



**Implementación del Sistema de Freno de un Go-Kart Eléctrico para la Carrera de
Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas**

ESPE

Guañuna Chicaiza, Stalin Jesus

Departamento de Ciencias de la Energía Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Automotriz

Monografía, previa a la obtención del título de Tecnología en Mecánica Automotriz

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

07 de Septiembre del 2021



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

Certificación

Certifico que la monografía, **“Implementación del Sistema de Freno de un Go-Kart Eléctrico para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** fue realizado por el señor **Guañuna Chicaiza, Stalin Jesus** el cual ha sido revisado 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, 07 septiembre de 2021

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

C. C.: 050345481-1

Resultados de Análisis Urkund



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Monografía Guañuna.pdf (D112129318)
Submitted: 9/6/2021 3:23:00 PM
Submitted By: jc.altamiranoc@uta.edu.ec
Significance: 5 %

Sources included in the report:

URKUND STALIN BORJA.pdf (D111582306)
Frenos Rally parte 1.docx (D13846100)
http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14133/1/65957_1.pdf
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2761/3/T-ESPEL-0721.pdf>
<https://core.ac.uk/download/pdf/232928343.pdf>

Instances where selected sources appear:

6

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and flourishes, positioned above a horizontal dotted line.

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

C. C.: 050345481-1



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

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Guañuna Chicaiza, Stalin Jesus**, con cédula de ciudadanía n°**172414257-3**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación del Sistema de Freno de un Go-Kart Eléctrico 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, 07 septiembre de 2021

Guañuna Chicaiza, Stalin Jesus

C.C.: 172414257-3



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

Autorización de Publicación

Yo, **Guañuna Chicaiza, Stalin Jesus**, con cédula de ciudadanía n° **172414257-3**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Implementación del Sistema de Freno de un Go-Kart Eléctrico 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, 07 septiembre de 2021

Guañuna Chicaiza, Stalin Jesus

C.C.: 171424257-3

Dedicatoria

A mis padres Vinicio Guañuna e Isabel Chicaiza por su incondicional apoyo y guía en todo el transcurso de mi vida personal y profesional, por su constante compañía y por siempre estar pendientes en el avance de mi vida profesional.

A mi hermana Maribel y mi hermano Luis por brindarme esas palabras de motivación para seguir adelante con mis estudios.

Agradecimiento

A mis padres les estoy muy agradecido por su constante apoyo tanto en la parte económica como en el aspecto moral para cumplir un sueño más en mi vida profesional.

A mis hermanos por enseñarme a evitar problemas y seguir adelante.

A la mi familia más cercana, los cuales me brindaron palabras de motivación en el transcurso de mi proceso de estudiante.

Tabla de Contenidos

| | |
|-------------------------------------|----|
| Carátula..... | 1 |
| Certificación..... | 2 |
| Resultados de Análisis Urkund | 3 |
| Responsabilidad de Autoría | 4 |
| Autorización de Publicación..... | 5 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Agradecimiento | 7 |
| Tabla de Contenidos | 8 |
| Índice de Figuras | 12 |
| Índice de Tablas | 15 |
| Resumen | 16 |
| Abstract..... | 17 |
| Antecedentes..... | 18 |
| Planteamiento del problema | 19 |
| Justificación..... | 20 |
| Objetivos | 21 |
| <i>Generales</i> | 21 |
| <i>Específicos</i> | 21 |
| Alcance..... | 21 |
| Marco teórico..... | 22 |
| Historia del karting | 22 |
| Sistema de frenos..... | 23 |
| Clasificación..... | 23 |
| <i>Sistema hidráulico</i> | 23 |
| <i>Sistema mecánico</i> | 23 |

| | |
|--|-----------|
| Sistema neumático..... | 24 |
| Componentes..... | 25 |
| Pedal..... | 25 |
| Varilla de freno..... | 26 |
| Bomba de freno..... | 26 |
| Cañería | 27 |
| Caliper | 28 |
| <i>Mordaza fija o de doble acción.....</i> | 28 |
| <i>Mordaza móvil o de acción.....</i> | 28 |
| Pastillas | 29 |
| <i>Características generales pastillas de freno</i> | 30 |
| <i>Tipos pastillas de freno</i> | 30 |
| Orgánicas | 30 |
| Semimetálicas..... | 30 |
| Metálicas. | 30 |
| Carbono..... | 30 |
| Cerámica. | 30 |
| Disco..... | 31 |
| <i>Clasificación.....</i> | 31 |
| Disco Solido..... | 31 |
| Disco con ventilación. | 32 |
| Disco perforado. | 33 |
| Disco Ranurado. | 33 |
| Porta disco de frenos. | 34 |
| Eje trasero | 34 |
| Neumáticos | 35 |

| | |
|--|-----------|
| Líquido de frenos..... | 36 |
| Cálculos, Formulas y Notaciones | 38 |
| <i>Distancia hasta el paro, Desaceleración, tiempo y distancia de frenado.....</i> | <i>38</i> |
| Desaceleración de frenado. | 38 |
| Tiempo de frenado..... | 38 |
| Distancia de frenado..... | 38 |
| Distancia hasta el paro..... | 38 |
| <i>Presión en el circuito y Fuerza de apriete</i> | <i>40</i> |
| Presión en el circuito..... | 40 |
| Fuerza de apriete. | 41 |
| Desarrollo del Proyecto | 43 |
| Diagrama e Identificación de Componentes | 43 |
| Dimensionamiento | 44 |
| <i>Presión del circuito</i> | <i>44</i> |
| <i>Fuerza de apriete.....</i> | <i>50</i> |
| Adquisición de componentes | 52 |
| <i>Pedal</i> | <i>52</i> |
| <i>Varilla reguladora</i> | <i>53</i> |
| <i>Bomba de freno.....</i> | <i>54</i> |
| <i>Mordaza y Pastillas</i> | <i>55</i> |
| <i>Disco y Base.....</i> | <i>57</i> |
| Implementación..... | 58 |
| Pruebas de Funcionamiento..... | 70 |
| Recolección de Datos..... | 70 |
| Desaceleración..... | 71 |

| | |
|--|----|
| Fuerza de frenado | 71 |
| Periodo de detención..... | 72 |
| Distancia en el periodo de detención | 73 |
| Conclusiones y recomendaciones | 75 |
| Conclusiones | 75 |
| Recomendaciones | 76 |
| Bibliografía..... | 77 |
| Anexos | 79 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 <i>Primeros Kartings</i> | 22 |
| Figura 2 <i>Sistema de Frenos Hidráulico</i> | 23 |
| Figura 3 <i>Sistema de Freno Mecánico</i> | 24 |
| Figura 4 <i>Sistema de Freno Neumático</i> | 25 |
| Figura 5 <i>Pedal de Freno</i> | 25 |
| Figura 6 <i>Varilla de Freno</i> | 26 |
| Figura 7 <i>Bomba de Freno</i> | 27 |
| Figura 8 <i>Cañerías</i> | 27 |
| Figura 9 <i>Mordaza Fija</i> | 28 |
| Figura 10 <i>Mordaza Móvil</i> | 29 |
| Figura 11 <i>Pastilla de freno</i> | 29 |
| Figura 12 <i>Disco de freno</i> | 31 |
| Figura 13 <i>Disco Solido</i> | 32 |
| Figura 14 <i>Disco con Ventilación</i> | 32 |
| Figura 15 <i>Disco Perforado</i> | 33 |
| Figura 16 <i>Disco Ranurado</i> | 33 |
| Figura 17 <i>Porta Disco de Freno</i> | 34 |
| Figura 18 <i>Eje Trasero</i> | 34 |
| Figura 19 <i>Neumáticos</i> | 36 |
| Figura 20 <i>Líquido de frenos</i> | 37 |
| Figura 21 <i>Distancia de frenado</i> | 39 |
| Figura 22 <i>Presión de circuito</i> | 41 |
| Figura 23 <i>Fuerza de apriete</i> | 41 |
| Figura 24 <i>Localización Componentes del Sistema de Freno</i> | 43 |
| Figura 25 <i>Sistema Accionado</i> | 44 |

| | |
|--|----|
| Figura 26 <i>Fuerzas y Dimensionamiento del Pedal</i> | 45 |
| Figura 27 <i>Varilla de regulación</i> | 46 |
| Figura 28 <i>Datos Palanca de la Bomba</i> | 47 |
| Figura 29 <i>Diseño Bomba de Freno</i> | 48 |
| Figura 30 <i>Localizaciones la Fuerza de Apriete</i> | 51 |
| Figura 31 <i>Pedal de Freno</i> | 53 |
| Figura 32 <i>Varilla de regulación</i> | 54 |
| Figura 33 <i>Piezas Internas Bomba de Freno</i> | 54 |
| Figura 34 <i>Bomba de Freno</i> | 55 |
| Figura 35 <i>Pastilla con su Fijación</i> | 56 |
| Figura 36 <i>Función Orificios Mordaza</i> | 56 |
| Figura 37 <i>Pernos para Purgado-Conexión Cañería</i> | 57 |
| Figura 38 <i>Disco de Freno</i> | 57 |
| Figura 39 <i>Base de Disco de Freno</i> | 58 |
| Figura 40 <i>Localización Pedal, Bomba, Mordaza</i> | 59 |
| Figura 41 <i>Croquis Ubicación Pedal de Freno</i> | 60 |
| Figura 42 <i>Instalación del Pedal</i> | 60 |
| Figura 43 <i>Croquis de la Ubicación de la Bomba</i> | 61 |
| Figura 44 <i>Alineación de Agujero de la Base y Palanca</i> | 61 |
| Figura 45 <i>Base de Bomba de Frenos</i> | 62 |
| Figura 46 <i>Instalación Varilla de Regulación</i> | 63 |
| Figura 47 <i>Croquis Mordaza-Disco de Freno</i> | 63 |
| Figura 48 <i>Montaje Disco de Freno</i> | 64 |
| Figura 49 <i>Ubicación Disco de Freno</i> | 65 |
| Figura 50 <i>Distancia Entre Agujeros Bases</i> | 66 |
| Figura 51 <i>Perforación Base de Mordaza</i> | 66 |

| | |
|--|----|
| Figura 52 <i>Unión Cañerías</i> | 67 |
| Figura 53 <i>Conexión Cañería Bomba</i> | 67 |
| Figura 54 <i>Exceso de Manguera</i> | 68 |
| Figura 55 <i>Manguera Dimensionamiento Correcto</i> | 68 |
| Figura 56 <i>Líquido de Freno DOT 3</i> | 69 |
| Figura 57 <i>Prueba Karting</i> | 70 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Diámetros y espesores del eje trasero</i> | 35 |
| Tabla 2 <i>Ejemplo Designación Neumático</i> | 36 |
| Tabla 3 <i>Viscosidad y Puntos de Ebullición DOT 3, DOT 4, DOT 4 PH, DOT 5.1</i> | 38 |
| Tabla 4 <i>Notaciones Desaceleración, Tiempo, Distancia de frenado</i> | 40 |
| Tabla 5 <i>Significado Notaciones Presión de Circuito-Fuerza de apriete</i> | 42 |
| Tabla 6 <i>Datos de la Prueba</i> | 70 |

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo dimensionar e implementar el sistema de frenos hidráulico a un Go Kart eléctrico, Para su dimensionamiento se recogieron datos que vienen estándar como es el pedal, la bomba de freno, la mordaza y el disco, mencionadas dimensiones después se ocuparon para los datos de los cálculos de la presión dentro de sistema de freno y la fuerza de apriete ejercida sobre las pastillas de freno del sistema, por consiguiente se realizó una investigación minuciosa con respecto a los elementos que van hacer adquiridos del sistema de freno hidráulico, como es el disco, la mordaza, pastillas, bomba, pedal, varilla de regulación y cañerías que determinaran el correcto funcionamiento del sistema, cabe recalcar que al ser un sistema de frenos hidráulico la presión dentro del sistema va ser constante por lo que al realizar los cálculos mencionados se determina su correcto funcionamiento, para el proceso de construcción se realizan los croquis del sistema en general y de la localización de los componentes dentro del bastidor, para la fijación tanto del pedal como de la mordaza vasta con realizar agujeros para la sujeción de estos componentes, en la parte de la bomba es necesario realizar una base la cual ira soldada al bastidor, el último paso es el dimensionamiento de las cañerías la cuales por si interior transportaran el líquido de frenos.

