%)	4(24%)	3(18%)	(76%)
						(84%)

Líquido de frenos	Punto de ebullición (20%)	Precio (10%)	Disponibilidad (10%)	Capacidad de absorber humedad (30%)	Anticorrosivo (30%)	Total
DOT5	4 (16%)	3(6%)	3(6%)	5(30%)	3(18%)	(88%)
DOT5.1	5 (20%)	1(2%)	1(2%)	5(30%)	4(24%)	

*Nota.* El vehículo tipo polaris va a funcionar con fluido de frenos DOT3 ya que las prestaciones están en un 70% y es altamente recomendado por fabricantes para sistemas de freno de alto rendimiento, cumple con las prestaciones técnicas idóneas para el sistema que se va a utilizar, pues, de utilizarse un fluido de frenos DOT 4 o 5, terminara por deteriorar los sellos, además que su disponibilidad y precio son más que rentables para su adquisición.

Se ha elegido el líquido de freno DOT 3 debido a que este cuenta con las características técnicas necesarias para suplir las demandas del sistema de frenos utilizado para el vehiculo biplaza tipo polaris y en caso de utilizar uno de mayor especificación como DOT 4 o 5, causarían daños a los elementos selladores, ya sean cauchos o empaques.

### 3.5. Diseño del Circuito Hidráulico del Sistema de Frenos

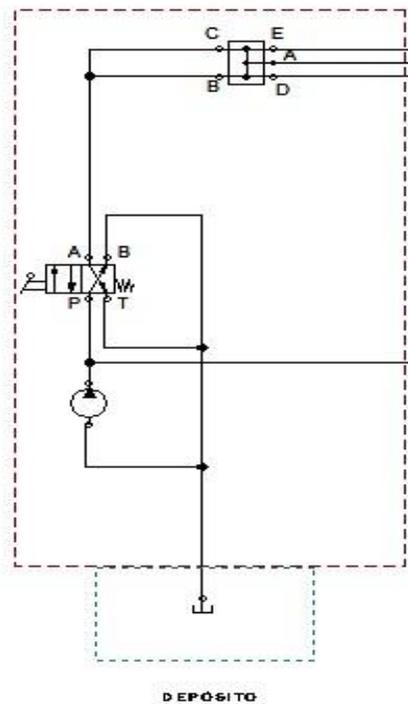
Para realizar el bosquejo del circuito de frenos utilizado en el proyecto, se ha optado por el software fluid sim, en el cual se realizan las respectivas simulaciones.

Para simular la activación y mecanismo de la bomba de freno se usó una válvula 4 vías 2 posiciones (4/2) con retorno por muelle, a causa de que en el software de fluid sim no se puede utilizar una bomba manual de embolo, como la que se usan en el sistema de frenos del vehículo, se usa una bomba de caudal para la simulación, debido a que es un circuito tipo dual, un circuito es para ruedas delanteras y otro circuito, para ruedas posteriores