- Palabras clave

- **MORDAZA**
- **SISTEMA DE FRENOS HIDRÁULICO**
- **FUERZA DE APRIETE**
- **DIMENSIONAMIENTO**

Abstract

The objective of this project is to size and implement the hydraulic brake system to an electric Go Kart. For it is sizing, data that comes standard were collected such as the pedal, the brake pump, the caliper and the disc, dimensions were indicated after they were occupied. For the data of the calculations of the pressure within the brake system and the clamping force exerted on the brake pads of the system, therefore a thorough investigation was carried out regarding the elements to be acquired from the hydraulic brake system, As is the disc, the caliper, pads, pump, pedal, adjustment rod and pipes that will determine the correct operation of the system, it should be emphasized that since it is a hydraulic brake system, the pressure within the system will be constant, so when performing the aforementioned calculations determine its correct operation, for the construction process the sketches of the system in general and of the location of the components within the frame, for fixing both the pedal and the vast jaw with making holes for the attachment of these components, in the part of the pump it is necessary to make a base which will be welded to the frame, the last step is the dimensioning of the pipes which by themselves will transport the brake fluid.

- Key words
 - **JAW**
 - **HYDRAULIC BRAKE SYSTEM**
 - **TIGHTENING FORCE**
 - **SIZING**

Capítulo I

1 Antecedentes

En la búsqueda de un sistema que permita reducir o detener el movimiento de un vehículo se inicia su desarrollo en la década 1890 en Inglaterra, lo cual dio paso a la primera pinza de freno de disco por 1902 en el Reino Unido. En el mismo año llega al mercado los prototipos de discos de tambor los cuales consistían en una cinta de acero inoxidable alrededor de un tambor principal. Este tenía problemas de funcionamiento en caminos inclinados y caminos con tierra, su solución llegó en 1918 con el freno interno. (Los Frenos de Disco)

Los accionamientos de los frenos de disco y tambor eran completamente mecánicos, con el pasar del tiempo en 1919 se introdujo el cambio drástico a accionamiento hidráulico el cual funcionaba con presión de aceite, este novedoso accionamiento fue fabricado por la casa Lockheed una empresa aeroespacial. El accionamiento hidráulico permitió intensificar la fuerza del pie del conductor, en 1930 los frenos hidráulicos se instauraron como norma. (Silva)

Con los la evolución y los avances que se ha tenido en estos dos tipos de freno tanto en su estructura como en su accionamiento, esto proporcionando seguridad al momento de reducción de velocidad o la detención del vehículo. Se puede decir que el proyecto implementación de un sistema de frenos en un Go kart eléctrico se concluye lo siguiente:

“La selección adecuada del sistema de frenos que se vaya a utilizar para ese tipo de vehículo es sumamente importante, debido que el sistema tiene que brindar seguridad como un correcto funcionamiento en las reacciones de frenado en la conducción.”

1.1 Planteamiento del problema

Los vehículos tipo kart de acuerdo al circuito donde se realiza su conducción es indispensable que se instale un freno adecuado, por lo que una mala selección de este sistema influirá mucho en que el kart al momento de accionar el sistema de frenos sufra una colisión con otro karting o un montículo. (Reglamentación y Homologaciones, s.f.).

La selección del sistema y componentes que lo conforman aparte de tener un correcto funcionamiento y ser resistentes, tienen que poseer la capacidad de generar la fuerza necesaria para realizar el frenado del Karting, por lo que es indispensable realizar los cálculos necesarios para lograr el dimensionamiento y selección de componente. (MotorActual, 2016)

Las características de las piezas que conforman el sistema de freno tienen que poseer ciertas cualidades de resistencia, el karting al momento de estar en conducción como no tiene suspensión va pegado al piso, por lo cual pueden sufrir choques con el piso y esto provocaría la ruptura de piezas por lo que quedaría sin frenos el karting, lo que conllevaría a un accidente. (MotorActual, 2016).

1.2 Justificación

En el presente proyecto se busca optimizar el rendimiento del freno, tanto en altas como en bajas velocidades con la intención de mejorar la distancia de frenado en el prototipo de vehículo eléctrico, garantizando la funcionalidad y dimensionamiento del sistema de frenos.

Con la correcta selección del sistema de frenos del karting a construir de acuerdo al dimensionamiento del mismo, los componentes que se opta por adquirir para construir el sistema es el pedal de freno teniendo el inicio del sistema y este mismo fijándose a la altura del pedal del acelerador, la varilla de regulación, la bomba de frenado permitiendo en esta elevar la presión dentro del sistema, las cañerías transportadoras de líquido, la mordaza la cual albergara a las parilla de freno y finalmente un disco que posea refrigeración.

Los componentes mencionados en el párrafo anterior serán escogidos con la finalidad de que el sistema de freno posea una presión y una fuerza de apriete suficiente para que el prototipo de karting eléctrico al momento de que esté en pruebas de conducción posea la seguridad activa que conlleva llevar implementado un sistema de frenos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Generales

- Implementar el sistema de frenos en un Go kart eléctrico para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la universidad de las fuerzas armadas ESPE

1.3.2 Específicos

- Recopilar información mediante fuentes bibliográficas para la implementación del sistema de frenos.
- Dimensionar el sistema de frenos en base a la información recopilada, para la selección adecuada del equipo
- Implementar el sistema de frenos utilizando dimensiones y procesos de unión adecuados para el acople óptimo del sistema de frenos.
- Comprobar el funcionamiento del sistema de freno interpretando los resultados obtenidos en la prueba de campo para garantizar su eficiencia.

1.4 Alcance

El presente proyecto tiene como objetivo la implementación del sistema de freno en un Go-Kart eléctrico, el cual será adaptado de acuerdo al dimensionamiento del bastidor y potencia a desarrollar del karting, escogiendo componentes de calidad y resistencia para así conseguir la presión dentro del sistema y la fuerza de apriete necesario para garantizar una mayor seguridad en el momento que el prototipo de karting eléctrico alcance velocidades altas y sea indispensable el accionamiento del sistema. Por lo que el proyecto va enfocado a garantizar la seguridad en la conducción, debido esto se busca innovaciones en la construcción permitiendo así mejorar la calidad de vida de la población.

Capítulo II

2. Marco teórico

2.1 Historia del karting

Nace en una base aérea de Estados Unidos en 1951. El primer kart se fabricó con tubos de calefacción, ruedas traseras de avión, motores de cortacésped y el volante de un avión abandonado. Los karts en un principio eran un equipamiento muy rudimentario, que apenas alcanzaban los 50 km / h, con el pasar del tiempo superaría dicha velocidad incorporando mejoras.

En la década de 1960, este deporte se introdujo en Europa a través de Francia y Reino Unido, y en España en la década de 1970. Desde el comienzo de la historia del kart. El chasis ha ganado estabilidad y rendimiento de frenado. Hoy en día, los karts pueden alcanzar velocidades de más de 150 km / h, pero su seguridad es comparable a la de un coche de Fórmula Uno.

Italia siempre ha sido un participante importante en la fabricación de chasis y motores en la historia de los karts. Durante 50 años, los karts han ganado respeto y reconocimiento como un deporte completo hasta la actualidad.

Figura 1

Primeros Kartings



Nota. Primeros modelos de karting en una competencia. Tomado de (Elheim).

2.2 Sistema de frenos

Grupo de componentes que conforman un sistema, los cuales permiten detener o reducir la marcha de un vehículo cuando es necesario, pueden ser sistemas mecánicos o hidráulicos.

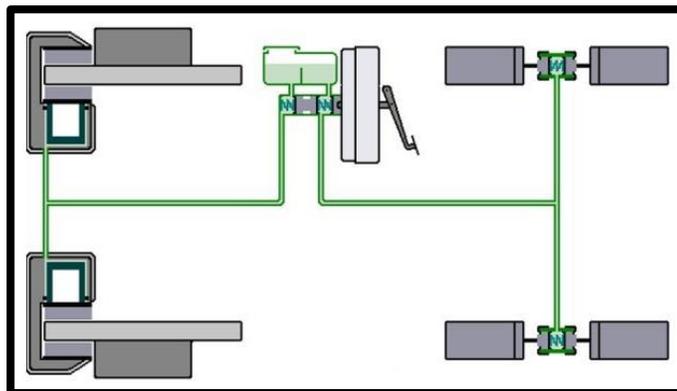
2.2.1 Clasificación

2.2.1.1 Sistema hidráulico

Está conformado por un pedal, cilindro maestro, cañerías y los frenos que se encuentran en las ruedas, Su accionamiento gracias a los componentes mencionados permite aplicar una gran fuerza de apriete al frenar con un pequeño esfuerzo en el accionamiento del pedal. Se basa en los principios de Pascal lo cual dice “La presión ejercida en un punto de un fluido encerrado se transmite con la misma intensidad en todos los sentidos”

Figura 2

Sistema de Frenos Hidráulico



Nota. Conexiones del sistema de freno hidráulico. Tomada de (Cartecc, s.f.)

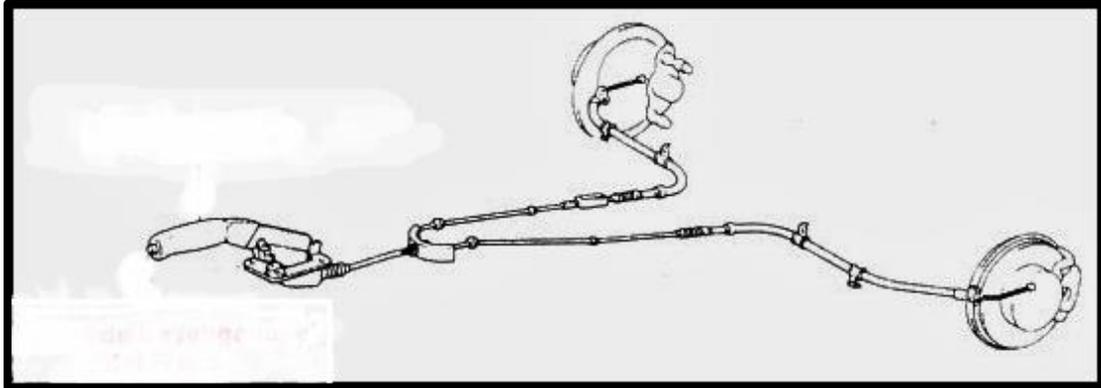
2.2.1.2 Sistema mecánico

Cumple el principio de funcionamiento del sistema de freno el cual de reducir o detener la marcha del vehículo, teniendo un cambio en el accionamiento el cual se

realiza mediante barrillas o cables que conectan directo a los frenos, este sistema ha quedado obsoleto como sistema principal teniendo en cuenta que en la actualidad este tipo de accionamiento se utiliza en el sistema del freno de mano.