**Figura 29**

*Simulación del cilindro maestro tipo Tándem*

#### BOMBA DE FRENO INDEPENDIENTE

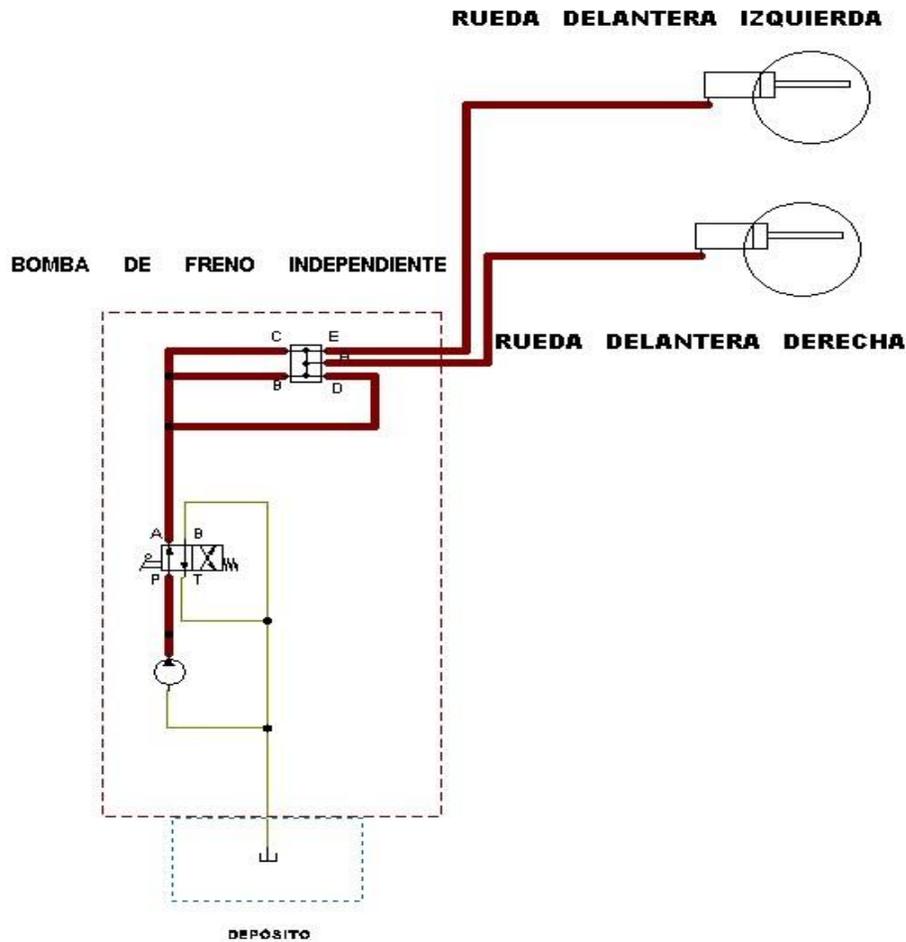


### 3.5.1. Circuito de Frenos Delanteros

Al accionar el pedal de freno, la fuerza hidráulica generada por la bomba, provoca que el cilindro se desplace para comprimir las pastillas o las zapatas contra el disco de freno o los tambores, la fricción entre estos dos elementos producirá el efecto de frenado.

#### Figura 30

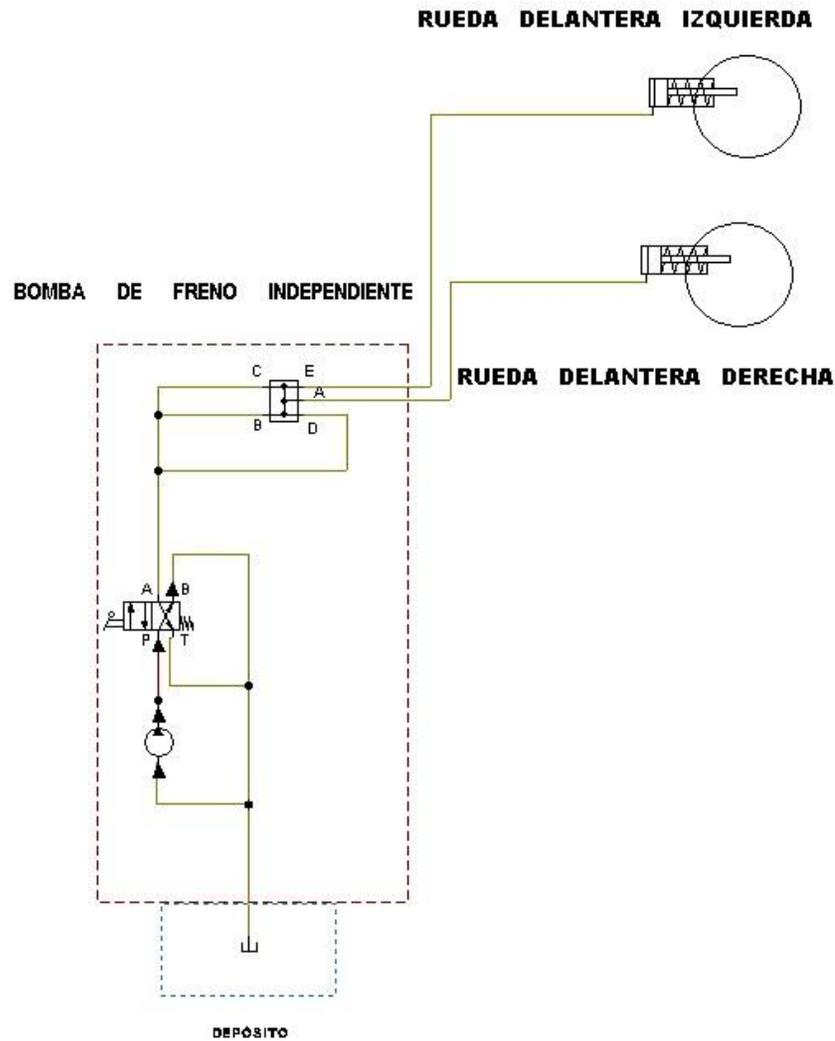
Conexión del cilindro maestro hacia las mordazas de frenos de las ruedas delanteras



Al dejar de presionar el pedal de freno, el pistón retorna a su posición de reposo y con ello también las pastillas y las zapatas, en este momento, el freno se encuentra desactivado y el vehículo puede continuar su marcha de manera libre.

**Figura 31**

*Circuito de sistema de frenos delanteros en posición de reposo*

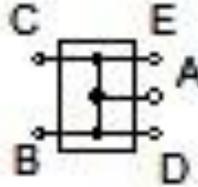


### **3.5.2. Circuito de Frenos posteriores**

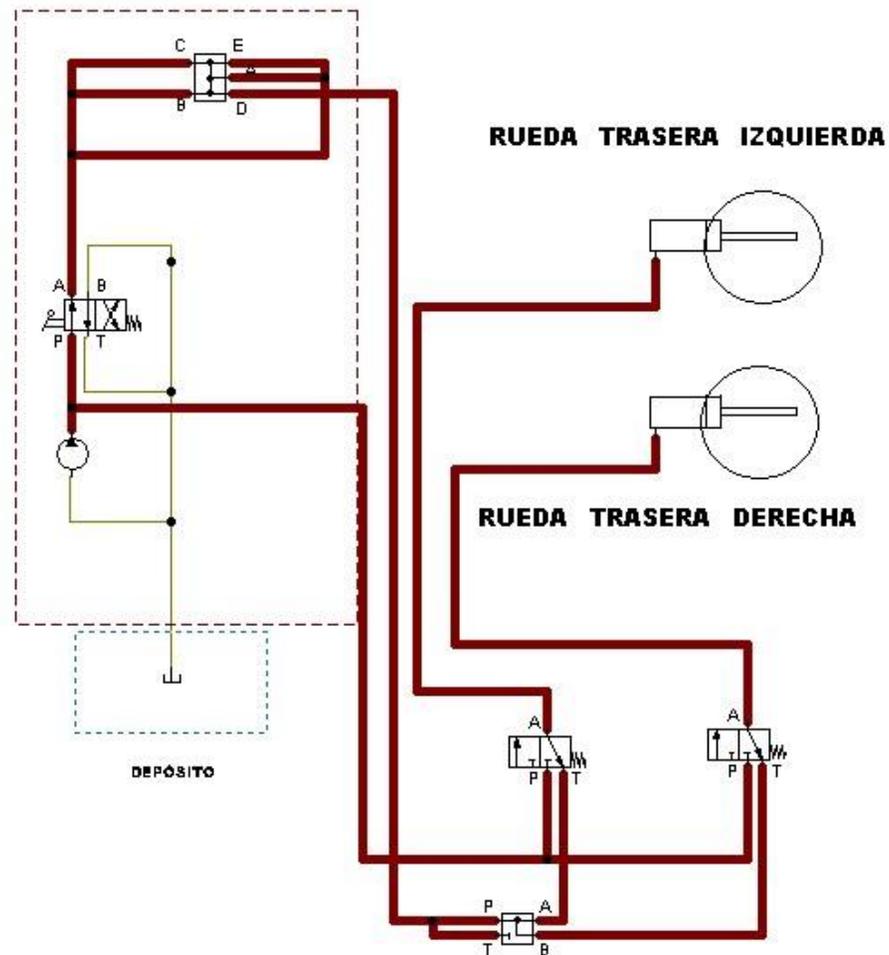
El mecanismo de funcionamiento es el mismo que los frenos delanteros, a diferencia que este va a trabajar con el circuito secundario o auxiliar, este sistema brindará la seguridad y eficacia necesaria al sistema de frenos instalado en el vehículo biplaza tipo polaris.

**Figura 32**

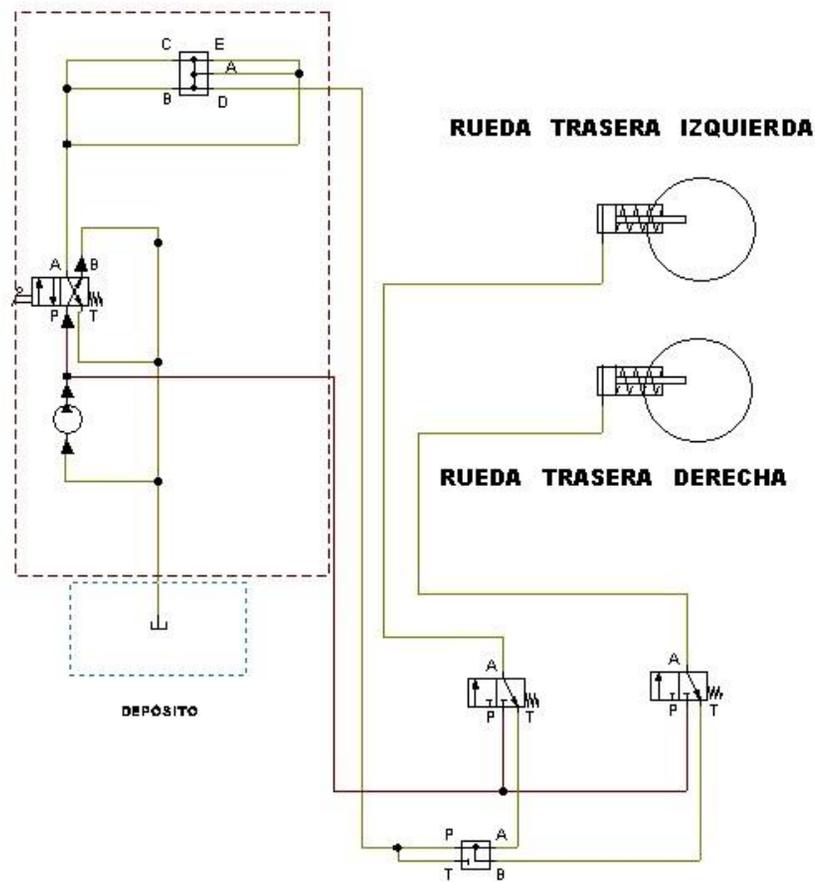
*Disposición de las salidas para el cilindro maestro*