Figura 3

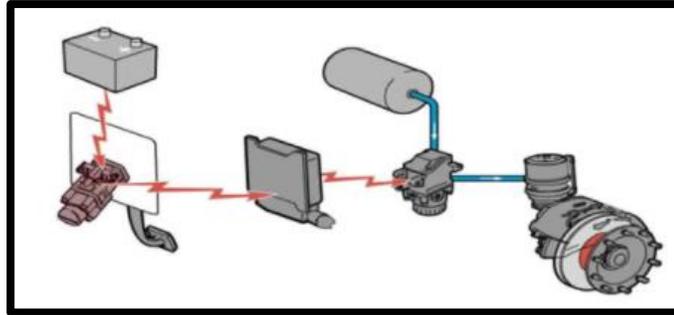
Sistema de Freno Mecánico



Nota. Representación de la conexión de un sistema de freno de mano que en su totalidad es mecánico. Recuperado de (Sistema de Freno, s.f.)

2.2.1.3 Sistema neumático

El sistema freno neumático se refiere que el elemento que accione el sistema de frenos será el aire comprimido. El sistema se encontrará aplicado a vehículos pesados para reducir el esfuerzo del conductor al momento del frenado. Al accionar el pedal se mueve la corredera de la válvula de freno, permitiendo pasar el aire comprimido a través de las tuberías las cuales están conectadas a los cilindros del freno. (Batista)

Figura 4*Sistema de Freno Neumático*

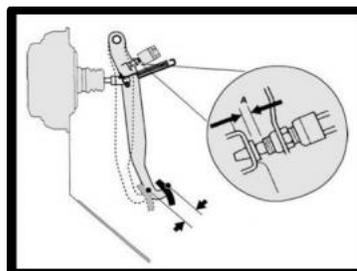
Nota: Esquema de mando de los frenos por aire comprimido, donde los rayos de color tomate indica las señales eléctricas y la línea azul el aire que accionara el freno.

Tomada de (GVNS, 2015)

2.3 Componentes

2.3.1 Pedal

Es donde se inicia la acción del frenado del vehículo, se conecta directo al cilindro para poder aumentar la presión en las pastillas con una presión moderada en el pedal, depende de su punto de apoyo para que pueda aumentar su fuerza por el principio de palanca.

Figura 5*Pedal de Freno*

Nota. Composición de la base y pedal. Tomada de (García León, Acosta Perez, Solano, 2015).

2.3.2 Varilla de freno

Es una barra de metal delgada que conecta el pedal del freno con la bomba de freno, la barra posee una rosca lo cual permite la regulación del freno. El largo de este componente tiene que ser mayor a 18 cm, con un diámetro de 0,5 mm.

Figura 6

Varilla de Freno



Nota. Elemento que transmite el movimiento del pedal a la bomba. Tomada de (KartsFrancis, s.f.).

2.3.3 Bomba de freno

Es fabricada de aluminio, la cual alberga un cilindro por donde se desplaza un pistón accionado por un vástago, el cual es accionado por el pedal de freno. Permite enviar el líquido de freno a presión para el accionamiento de los cilindros del freno (Francisco).

Figura 7*Bomba de Freno*

Nota. Bomba homologada por la FIA tanto para bastidores de nueva y vieja homologación. Tomada de (SuperKart, s.f.).

2.3.4 Cañería

Componente que permitirá conducir el líquido de frenos soportando la presión interna del líquido como de igual forma soportar gentes medio ambientales como otros factores.

Figura 8*Cañerías*

Nota. Manguera para el sistema de frenos de plástico. Tomada de (Implementos, s.f.).

2.3.5 Caliper

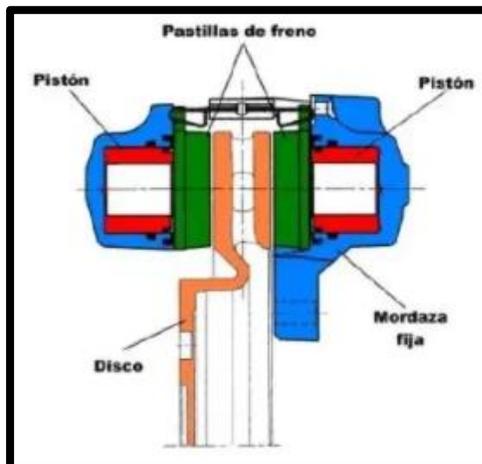
Componente estático dentro del sistema de frenos conocido como la pinza que alberga a los pistones del sistema y las pastillas de freno. Se puede clasificar en 2 tipos, los cuales son:

2.3.5.1 Mordaza fija o de doble acción

Se encuentra fijada a la base de la mordaza. Permite el accionamiento de cada lado del disco con el desplazamiento de las pastillas siendo accionadas por 2 cilindros.

Figura 9

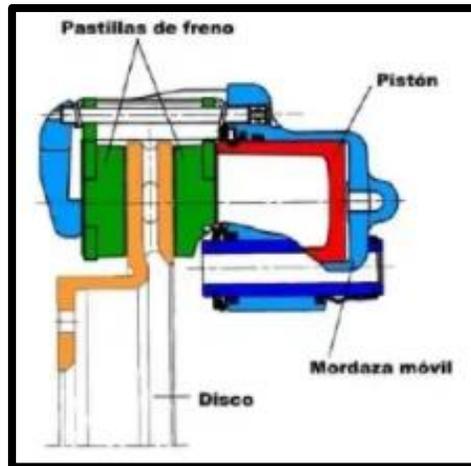
Mordaza Fija



Nota. Componentes y vista cortada de la mordaza fija. Tomada de (Francisco, pág. 10)

2.3.5.2 Mordaza móvil o de acción

Posee una pastilla de freno a cada lado del disco y su accionamiento se realiza con un pistón empujando el disco contra la segunda pastilla. Esto gracias a una mordaza móvil.

Figura 10*Mordaza Móvil*

Nota. Componentes y vista cortada de la mordaza móvil. Tomada de (Francisco, pág. 10)

2.3.6 Pastillas

Como componente principal dentro del sistema es de vital importancia el material de su construcción debido a que ese estará en fricción con el disco al momento de ser accionado el sistema de freno.

Figura 11*Pastilla de freno*

Nota. Juego de pastillas de cerámica. Tomada de (Chavarria Lima, 2019)

2.3.6.1 Características generales pastillas de freno

Los requisitos básicos que deben poseer las pastillas de freno deben ser:

- Coeficiente de fricción adecuado
- Estable a cualquier rango de presión y temperatura
- Estabilidad entre resistencia de desgaste y abrasión
- Resistencia a desgaste y golpes
- Compresibilidad en frío y caliente, lo que permite que el material absorba irregularidad y vibraciones de la superficie en la cual estarán en contacto.

2.3.6.2 Tipos pastillas de freno

Orgánicas. Fabricada de asbesto y materiales orgánicos lo que permite un buen coeficiente de fricción en uso moderado, excelente resultado a bajas temperaturas y son silenciosas pero se desgastan rápido.

Semimetálicas. Los materiales que constituyen la pastilla permiten mayor resistencia al desgaste, su efectividad varía de acuerdo a la temperatura de funcionamiento.

Metálicas. Realizada en base a metal sintético como latón, bronce y aleaciones. Es más eficiente pero presenta una mayor resistencia en su accionamiento, presentan mayor desgaste al disco así como un mayor ruido.

Carbono. Pastillas semimetálicas tratadas con carbono que son muy resistentes pero presentan desgaste en los discos.

Cerámica. Está construida con compuestos inorgánicos no metálicos en su mayoría carburos y óxidos. Soportan elevadas temperaturas y son mayor mente usada en carreras.

2.3.7 Disco

Componente de hierro fundido que permite la reducción total o parcial del vehículo fundamentada en la fricción “Generalmente el 70% de la energía cinética producida en el movimiento es absorbida por los frenos de disco” (García León, Acosta Perez, Solano, 2015, pág. 54).

Figura 12

Disco de freno



Nota. Representación de un disco de freno. Tomada de (García León, Acosta Perez, Solano, 2015).

2.3.7.1 Clasificación

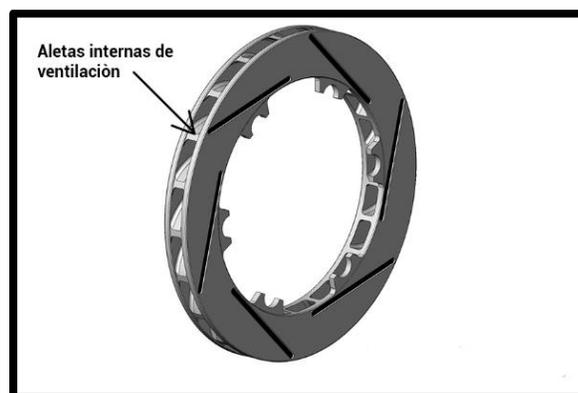
Disco Solido. No poseen ningún tipo de ventilación, esto provoca que sean malos disipando el calor del frenado. Son fabricados de hierro por los que los hace resistentes y permite usarlos en el sistema de freno.

Figura 13*Disco Solido*

Nota. Se puede observar que el disco no posee ningún tipo de separación o perforación.

Tomada de (Espinosa, s.f.).

Disco con ventilación. Formado por discos de acero separados por aletas las cuales sirven para la ventilación y un aligerado adicional al momento de frenar. Las aletas pueden ir inclinadas, rectas o helicoidalmente.

Figura 14*Disco con Ventilación*

Nota. Ventilaciones helicoidales. Tomada de (Los Secretos del Disco de Freno, s.f.)

Disco perforado. La forma y la ubicación de las perforaciones permiten la evacuación de los gases que se producen al momento de frenar. Por su forma tiene una capacidad menor al momento de disipar calor. Su fabricación se la realiza con hierro fundido y un alto contenido de carbono.

Figura 15

Disco Perforado



Nota. Disco de Karting perforado. Tomado de (Los Secretos del Disco de Freno, s.f.)

Disco Ranurado. Las ranuras en el disco permiten que los gases puedan evacuar como en los discos perforados, adicional de permitir limpiar las pastillas y reducir las vibraciones.

Figura 16

Disco Ranurado



Nota. Disco de Karting ranurado. Tomado de (KartsFrancis, s.f.)

2.3.8 Porta disco de frenos.

Base donde se fija el disco de freno, el cual posee una gran resistencia a la torsión y está ubicado en el eje posterior.

Figura 17

Porta Disco de Freno



Nota. Material de construcción resistente a la torsión. Tomada de (Narváez Burbano)

2.3.9 Eje trasero

Es una barra de acero hueco que oscila en su grosor entre 25,40 a 45 milímetros esto se puede apreciar en la tabla 1, se ubica en la parte posterior del kart y es el elemento de transmisión al cual se encuentran anclados los neumáticos, catalina y los soportes únicos del freno.