Al accionar el pedal de freno, la bomba o cilindro maestro comprime el fluido y lo envía a raves del sistema, pasando por las válvulas direccionadoras hacia cada una de sus direcciones, el fluido llega a los elementos actuadores y se produce el frenado del automóvi

**Figura 33***Conexión del circuito de frenos posteriores***BOMBA DE FRENO INDEPENDIENTE**

Cuando el pedal de freno deja de ser presionado, el fluido de freno retorna a través de las cañerías hacia el cilindro maestro o bomba, para poder llenarlo de nuevo y mantenerlo alimentado de fluido para el próximo accionamiento del sistema.

**Figura 34***Circuito de frenos posteriores en reposo***BOMBA DE FRENO INDEPENDIENTE****3.6. Construcción de la Base de Sujeción del cilindro o bomba de freno**

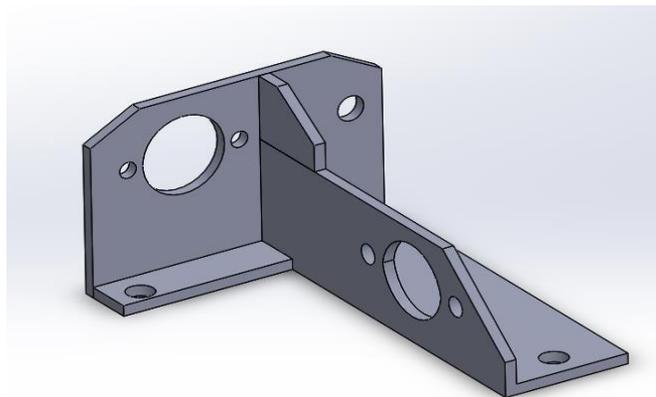
Como el sistema de freno será instalado en un chasis tubular, sus componentes deben ser colocados de tal manera que, permitan su correcto acoplamiento y permita un correcto funcionamiento en el rodaje y uso del vehículo, en el software SolidWorks se

procedió a diseñar una base que será instalada en la estructura del prototipo tipo polaris, de tal forma que la pedalera pueda accionar el cilindro maestro o bomba.

Para la construcción de la base se han seguido las dimensiones de la bomba de freno utilizada y la manera en que permite posicionar este elemento la estructura del vehículo.

### Figura 35

*Vista en 3D de la Base de sujeción al piso de la pedalera diseñada en solidworks*



### Tabla 8

*Dimensiones usadas para ensamblar la base de la pedalera*

Número	Elemento	Dimensión
1	platina acero	157 x 100 mm
1	platina de acero	91 x 25 mm
1	platina de acero L	200 x 66 x 58 mm

Para mayor facilidad en el accionamiento del freno de servicio del automóvil biplaza tipo polaris, se ha dispuesto que se debe realizar una base metálica en la cual va

montado el pedal que se mantendrá en contacto con el cilindro maestro, este debe tener una distancia entre el volante y la pierna del conductor para evitar problemas al momento de la conducción.

### **Figura 36**

*Posición del de la pedalera en el vehículo tipo polaris*



Se ha procedido a realizar cortes y dimensionamientos de los materiales y platinas previamente mostradas, además en la platina de ángulo tipo L se procede a realizar perforaciones de circunferencias con una broca de 1 7/8 in (48 mm) y una broca 7/16 (11 mm) para los pernos de sujeción.

Realizada las perforaciones respectivas hay que centrar la pedalera y sujetarlas con pernos y tuercas hacia la estructura del vehículo tipo polaris.

### **Figura 37**

*Pedalera de freno montada en la base de platinas*



Para el montaje de la bomba, la base en la cual va montada debe estar sujeta con fuerza con la finalidad que al momento de accionar el pedal no exista ningún tipo de

anomalías ni pérdidas de fuerza y el frenado sea lo más efectivo posible, sacando su mayor provecho.

### **Figura 38**

*Alineación de la pedalera de freno con respecto a la bomba*



Se ha procedido a realizar una perforación de diámetro 44 mm (1 ¾ in), y con una broca 9/16 para los pernos de sujeción de la base de la bomba de freno. Una vez perforada la platina se monta la bomba de freno y se ajustan los pernos hacia la estructura del vehículo polaris.

### **Figura 39**

*Bomba de freno montada en la base de platinas*



La base de la pedalera de freno debe estar lo más sujeta posible, para ello se ha dispuesto a colocar un soporte que la sostiene contra la estructura del vehículo biplaza tipo polaris.

#### **Figura 40**

*Platina de refuerzo del pedal de freno*



En el eje de accionamiento de la pedalera se procedió a soldar un bulón metálico de una 1 inch para que la pedalera cuente con una mayor distancia entre el pedal y el pie del conductor.

#### **Figura 41**

*Varilla de accionamiento de bomba de freno*



Cuando la bomba de freno y la pedalera queden alineadas se procede a soldar las bases y colocarlas en su lugar.