Figura 18

Eje Trasero



Nota. Vista superior del eje trasero con el anclaje en el bastidor. Toma de (Análisis de Gokart, pág. 29)

Tabla 1*Diámetros y espesores del eje trasero*

| Diámetro | Espesor | Diámetro | Espesor | Diámetro | Espesor |
|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| 50 | 1,9 mm | 41 | 2,8 mm | 31 | 4,7 mm |
| 49 | 2,0 mm | 40 | 2,9 mm | 30 | 4,9 mm |
| 48 | 2,0 mm | 39 | 3,1 mm | 29 | 5,2 mm |
| 47 | 2,1 mm | 38 | 3,2 mm | 28 | Macizo |
| 46 | 2,2 mm | 37 | 3,4 mm | 27 | Macizo |
| 45 | 2,3 mm | 36 | 3,6 mm | 26 | Macizo |
| 44 | 2,4 mm | 35 | 3,8 mm | 25 | Macizo |
| 43 | 2,5 mm | 34 | 4,0 mm | | |
| 42 | 2,6 mm | 33 | 4,2 mm | | |

Nota. Se aprecia el diámetro y el espesor de los distintos ejes a utilizar en la parte trasera del Karting. Tomada de (Reglamentación y Homologaciones, s.f.).

2.3.10 Neumáticos

Son elementos de caucho que permiten que el kart se mantenga en contacto con la carretera, esto lo realiza mediante la adherencia y la fricción para permitir arrancar o frenar. Descrita en la CIK/FIA existen dos variantes de neumáticos, los de 5 pulgadas delanteros de 280mm diámetro máximo y 300 mm en los traseros, los de 6 pulgadas de 250 mm llanta delantera y 350 mm llanta trasera. (Reglamentación y Homologaciones, s.f.). En la tabla inferior se puede apreciar un ejemplo de la denotación de las llantas.

Figura 19*Neumáticos*

Nota. Neumáticos Vega modelo SL8. Tomada de (Análisis de Gokart, pág. 16)

Tabla 2*Ejemplo Designación Neumático*

| Llanta Mojo D2 | |
|----------------------------|--------------------|
| Delantera | 4,5/10 R5 |
| Trasera | 7,1/11 R5 |
| Precio recomendada en frio | 0,65 bar a 9,4 bar |
| Velocidad máxima permitida | 180 km/h |

Nota. Los valores mostrados son un ejemplo de los datos que aparecen en la compra de los neumáticos. Extraída de (ROTAX, s.f.)

2.3.11 Líquido de frenos

Se encarga de transmitir la presión de la bomba a la mordaza del freno. Las propiedades del líquido de freno están definidas por la normativa DOT, la cual define distintas propiedades que deben cumplir los líquidos, las cuales son:

- Temperatura de ebullición alta.
- Temperatura de congelamiento baja.

- Daños de materiales nulos.
- La viscosidad no debe variar con la temperatura.
- Durabilidad aceptable.

Figura 20

Líquido de frenos



Nota. Distintos tipos de líquidos de freno de la marca BOSCH. Tomada de (Líquido de Freno BOSCH, s.f.).

Teniendo en cuenta sus propiedades se clasifican en distintos grados según su normativa, entre las cuales se puede encontrar:

DOT 3. Aptos para equipos con freno hidráulico. Más utilizado en vehículos con cierta antigüedad por lo que se recomienda no mezclar con otros líquidos de freno. Sus características se pueden observar en la tabla inferior.

DOT 4. Tiene un punto de ebullición elevado cuando se utiliza en vehículos fabricados a partir de 1990, sus características se pueden observar en la tabla inferior.

DOT 4 HP. El rendimiento es elevado para todos los vehículos de frenos hidráulicos. La baja viscosidad le hace eficiente para los sistemas eléctricos de frenado (ABS). Sus características se pueden observar en la tabla inferior.

DOT 5.1. Su elevado rendimiento lo hace apto para su aplicación en vehículos de competencia y en vehículos de condiciones de conducción extrema. Sus características se pueden observar en la tabla inferior.

Tabla 3

Viscosidad y Puntos de Ebullición DOT 3, DOT 4, DOT 4 PH, DOT 5.1

| | DOT 3 | DOT 4 | DOT 4 PH | DOT 5.1 |
|---------------------------------------|-------|-------|----------|---------|
| Puntos de Ebullición Seco °C | ≥ 205 | ≥ 230 | ≥ 260 | ≥ 260 |
| Puntos de Ebullición Húmedo °C | ≥ 140 | ≥ 155 | ≥ 170 | ≥ 180 |
| Viscosidad -40°C (mm ² /s) | 1500 | 1800 | 700 | 900 |

Nota. La medida (mm²/s) hace referencia a la viscosidad en el sistema internacional (SI).

2.4 Cálculos, Formulas y Notaciones

2.4.1 Distancia hasta el paro, Desaceleración, tiempo y distancia de frenado

Desaceleración de frenado. La desaceleración es “La reducción de la velocidad por unidad de tiempo por efecto de la aplicación de los frenos” (Kynast, 2001). Su representación es “a”.

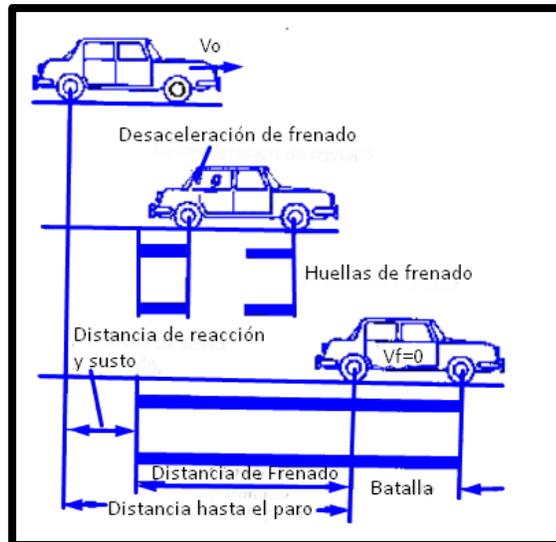
Tiempo de frenado. El tiempo de frenado “Es el intervalo de tiempo durante el cual están actuando los frenos” (Kynast, 2001). Su representación es “t”.

Distancia de frenado. Es el periodo donde actúan los frenos del automóvil y recorren una distancia a la cual se la denomina distancia de frenado, su representación es “s”.

Distancia hasta el paro. Es mayor que la distancia de frenado debido que a que influye el tiempo de reacción del conductor t el tiempo de reacción del sistema de frenos, a estos dos factores se denomina susto y reacción, su representación es S_{total} .

Figura 21

Distancia de frenado



Nota. En la imagen se aprecia cómo reacciona un vehículo al momento de frenar.

Tomada de (Ayala Vega & Suarez Lopez).

Para el cálculo de la desaceleración, tiempo y distancia de frenado es necesario las siguientes formulas:

$$V_o = t \cdot a = \sqrt{2a \cdot S} (m/s)$$

$$S = \frac{V_o \cdot t}{2} = \frac{V_o \cdot \frac{V_o}{a}}{2} = \frac{V_o^2}{2a} (m)$$

$$a = \frac{V_o^2}{2S} (m/s^2)$$

$$t = \frac{2S}{V_o}$$

$$S_{total} = S + V_o \cdot t_1 (m)$$

El respectivo significado de las denotaciones de las formulas se puede apreciar en la tabla 4, la cual se muestra en la parte inferior.

Tabla 4

Notaciones Desaceleración, Tiempo, Distancia de frenado

| Notación | Significado |
|-----------------|--|
| S_{total} | Distancia hasta el paro (m) |
| S | Distancia de frenado (m) |
| a | Desaceleración de frenado (m/s) |
| V_o | Velocidad inicial $\left(\frac{m}{s}\right)$ |
| t | tiempo inicial (s) |
| t_1 | tiempo de susto y reacción (s) |

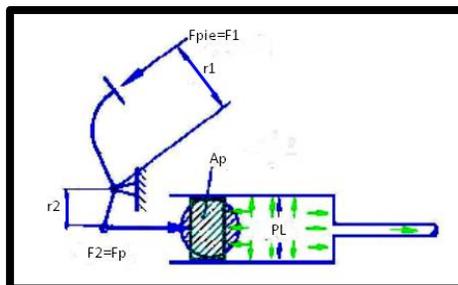
Nota. En la tabla se muestra el significado de las notaciones para calcular Notaciones Desaceleración, Tiempo, Distancia de frenado. Sacada de (Kynast, 2001).

2.4.2 Presión en el circuito y Fuerza de apriete

Presión en el circuito. El apriete al momento de accionar el pedal para la desaceleración del vehículo. En frenos hidráulicos “La fuerza del pie F_{pie} se aumenta por efecto de palanca de las varillas del pedal de frenos. En el cilindro principal actúa la fuerza aumenta F_p y genera a la salida del cilindro la presión del circuito P_L ” (Kynast, 2001).

Figura 22

Presión de circuito

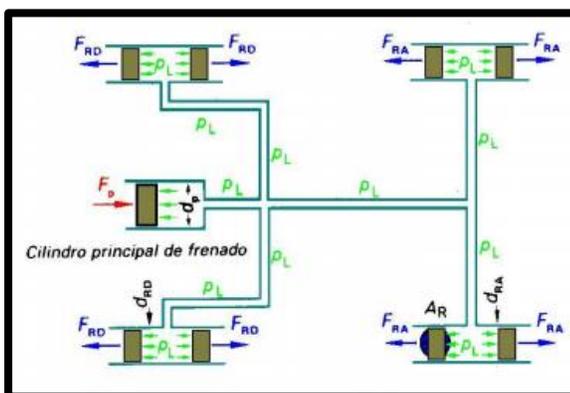


Nota. Ejercicio con fuerzas de accionamiento del sistema de freno hidráulico. Tomada de (Ayala Vega & Suarez Lopez).

Fuerza de apriete. El accionamiento la presión afectara con la misma intensidad a los cilindros los cuales presionaran los frenos y permitirán la reducción de velocidad.

Figura 23

Fuerza de apriete



Nota. Representación de un diagrama donde se puede ubicar las líneas por donde se transporta el líquido de frenos y los cilindros de accionamiento. Tomada de (Kynast, 2001).

Para el cálculo de la presión del circuito y de la fuerza de apriete es necesario tener en cuenta las siguientes formulas:

$$F_p = \frac{F_{pie} \cdot r_1}{r_2} ; PL = \frac{F_p}{A_p} ; F_v \cdot r_2 = F_{pie} \cdot (r_1 + r_2)$$

El respectivo significado de las denotaciones de las formulas se puede apreciar en la tabla 5, la cual se muestra en la parte inferior.

Tabla 5

Significado Notaciones Presión de Circuito-Fuerza de apriete

| Notación | Significado |
|-----------------|--|
| F_{pie} | Fuerza del pie (daN) |
| F_v | Fuerza de varilla (daN) |
| F_p | Fuerza de la cabeza del émbolo del cilindro principal de frenado (daN) |
| r_1 | brazo de palanca 1 del pedal de freno (cm) |
| r_2 | brazo de palanca 2 del pedal de freno (cm) |
| A_p | Superficie del cilindro principal (cm ²) |
| A_R | Superficie de los cilindros de rueda (cm ²) |
| d_R | diametro del cilindro mordaza (cm) |
| PL | Presión del circuito |
| d_p | diametro del cilindro principal |
| F_R | Fuerza de apriete (daN) |

Nota. El significado de las notación son específicamente del sistema de freno y la ubicación de las mismas se pueden observar en la figura 21 y 22. Sacada de (Kynast, 2001)

Capítulo III

3 Desarrollo del Proyecto

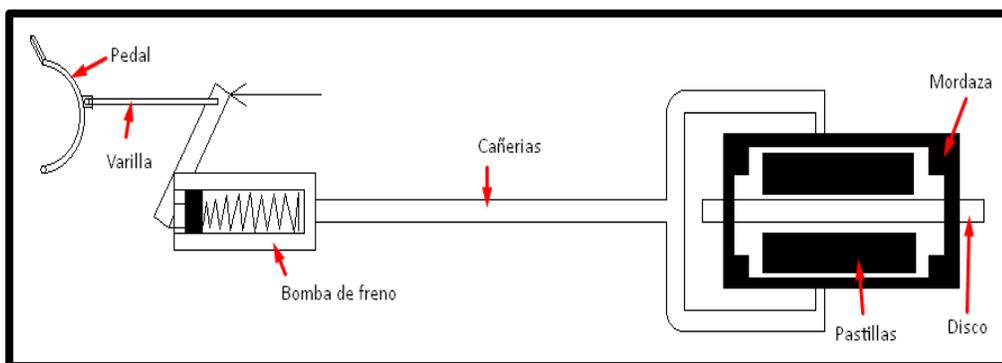
3.1 Diagrama e Identificación de Componentes

Para empezar el dimensionamiento del proyecto se comienza por establecer la identificación de los componentes del circuito de frenos hidráulico a instalar en un Karting eléctrico, para lo cual se realizó un esquema donde se encuentran los componentes que conforma el sistema.

En la figura 23 se puede observar un diagrama con todos los componentes que conformaran el sistema de frenos, el cual se compone por un pedal, varilla reguladora, bomba, cañerías, mordaza y disco de freno.

Figura 24

Localización Componentes del Sistema de Freno



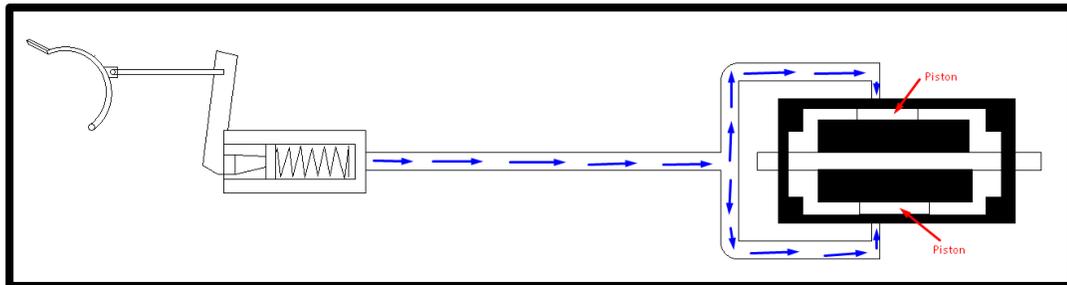
Nota. En el siguiente gráfico se observan los componentes del sistema de freno hidráulico a instalar en un karting eléctrico.

Identificado los componentes es necesario entender cómo va a trabajar el sistema de frenos, el frenado la inicio en el pedal, el cual recibe una fuerza la misma que pasa a través de la varilla de freno y palanca que conecta a la bomba, dicha fuerza acciona el pistón dentro del cilindro maestro permitiendo ejercer una fuerza sobre el

líquido de freno el cual se desplaza por las cañerías, las mismas que van conectada a la mordaza, generando una presión para accionar los pistones, los cuales se unen a las pastillas y permiten mediante la fricción realizada con el disco reducir la velocidad, como se muestra en la figura 24.

Figura 25

Sistema Accionado



Nota. En la imagen se aprecia que las líneas azules representa el líquido de freno que accionan los pistones de la mordaza.

3.2 Dimensionamiento

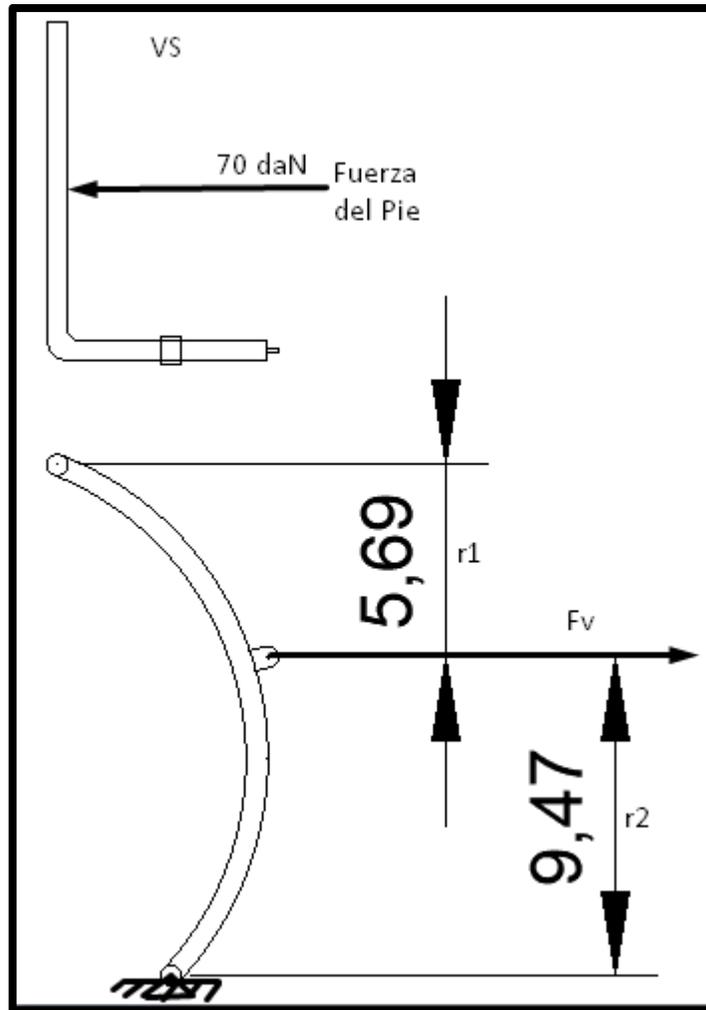
3.2.1 Presión del circuito

Para el sistema de frenos a implementar en el karting es necesario tener en cuenta la presión del fluido dentro del circuito, que en este caso el fluido a utilizar será el líquido de freno DOT 3, los datos necesarios para calcular este punto son las medidas del pedal, las medidas de la palanca que conecta a la bomba y la fuerza aplicada sobre la superficie de accionamiento del pedal.

La fuerza que una persona puede ejercer sobre la superficie del pedal es de 70dN, por lo cual es el punto de partida para calcular la fuerza que llegara al pistón de la bomba del sistema de freno para así conocer la presión dentro del circuito. Los datos mostrados en la figura 26 son medidas del pedal a adquirir para el proyecto.

Figura 26

Fuerzas y Dimensionamiento del Pedal



Nota. En la imagen se observa las fuerzas y dimensiones del pedal.

Primero se calcula la fuerza transmitida por la barrilla de regulación hasta la palanca de la bomba de frenos, se utiliza la ecuación mostrada en el apartado de fórmulas y notaciones, teniendo presente esto se utiliza la ecuación respecto a la presión del circuito. La ecuación $F_v \cdot r_2 = F_{pie} \cdot (r_1 + r_2)$ se despeja y queda como se muestra en la parte inferior.

$$F_v = \frac{F_{pie} \cdot (r_1 + r_2)}{r_2}$$

Datos

F_v = Fuerza de varilla de regulación (Dato a encontrar)

F_{pie} = Fuerza de accionamiento (70 daN)

r_1 = brazo de palanca 1 del pedal de freno (5,69 cm)

r_2 = brazo de palanca 2 del pedal de freno (9,47 cm)

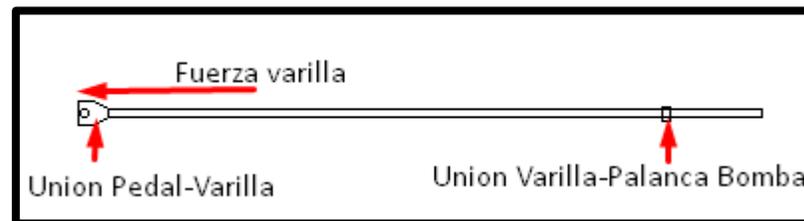
$$F_v = \frac{70 \text{ daN} \cdot (5,69 + 9,47)}{9,47}$$

$$F_v = 112,05 \text{ daN}$$

La fuerza que se transmite por la varilla de regulación es de 112,05 daN la cual se mantiene hasta llegar a la palanca de accionamiento de la bomba de freno. En la figura 27 se observa la varilla de regulación por donde se transmitirá la fuerza “Fv”.

Figura 27

Varilla de regulación

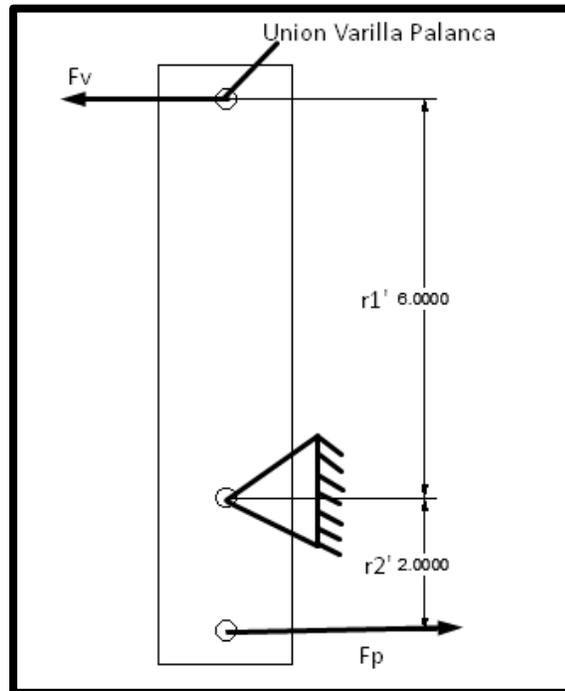


Nota. Se aprecia los puntos donde unen el pedal y la palanca de accionamiento de la bomba del sistema de freno.

Siguiendo la transmisión de la fuerza la cual es constante en la varilla, llega a la palanca que conecta con la bomba, la cual posee ciertas medidas y punto de fijación como se puede apreciar en la figura 28.

Figura 28

Datos Palanca de la Bomba



Nota. Se observa el punto fijo y los datos de medición de la palanca de la bomba.