**Figura 42**

*Proceso de soldadura de la base de la bomba de frenos y pedalera de frenos*

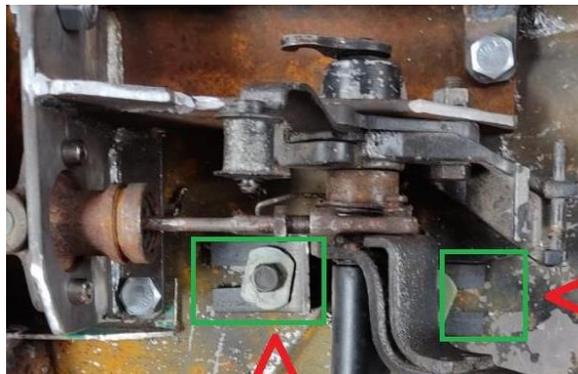


La base queda constituida de tal forma que el cilindro maestro quede por encima de la estructura, tubular por esto, se ha dispuesto una platina por debajo para mejorar la sujeción.

De esta manera, se procede a ajustar ambos elementos y dejarlos sujetos hacia la estructura del vehículo tipo polaris.

**Figura 43**

*Pedalera y bomba de freno, sujetas a la estructura del vehículo*



### 3.7. Montaje de cañerías de freno

Con en análisis previamente realizado, se optó por colocar un sistema de frenos de discos ventilados, son 3 discos y 3 mordazas en total, debido a que se ha realizado un análisis y para una mayor facilidad en el mantenimiento, se colocara una sola mordaza dispuesta en el centro del eje posterior, que cumplirá con la función de detener las ruedas posteriores.

**Tabla 9**

*Componentes del sistema de freno*

---

#### Elementos que conforman el sistema de frenos

---

Bomba de freno



Se optó por el uso de un cilindro maestro de circuito independiente para frenos

delanteros y traseros tal y como recomienda la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y

---

## Elementos que conforman el sistema de frenos

---

### Cañerías



Para la conexión hidráulica de sistema de frenos se usó cañerías solidas de acero además de

latiguillos en lugares de difícil conexión.

### Pastillas de freno



se utilizan pastillas de freno de carbón.

---

## Elementos que conforman el sistema de frenos

### Depósito



Depósito dispuesto de dos cañerías que reparte líquido a cada una de las cámaras del cilindro maestro o bomba de frenos.

Para la conexión del circuito de frenos se usaron cañerías rígidas, así como flexibles, mismas que cumplen con la función de conducir el fluido de freno por cada uno de los elementos, para que puedan cumplir con su función.

Con la ayuda de una cortadora y dobladora de cañería, se realizan dobleces y cortes de la cañería para poder colocarla según corresponda y poder cumplir con su función.

### Figura 44

*Corte de cañerías de freno solidas*



Para el acople de las cañerías se usó una herramienta abocardadora, esta corta la cañería y posteriormente le da una forma cónica y abierta para provocar el acople.

**Figura 45**

*Abocardado de cañería solida*

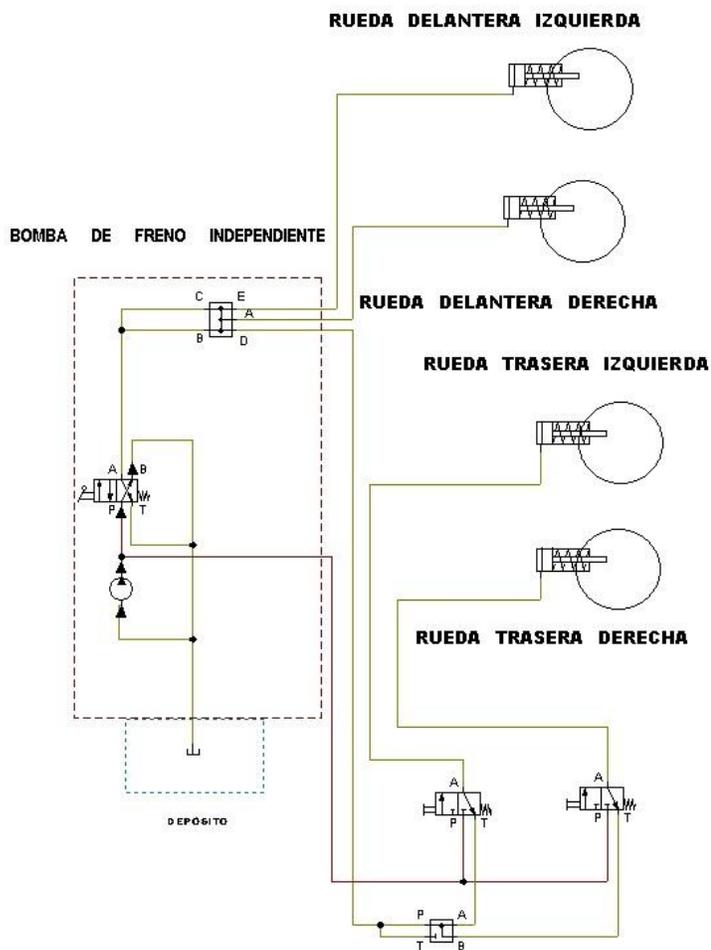
**Figura 46**

*Cañería de freno solida con su forma final y abocardado*



**Figura 47**

*Diagrama hidráulico de frenos que se va implementar en el vehículo tipo polaris*