Teniendo en cuenta que la fuerza que transmite la varilla es constante el segundo cálculo para hallar la presión del circuito es calcular la fuerza sobre el embolo, para lo cual la ecuación a utilizar se muestra en la parte inferior. Esta se deriva de la siguiente analogía $F_p * r_2' = F_v * r_1'$.

$$F_p = \frac{F_v * r_1'}{r_2'}$$

Datos

$F_v = \text{Fuerza de varilla de regulación (112,05 daN)}$

$F_p = \text{Fuerza sobre el embolo (Dato por encontrar)}$

$r_1' = \text{brazo de palanca 1 (6 cm)}$

$r_2' = \text{brazo de palanca 2 (2 cm)}$

$$F_p = \frac{112,16 \text{ daN} * 6}{2}$$

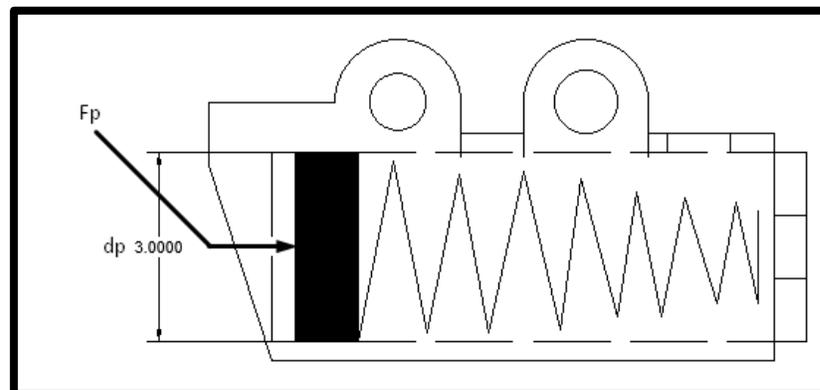
$$F_p = 336,18 \text{ daN}$$

La fuerza que viene del pedal, pasa por la varilla de regulación y por la palanca de la bomba llega sobre el embolo con una fuerza de 336,18 daN. Este dato es sumamente importante para el cálculo de la presión del líquido dentro del circuito de freno.

El dato final para calcular la presión dentro del sistema de freno es la superficie del cilindro de la bomba de frenado, el cual en la bomba a utilizar tiene un diámetro de 3cm como se muestra en la figura 29.

Figura 29

Diseño Bomba de Freno



Nota. Se muestra en la figura el diseño de la bomba de freno donde se detalla el diámetro del pistón y la fuerza sobre el embolo.

Por lo tanto para calcular la superficie total se utiliza la formula mostrada en la parte inferior.

$$A_p = \frac{d_p^2 * \pi}{4}$$

Datos

$A_p =$ Superficie del cilindro pincipal (Dato por encontrar)

$d_p =$ diametro del cilindro pincipal (3cm)

$$A_p = \frac{3^2 * \pi}{4}$$

$$A_p = 7,065 \text{ cm}^2$$

La superficie del cilindro principal o más conocida como cilindro maestro tiene una superficie de $7,065 \text{ cm}^2$, calculado este último dato se puede reemplazar en la fórmula de la presión del fluido dentro del circuito.

Realizado el cálculo de la fuerza que llega a la bomba de frenado y la superficie del cilindro maestro se reemplazan los datos en la ecuación de la presión del circuito, teniendo en cuenta que la fuerza ejercida sobre la bomba tiene que estar en decanewton (daN) y la superficie del cilindro maestro en centímetros cuadrados, la correcta utilización de las escalas es importante para obtener el resultado de la presión en bares, debido a que $1 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} = 1\text{BAR}$. La fórmula para el cálculo de la presión en el circuito de frenos se muestra en la parte inferior.

$$P_L = \frac{F_p}{A_p}$$

Datos:

P_L = Presión del circuito (Dato a encontrar)

F_p = Fuerza sobre el embolo (336,18 daN)

A_p = Superficie del cilindro pincipal (7,065 cm²)

$$P_L = \frac{336,18 \text{ daN}}{7,065 \text{ cm}^2}$$

$$P_L = 47,58 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} = 47,58 \text{ BAR}$$

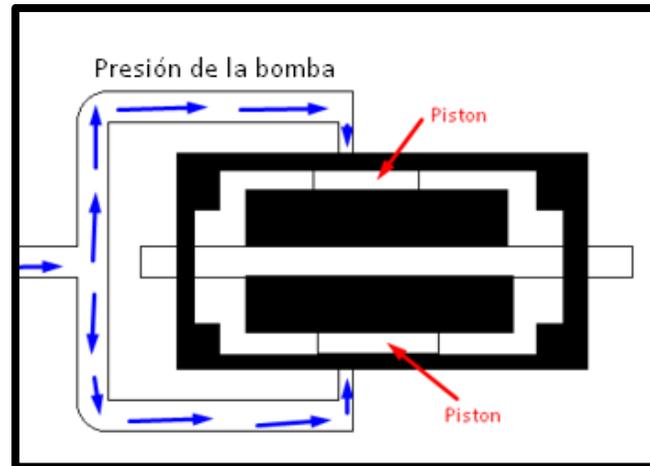
El circuito hidráulico del sistema de freno constara con una presión constante de 47,58 $\frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$ o 47,58 Bares de presión.

3.2.2 Fuerza de apriete

La presión que se genera al ser accionada la bomba de freno es transmitida a los pistones que se encuentran dentro de la mordaza, los cuales van unidas a las pastillas para así generar la fuerza de apriete contra el disco de freno. En la figura 30 se puede apreciar el conjunto donde se realiza la fuerza de apriete.

Figura 30

Localizaciones la Fuerza de Apriete



Nota. Las líneas azules indican la presión del fluido en el sistema, el cual llega a la mordaza específicamente a los pistones para el accionamiento de las pastillas contra el disco.

Al calcular la fuerza de apriete se debe entender que a formula a utilizar para los cálculos se desglosa de la siguiente ecuación ($Presión\ del\ Liquido = \frac{Fuerza}{Superficie}$), donde se despeja la fuerza y queda ($Fuerza = Presión\ del\ Liquido * Superficie$), teniendo en cuenta que el dato de la presión del líquido ya está calculado, queda por calcular la superficie del cilindro de la mordaza para de esta manera poder calcular la fuerza de apriete, En la parte inferior se muestra la ecuación y el cálculo.

$$A_R = \frac{d_R^2 * \pi}{4}$$

Datos:

$A_R = Superficie\ de\ los\ cilindros\ de\ rueda\ (Dato\ a\ encontrar)$

$d_R = diametro\ del\ cilindro\ mordaza\ (3,5\ cm)$

$$A_R = \frac{3,5^2 * \pi}{4}$$

$$A_R = 9,61 \text{ cm}^2$$

La superficie del cilindro ubicado en la mordaza es de $9,61 \text{ cm}^2$, con este datos solo queda reemplazar en la fórmula de la fuerza de apriete.

La fuerza de apriete se calcula con la presión de sistema la cual ya se calculó en el apartado anterior en el cual esta representa por P_L y con la superficie del cilindro de la mordaza la cual está representada por A_R . Con estos dos datos solo queda reemplazarlos en la fórmula que se muestra en la parte inferior.

$$F_R = P_L * A_R$$

Datos

$F_R = \text{Fuerza de apriete (Dato a encontrar)}$

$A_R = \text{Superficie de los cilindros de rueda (9,61 cm}^2\text{)}$

$P_L = \text{Presión del circuito (47,58 } \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}\text{)}$

$$F_R = 47.58 * 9,61$$

$$F_R = 457,57 \text{ daN}$$

La fuerza de apriete a obtener en el sistema de acuerdo a los cálculos realizados es de $F_R = 457,57 \text{ daN}$.

3.3 Adquisición de componentes

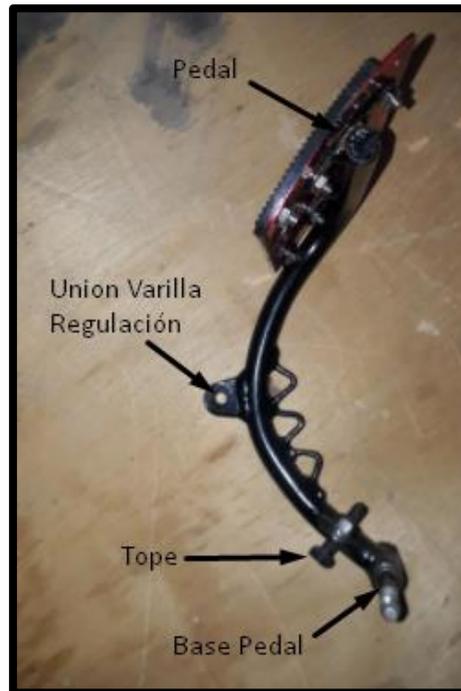
3.3.1 Pedal

Para la adquisición del pedal se toma en cuenta que coincidieran con las medidas que se realizó el dimensionamiento, el pedal viene fabricado de cromo y tiene

las mismas medidas que se usó en los datos para calcular la presión adecuada en el sistema de freno. En la figura 29 se puede observar el modelo del pedal a utilizar.

Figura 31

Pedal de Freno



Nota. Se puede apresiar las partes del Pedal del sistema de freno

3.3.2 Varilla reguladora

La misión de este elemento es de transmitir la fuerza que se aplica en el pedal hacia la bomba del sistema de freno, la misma posee una regulación que se la realiza con un perno, en la figura 30 se puede apreciar la varilla reguladora que se utilizó en el sistema. La dimensión de esta es de 44 cm total.

Figura 32*Varilla de regulación*

Nota. Se observa el punto de unión con el pedal y la sección que une con la bomba.

3.3.3 Bomba de freno

La bomba que se adquirió viene estándar por lo que es común ver en Kartings, se conforma por una palanca de accionamiento, pistón, muelle, tapón de la bomba y el cuerpo, los cuales se pueden observar despiezada en la figura 33. Este proceso se realizó para la convalidación de los datos con los cuales se realizaron los cálculos de la presión del sistema. La bomba posee una estructura sencilla como se puede observar en la figura 34, Esto recalcando su gran eficiencia al momento de estar en funcionamiento y generar la presión necesaria para el accionamiento del sistema de frenos.

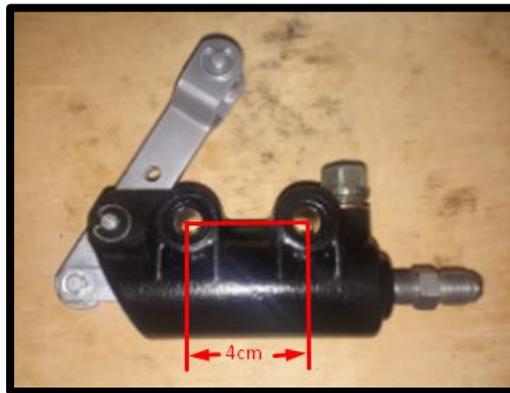
Figura 33*Piezas Internas Bomba de Freno*

Nota. Se observa las partes que conforman la bomba del sistema de freno los cuales son pistón, palanca de accionamiento, reten, muelle y el cuerpo.

Los orificios de los pernos de sujeción de la bomba se encuentran a una distancia de 4cm, el dato se usa para realizar los huecos en la platina base de la bomba. Se puede observar en la figura 32 la bomba con la distancia de los agujeros para su base.

Figura 34

Bomba de Freno



Nota. Se aprecia la medida de los agujeros para la base de la bomba.