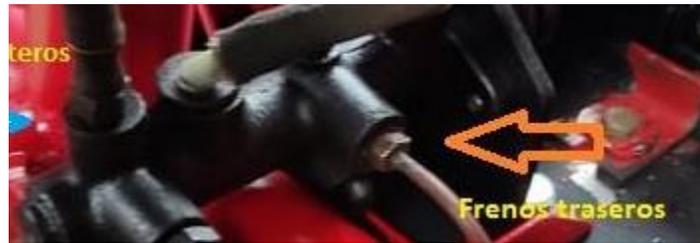


La conexión consiste en dos cañerías flexibles que salen del depósito hacia dos entradas dispuestas en cada cámara del cilindro.

Para alimentar el freno delantero se conectan dos racores a las entradas de las mordazas de freno, estas cumplen con la función de oprimir la pastilla de freno contra los discos, para causar fricción entre estos dos materiales y detener el vehículo.

**Figura 48**

*Conexiones en la bomba de freno*



En cuanto al freno posterior, una cañería saliente desde el cilindro o bomba de freno, es dirigida hacia la mordaza que irá colocada de manera centrada en el eje de tracción posterior.

**3.8 Instalación de las mordazas y discos de freno.**

Para la instalación de los discos de freno, es un trabajo sencillo pero que requiere de un previo análisis técnico.

Para los discos de freno delanteros, se procede a acoplarlos con las manzanas delanteras, mismos que vienen con un diseño de fábrica de 4 pernos M8, se coloca el disco en posición hacia los 4 pernos M8, colocamos las tuercas de sujeción utilizando trabador de pernos, para asegurar la sujeción de los mismos y que no vayan a aflojarse con el giro de los discos y la vibración. Los pernos que sujetan a los discos de freno con la manzana del vehículo, van ajustados con un torque de 50 Lbf.

**Figura 49**

*Acople de disco de freno delantero con la manzana de giro del vehículo*



Para la instalación del disco de freno posterior, se procede a colocar una rueda fija hacia el eje de transmisión posterior, misma que va anclada al eje y se mueve conjuntamente con él, esta rueda acoplada al eje consta con 4 espárragos M8 que serán los que van a sujetar al disco de freno con tuercas.

Se coloca el disco de freno dentro del eje y con los agujeros centrados en los espárragos, se ajustan las tuercas de sujeción con un ajuste de 50 Lbf y trabador de pernos para asegurar el ajuste.

**Figura 50**

*Instalación de disco de freno posterior*



Para la instalación de las mordazas delanteras, se procede a realizar una perforación en la estructura del vehículo tipo polaris, misma que va junto al disco de freno, esta perforación se la realiza con una broca M10, tamaño dispuesto de los pernos que sujetan a las mordazas de freno adquiridas.

Se coloca las mordazas en su lugar, haciendo coincidir las perforaciones, se colocan los pernos y se le da un ajuste de 55 Lbf con trabador de pernos para asegurar su ajuste y fijación. Colocamos las pastillas de freno en su lugar y ajustamos los pernos de los pasadores.

**Figura 51**

*Disco de freno delantero y mordaza instalados*



Para la instalación de la mordaza posterior, de igual manera, se realiza una perforación dispuesta en la base seleccionada de la estructura del vehículo polaris para este fin, se coloca la mordaza con 2 pernos M10 a un torque de 55 Lbf.

Se procede a colocar las pastillas de freno, se ajustan los pasadores y se verifica el ajuste de cada uno de los racores de las conexiones hidráulicas del sistema de frenos, tanto delanteros como posteriores.

**Figura 52**

*Instalación de disco de freno y mordaza posterior*



## Capítulo IV

### 4. Pruebas de funcionamiento

#### 4.1. Pruebas de Funcionamiento del Sistema de Frenos instalado en el vehículo

El sistema de frenos que se instaló en el vehículo tipo polaris se le realizaron algunas modificaciones, por ende, es recomendable inspeccionar y corregir fallas que se puedan producir con el vehículo detenido y en movimiento.

##### **12.1.1. 4.1.1. Comprobación de Estado de las Pastillas y disco de freno**

Las pastillas son los elementos que tienden a mayor desgaste por el rozamiento constante a las que están sometidas, una forma de comprobar si se encuentran en mal estado es observando si el disco de freno posee alguna deformación en su superficie, y también midiendo su espesor, hay un máximo permitido de desgaste en cada disco de freno, mismo que viene establecido por el fabricante, mismo que es de 4mm permitidos, en este caso el vehículo biplaza tipo polaris cuenta con 6mm de espesor en cada disco, lo cual indica que los discos se encuentran en perfecto estado.