3.3.4 Mordaza y Pastillas

Se adquirió una mordaza de freno para la parte trasera del karting, esta se compone por 2 pistones uno para cada lado de la mordaza los cuales tienen un diámetro de 3,5cm, posee dos pastillas de cerámica con un grosor de 1,2 mm, van fijadas a cada extremo de la mordaza con pernos en la parte exterior los cuales poseen muelles para el retorno de las pastillas, esto se puede observar en la figura 35, Cada lado de la mordaza posee orificios los cuales sirven para: la sujeción de las pastillas, sujeción entre las dos partes de la mordaza y solo un lado de la mordaza posee sujeción con la base fija del bastidor lo cual se muestra en la figura 36.

Figura 35

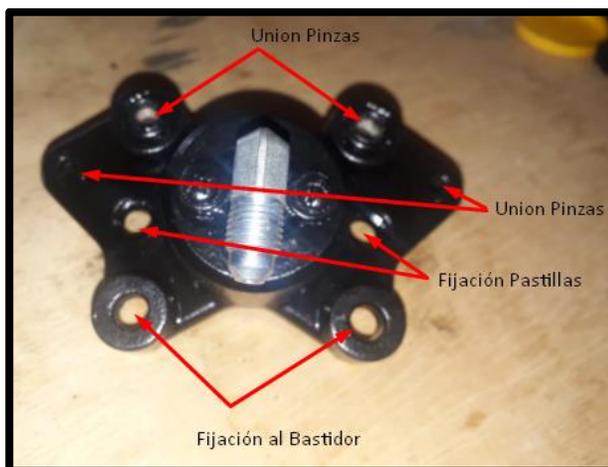
Pastilla con su Fijación



Nota. Fijación de pastillas y localización dentro de la pinza de frenos.

Figura 36

Función Orificios Mordaza

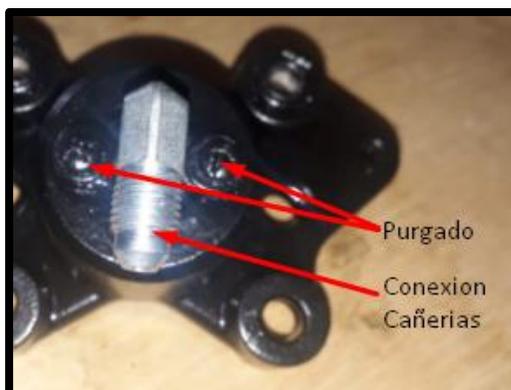


Nota. Se aprecia la función que cumple cada orificio de la mordaza.

En la parte que sobresale del cilindro de la mordaza se encuentran dos pernos por donde el sistema se purga de toda existencia de aire dentro de las cañerías, al centro se encuentra la conexión de la cañería para la llegada del líquido de freno, se puede observar esto en la figura 37.

Figura 37

Pernos para Purgado-Conexión Cañería



Nota. Se indica los pernos de purgado y conexión de la cañería del sistema de freno, se localiza en ambos lados de la mordaza.

3.3.5 Disco y Base

Tras la investigación se adquiere el un disco de freno de acero ventilado, esto permitiendo que en el transcurso de pruebas no se sobrecaliente y llegue a tener fallas de funcionamiento, El disco tiene un espesor de 1,2 cm, las líneas de ventilación son helicoidales, la cinta de frenado tiene 3,4 cm, en la figura 38 se puede apreciar el disco de freno.

Figura 38

Disco de Freno



Nota. Vista frontal y lateral del disco de freno a utilizar en el sistema de freno.

La base del disco está fabricado de aluminio, posee resistencia a las torsiones y es resistente a elevadas temperaturas, en la figura 39 se observa la base del disco.

Figura 39

Base de Disco de Freno



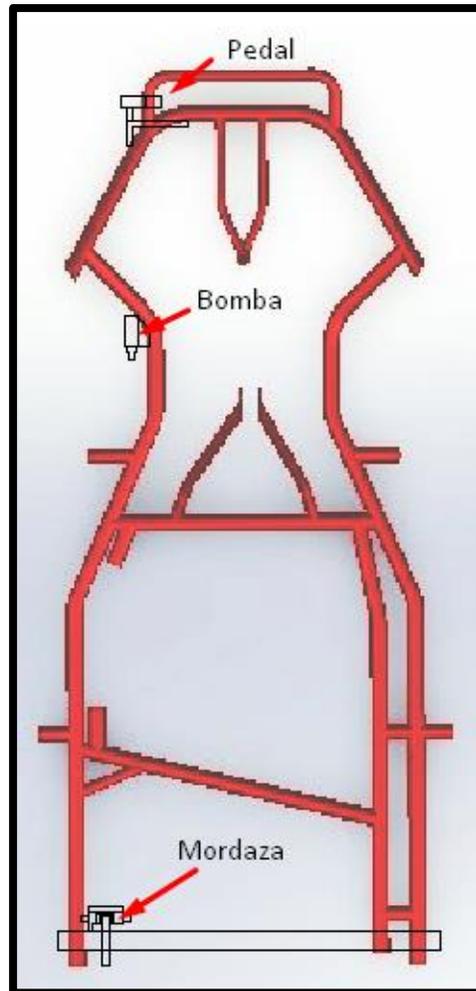
Nota. Resistente a la torsión y es donde el disco de freno se coloca para ser montado en el eje de transmisión

3.4 Implementación

Una vez realizado los cálculos y adquisición de los componentes del sistema de frenos se procede a realizar un croquis de la ubicación en el bastidor de los distintos elementos adquiridos, empezando por la ubicación del pedal, la bomba, el disco y la mordaza, para finalizar se instalaran las cañerías. En la figura 40 se puede observar la ubicación de todos los componentes sin contar las cañerías,

Figura 40

Localización Pedal, Bomba, Mordaza



Nota. En el gráfico del bastidor se indica la ubicación del pedal, bomba y mordaza los cuales conforman el sistema de freno.

El pedal se coloca a la altura del pedal del acelerador, como muestra en la figura 41, va fijado al bastidor por un perno y una guía, la guía permitirá que el pedal tenga movimiento, adicional de ir equipado con un resorte para el retorno del pedal, esta parte se observa en la figura 42.

Figura 41

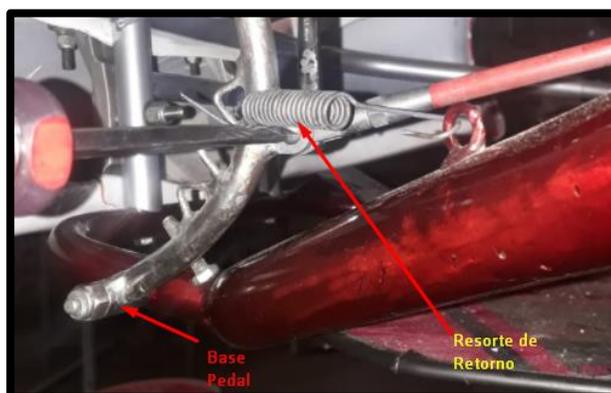
Croquis Ubicación Pedal de Freno



Nota. Se muestra la ubicación donde es instalado el pedal del freno.

Figura 42

Instalación del Pedal



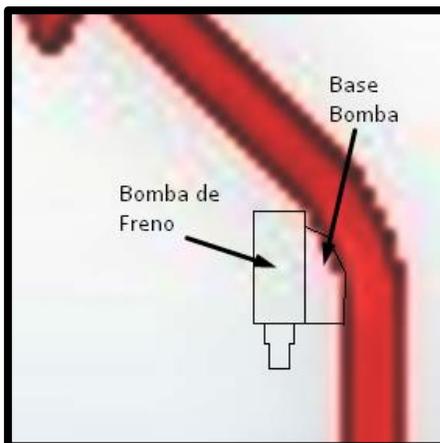
Nota. Se Muestra la instalación del pedal del sistema de freno en el bastidor.

Instalado el pedal el siguiente paso es la implementación de la bomba del freno, para la instalación se tuvo que tener en cuenta la longitud de la varilla de regulación la cual mide 44cm, la varilla se ancla en el pedal y se une a la palanca que acciona la bomba, por ende en la figura 43 se muestra un croquis de la ubicación. La sección donde ingresa la varilla de selección está alineada con el primer agujero de sujeción de la bomba como se muestra en la figura 44, por lo que se implementa una base para la

bomba como se muestra en la figura 45, tomando en cuenta 5cm menos de la varilla para que pueda haber regulación.

Figura 43

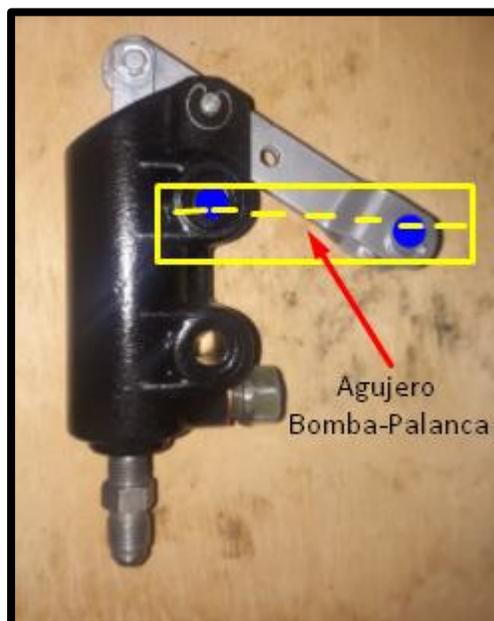
Croquis de la Ubicación de la Bomba



Nota. Para este croquis se tomó la medida de la varilla así reduciendo 5cm para la ubicación.

Figura 44

Alineación de Agujero de la Base y Palanca



Nota. Se puede observar que los agujeros de la base de la bomba se alinean con el agujero por donde pasa la varilla de regulación.

Figura 45

Base de Bomba de Frenos



Nota. La base del freno está realizada con una platina de acero.

Instalado el pedal y la bomba de freno se coloca la varilla de regulación que va desde el pedal a la bomba hasta la palanca de la bomba de frenado, el pedal tiene una base para esta varilla mostrada en la figura 46. Para la conexión con la bomba pasa por el orificio de la palanca de accionamiento y se ajusta con 2 pernos, la instalación completa de esta varilla de regulación se muestra en la figura 46.

Figura 46

Instalación Varilla de Regulación

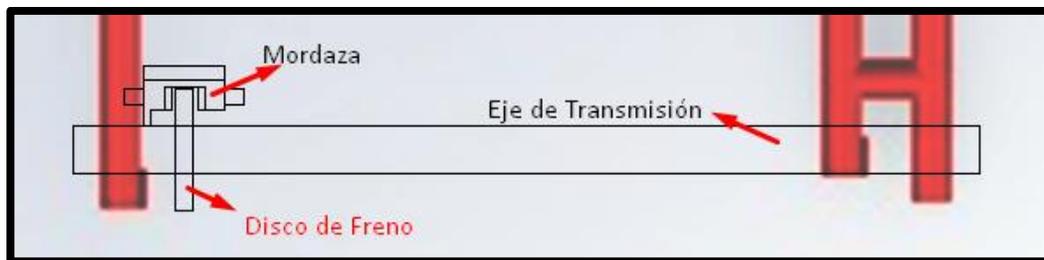


Nota. Se aprecia los pintos de sujeción de la varilla regulación del sistema de frenos.