#### **Figura 53**

*Espesor adecuado del disco de frenos*



Las pastillas de freno también se pueden diagnosticar su estado, analizando un mínimo de espesor que esta tenga en sus materiales, en cada pastilla de freno se cuenta con un indicador de nivel, mismo que es una platina delgada que viene sujeta de fábrica en la pastilla de freno, cuando la pastilla de freno se encuentra muy desgastada y ya requiere de cambio, al momento de frenar el vehículo, se produce un ruido a manera de chirrido.

Otra manera de identificar el estado de las pastillas es, analizando la longitud de los surcos que vienen marcados en su material, mismos que, aparte de ayudar en el frenado, también indican el nivel de pastilla existente. En este caso, las pastillas de freno se encuentran en perfecto estado y el vehículo tipo polaris, puede ser utilizado.

#### **Figura 54**

*Estado de las pastillas de freno*



#### **4.1.2. Comprobación de fugas de líquido de frenos por sus cañerías y elementos**

Para comprobar si el sistema tiene fugas, se debe seguir un procedimiento sumamente fácil, primero hay que llenar el depósito con líquido de freno al máximo, posteriormente, se debe bombear el pedal de freno con fuerza unas 10 veces y a la 11va vez, se mantiene presionado el pedal, sin dejar que se libere la presión generada por la bomba.

En este momento, con la ayuda de una linterna se observa puntualmente y de manera muy atenta cada punto de la conexión hidráulica de principio a fin, en caso de observar algún tipo de fugas se debe analizar el porqué del problema y corregirlo.

En este caso, el sistema de frenos del vehículo tipo polaris no presenta fuga alguna y el sistema se encuentra en optimo estado para su funcionamiento.

#### **Figura 55**

*Elementos y conexiones hidráulicas del sistema de frenos sin fugas*



## 4.2. Pruebas de Carretera

Antes de sacar a rodar el vehículo en la carretera y comprobar el funcionamiento del sistema de frenos es necesario revisar la presión de aire de los neumáticos, así como el desgaste que estos posean ya que influyen directamente en la adherencia al suelo. Por lo anteriormente dicho la presión de las ruedas deben estar alrededor de los 30 PSI (libras por pulgada cuadrada).

En una recta prolongada, con el vehículo en movimiento es necesario realizar repetidas frenadas de manera brusca para determinar la eficiencia del freno de servicio, así como la fuerza que el conductor debe aplicar en el pedal para que el vehículo se detenga.

Para ello con el vehículo biplaza tipo polaris, a una velocidad aproximada de 80 km/h se procede a realizar frenadas consecutivas para determinar si los frenos de servicio son capaces de soportar el peso, además de verificar si su enfriamiento es el idóneo, pues, de la ventilación del sistema de frenos, también depende su eficiencia en el frenado del vehículo. Una vez realizada la prueba se verificó que el vehículo cuenta con un proceso de frenado muy eficiente y que la distancia a la cual se detiene el automotor es una distancia prudente y que los discos y pastillas de freno no se encontraban cristalizados por exceso de temperatura.

**Figura 56**

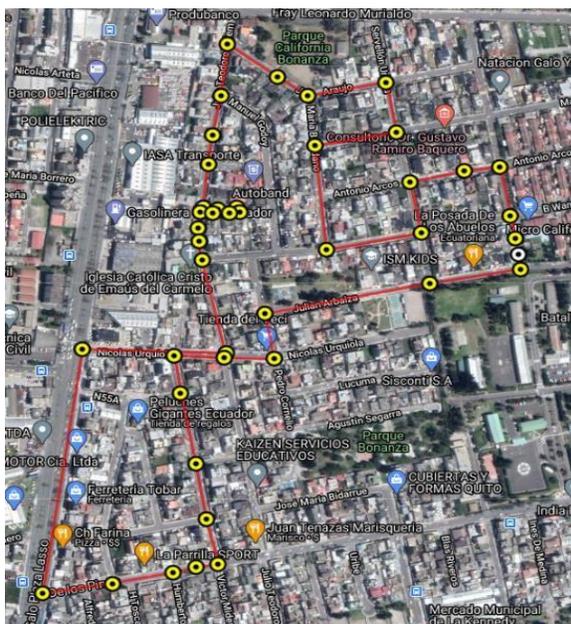
*Elementos del sistema de frenos en perfecto estado después de prueba en carretera*



Nota. Al final, se procedió a realizar una prueba de ruta con el fin de verificar el funcionamiento del sistema de frenos, para ello se trazó un recorrido de 3 km a diferentes velocidades siguiendo los puntos trazados que se demuestran a continuación.

**Figura 57**

*Ruta de prueba de funcionamiento del sistema de frenos*



## Capítulo V

### 5. Conclusiones y recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

- El sistema de frenos del vehículo ha evolucionado constantemente, siendo posible encontrar hoy en día, sistemas más sofisticados que mejoran su rendimiento, logrando que el vehículo cuente con un frenado sumamente preciso.
- En vehículos de competición tipo polaris se deben utilizar los materiales adecuados y de mejor calidad, pues, depende del buen estado de cada uno de los elementos el correcto funcionamiento del sistema de frenos.
- El sistema de freno independiente tipo dual cuenta con una mayor seguridad en caso de que algunos de los componentes usados lleguen a fallar por distintas causas debido a su uso, por tal razón la mayoría de fabricantes automovilísticos usan cilindros maestros tipo Tándem por la confiabilidad y seguridad que brindan a los ocupantes del vehículo.

## 5.2. Recomendaciones

- Usar las herramientas adecuadas, así como el EPP necesario durante y después de cada trabajo de corte y construcción para evitar accidentes al momento de realizar el trabajo.
- Antes de realizar el manejo en carretera del vehículo biplaza polaris, se debe chequear cada uno de sus sistemas, nivel de fluidos, etc, con el fin de precautelar su buen estado y funcionamiento, para evitar problemas técnicos del automotor.
- Al igual que cualquier sistema del vehículo, el sistema de frenos necesita de mantenimiento periódico, para asegurar su correcto funcionamiento y extender su tiempo de vida útil.
- Se debe evitar utilizar un fluido de frenos con mayores características al DOT3, debido a que estos tienen bases químicas en exceso y esto puede dañar los sellos y empaques de los elementos que componen al sistema de frenos.
- Al realizar la conexión de cañerías hidráulicas de freno, se debe asegurar que los hilos de los racores estén acoplados correctamente, de lo contrario, al dar ajuste, las roscas de los elementos tenderán a averiarse.

## Bibliografía

- 4x4, T. (20 de enero de 2020). *Diario motor*. Recuperado el 2 de Agosto de 2021, de <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/4x4-transmision-par-motor-par-a-la-rueda-video/>
- Bosch. (diciembre de 2010). *Boschautopartes.com*. Recuperado el 4 de Agosto de 2021, de [http://www.boschautopartes.com/media/la/aa\\_sites\\_la/products\\_and\\_services/automotive\\_parts/gasoline\\_1/download\\_5/HIRES\\_PDF\\_59963.pdf](http://www.boschautopartes.com/media/la/aa_sites_la/products_and_services/automotive_parts/gasoline_1/download_5/HIRES_PDF_59963.pdf)
- Bosch. (2016). Recuperado el 5 de Agosto de 2021
- Calleja, D. G. (2018). Motores. En D. G. Calleja, *Motores*. Recuperado el 7 de Agosto de 2021
- Carmin. (2009). Carmin. Recuperado el 11 de Agosto de 2021
- Casado, E. Á. (2012). Sistemas de transmision de fuerza y trenes de rodaje. Recuperado el 15 de Agosto de 2021
- chevrolet. (2019). Recuperado el 16 de Agosto de 2021
- coches.com. (2015). *coches.com*. Recuperado el 19 de Julio de 2021, de <https://noticias.coches.com/consejos/diez-preguntas-clave-antes-de-elegir-motor/53942>
- drive, r. w. (2014 ).
- E-ducative.catedu.es*. (2017). Recuperado el 21 de Agosto de 2021, de [http://e-ducative.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1104/html/5\\_la\\_caja\\_de\\_cambios.html](http://e-ducative.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1104/html/5_la_caja_de_cambios.html)
- Fidalgo, R. (22 de enero de 2018). *Autocasion*. Recuperado el 23 de Agosto de 2021, de <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/que-diferencia-hay-entre-el-par-y-la-potencia-de-un-motor>
- Galan, M. (s.f.). *Actualidadmotor*. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de <https://www.actualidadmotor.com/par-motor-que-es/>
- Guachamin, N. (2016). Implementación del Sistema de Inyección Electrónica a Gasolina a un. Recuperado el 26 de Agosto de 2021

- Ingemecanica. (s.f.). *Ingemecanica.com*. Recuperado el 27 de Julio de 2021, de [https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html?fbclid=IwAR3QbRCeTbk8SkJ39nb2q2XnKkdjPj3MGKt2bqnXu8OwXuF59gx6Zvn\\_V3Q](https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html?fbclid=IwAR3QbRCeTbk8SkJ39nb2q2XnKkdjPj3MGKt2bqnXu8OwXuF59gx6Zvn_V3Q)
- Jesus, R. S. (2010). *Técnico en mecánica y electrónica automotriz*. Colombia: Diseli. Recuperado el 2 de Septiembre de 2021
- Salmoral, E. (01 de enero de 2016). *autobild*. Recuperado el 29 de Agosto de 2021, de <https://www.autobild.es/reportajes/7-claves-para-elegir-motor-279107?page=7>
- Volkswagen. (1972). Recuperado el 4 de Septiembre de 2021
- Volkswagen. (2018). *Volkswagen*. Recuperado el 30 de Agosto de 2021, de <https://www.ultimatespecs.com/es/car-specs/Volkswagen/23010/Volkswagen-Brasilia-1600.html>

**ANEXOS**