Antes de comenzar con la instalación de la mordaza y el disco se realiza un croquis de la ubicación dentro del bastidor, para así aclarar cualquier duda antes de la instalación en el eje posterior, el croquis se puede observar en la figura 47, obteniendo la ubicación adecuada de la mordaza y disco de frenos.

Figura 47

Croquis Mordaza-Disco de Freno



Nota. Se puede apreciar el lado donde se va a ubicar la mordaza y el disco de freno en el eje de transmisión.

Para la instalación de la mordaza se tiene que montar el eje trasero, no es necesario colocar todos los componentes que van anclados al mismo, basta con colocar los 3 puntos de apoyo e instalar el disco como se muestra en la figura 48.

Figura 48

Montaje Disco de Freno



Nota. Se monta el disco en la base la cual irá instalada en el eje de transmisión.

Colocado los 3 puntos de apoyo y el disco, se hace recorrer el mismo para ubicarlo al lado donde se instalará la mordaza, de acuerdo a las medidas de la mordaza con la pastilla de frenado se tiene que dejar 3cm desde el punto de apoyo hasta la cinta de frenado del disco como se muestra en la figura 49. Ubicado correctamente el disco se ajusta los prisioneros de la base del disco de freno.

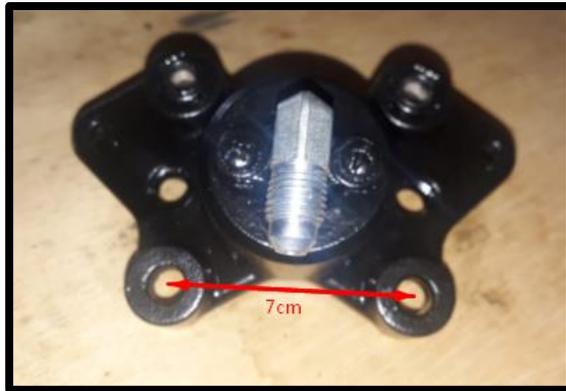
Figura 49*Ubicación Disco de Freno*

Nota. Se aprecia la distancia entre el punto base asía el disco de freno, adicional se observa la ubicación del prisionero de la base del disco de freno.

Se mide los agujeros que están designados en la mordaza para ser de base de sujeción. Los cuales tienen de centro a centro una distancia de 7 cm como se observa en la figura 50, realizada la medición se realiza los agujeros en el punto de apoyo y de esta manera poder anclar la mordaza al bastidor como se muestra en la figura 51, realizado los agujeros se coloca la mordaza para verificar que cuadre con el disco de freno y no choque de ningún modo, el disco tiene que ir centrado con respecto a las pastillas de la mordaza.

Figura 50

Distancia Entre Agujeros Bases



Nota. Se puede observar la mordaza que va al mismo lado del punto fijo del eje

Figura 51

Perforación Base de Mordaza



Nota. Para realizar los agujeros se utilizó una broca 3/8

Realizado el proceso de la instalación del pedal, bomba y la mordaza del sistema del freno queda por dimensionar las cañerías y definir la distribución de la misma. Observando los componentes montados se toma la medida de la bomba hasta un punto de referencia donde no afecte la posición de conexión de las mangueras para la mordaza, en la figura 52 se puede observar el punto donde se ubica la "T" para la distribución de cañerías hasta la mordaza, el distribuidor se coloca en esa posición

teniente en cuenta que la manguera ya se encuentra ubicada en la bomba, como se muestra en la figura 53.

Figura 52

Unión Cañerías



Nota. La unión tiene tres conexiones 2 para la mordaza y una de la bomba.

Figura 53

Conexión Cañería Bomba



Nota. Referencia de la conexión de la cañería como punto de salida la bomba de freno.

Con la medida de la cañería hasta el distribuidor de fluido o "T", se colocan las cañerías que van conectadas a cada lado de la mordaza en el distribuidor, se coge la media donde cortar teniendo en cuenta que cada rosca donde embona las mangueras

tienen una distancia de 1,5 cm, la manguera que conecta a la mordaza queda con un exceso como se muestra en la figura 54 por lo que a cada lado se corta 1 cm para que pueda embonar sin ningún problema, con los cortes realizados se enrosca para comprobar la correcta instalacion, en la figura53 se aprecia la conexión con la manguera ya cortada.

Figura 54

Exceso de Manguera



Nota. La medida para el corte de la cañería se mide sin la rosca la cual mide 1,5 cm

Figura 55

Manguera Dimensionamiento Correcto



Nota. Conexión de cañerías realizada el corte del exceso

Con la instalación de las cañerías se da por finalizado la implementación del sistema de freno hidráulico, como el siguiente proceso se llena el sistema utilizando una jeringuilla, el líquido de freno a utilizar es un DOT 3, este tipo de líquido de frenos es utilizado comúnmente en carros antiguos y en motocicletas, en la figura 56 se puede apreciar el líquido de freno a utilizar.

Figura 56

Líquido de Freno DOT 3



Nota. El líquido de frenos mostrado en la imagen es un DOT 3, el cual es usado en vehículos antiguos y motocicletas.

Al llenar el sistema de freno se tienen que bombear y tener abiertos los pernos por donde se realiza el purgado del aire del sistema, los cuales se ubican a los costados de la conexión de la manguera en la mordaza, como se muestra en la figura 37, Culminado el purgado del sistema de freno se proceden a realizar pruebas de funcionamiento.

Capítulo IV

4 Pruebas de Funcionamiento

4.1 Recolección de Datos

Las pruebas se realizaron en una pista totalmente recta, para lo cual se recogieron datos para calcular la desaceleración de frenado, distancia de frenado y la fuerza de frenado en ese periodo que el sistema entra en funcionamiento, En la tabla 6 se observan los datos recogidos en las pruebas del karting sin limitador. Para una mejor comprensión la hoja de ruta se encuentra en el anexo 1 adicional en la figura 57 se aprecia el proceso de frenado.

Tabla 6

Datos de la Prueba

| Sin Limitador - Neumáticos Calientes | | | |
|---|---------|----|---|
| V_0 | 70 | a | - |
| t | 2,5 s | S | - |
| S_{total} | 6,3 m | Fr | - |
| t_1 | 0,015 s | | |

Nota. Los cuadros sin información son las incógnitas a calcular.

Figura 57

Prueba Karting



Nota. En la imagen se observa las pruebas del Karting para la recopilación de datos.

4.2 Desaceleración

Para calcular la desaceleración es necesario conocer la velocidad con la que comienza el frenado y el tiempo que demora en detenerse completamente, la desaceleración consiste en la ralentización del movimiento del karting, en la parte inferior se denota los datos y la ecuación para calcular la desaceleración.

$$a = \frac{V_o}{t}$$

Datos

$a =$ Desaceleración (Dato a encontrar)

$V_o =$ Velocidad inicial ($\frac{70km}{h} = \frac{19,44m}{s}$)

$t =$ tiempo de frenado (2,5 s)

$$a = \frac{19,44}{2,5}$$

$$a = 7,77 \frac{m}{s^2}$$

La desaceleración del karting en la prueba fue de $7,77 \frac{m}{s^2}$, el dato mencionado se utiliza para calcular la fuerza de frenado del karting.

4.3 Fuerza de frenado

Se calcula la fuerza de frenado con la siguiente ecuación $Fr = m * a$ el dato arrojado de la solución de esta variante será importante para conocer con que fuerza realizara el frenado el karting, en la parte inferior se muestra los datos y la obtención de la variable.

$$Fr = m * a$$

Datos

$Fr = \text{Fuerza de frenado (Dato a encontrar)}$

$a = \text{Desaceleración } (7,77 \frac{m}{s^2})$

$m = \text{Masa del karting}(147 \text{ Kg})$

$$Fr = 147 * 7,77$$

$$Fr = 1143,07 \text{ N}$$

La fuerza de frenado en el sistema de freno es de 1143,07 N.

4.4 Periodo de detención

En el cálculo del periodo se trata de comprobar el dato obtenido en las pruebas para lo cual se utilizan la desaceleración y velocidad inicial, la ecuación utilizar se muestra en la parte inferior, la cual se desglosa de $V=V_0 - a * t$.

$$t = \frac{V - V_0}{-a}$$

Datos

$t = \text{Periodo de detencion(Dato a encontrar)}$

$a = \text{Desaceleración } (7,77 \frac{m}{s^2})$

$V_0 = \text{Velocidad inicial } (70 \frac{Km}{h} = 19,44 \frac{m}{s})$

$V = \text{Velocidad final } (0 \frac{Km}{h})$

$$t = \frac{0 - 19,44}{-7,77}$$

$$t = 2,5 \text{ s}$$

El tiempo que tarda en frenar el prototipo de karting eléctrico con un sistema de frenos hidráulico es 2.5s.

4.5 Distancia en el periodo de detención

Para calcular esta distancia es necesario tener presente los resultados de los anteriores cálculos y los datos obtenidos de las pruebas, realizado el cálculo se compara con la normativa para garantizar que el sistema de freno está correctamente seleccionado y dimensionado. En la parte inferior se describe la formula y los datos.

$$S_{total} = S + V_0 * t_1$$

Datos

$s =$ *Distancia de frenado (Dato a encontrar)*

$s_{total} =$ *Distancia hasta el paro (6,6 m)*

$V_0 =$ *Velocidad inicial (70 $\frac{Km}{h} = 19,44 \frac{m}{s}$)*

$t_1 =$ *tiempo de susto y reacción (0,015 s)*

$a =$ *Desaceleración (7,77 $\frac{m}{s^2}$)*

$$s = 6,30 - (19,44 * 0.015)$$

$$s = 6,008 \text{ m}$$

La distancia de frenado en el tiempo de detención es de 6,008 m, según normativa el karting tiene que detenerse en la distancia 7,34m según esta fórmula " $s \leq 0.1 * V + V^2 / 70$ ", al usar esta fórmula el karting tiene que tener una desaceleración mayor a $2,7 \frac{m}{s^2}$. Por lo que se concluye que el sistema de freno dentro del kart está

dentro de la normativa, esto debido a que la desaceleración es mayor a $2,7 \frac{m}{s^2}$, y la distancia calculada es menor que 7,34 m.

Capítulo V

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- El sistema de freno empleado en un prototipo de karting eléctrico es el mismo que se encuentra en la mayoría de modelos usados en competencias, siendo así que se optó por implementar un sistema de freno hidráulico.
- Los cálculos que se realizaron en el apartado del dimensionamiento del sistema de frenos permitieron saber la presión interna de circuito y la fuerza de apriete, los mismo sirvieron para la adquisición del pedal, la bomba, la mordaza, el disco y las cañerías.
- El sistema de freno hidráulico instalado dentro del karting electico es sumamente eficiente, garantizando la seguridad del conductor.
- La instalación del sistema de frenos en el prototipo de karting eléctricos se la culmino sin ningún tipo de inconvenientes.

5.2 Recomendaciones

- Es sumamente importante el purgado del sistema de freno cada que se llene el sistema para así poder eliminar toda burbuja de aire dentro del sistema, garantizando así la seguridad activa del piloto.
- Se tiene que realizar el cambio de pastillas si tras la revisión visual estas se encuentran con un espesor pequeño o realizando una prueba de sensación con el pedal.
- Es recomendable realizar una comprobación y revisión visual de pastillas, disco y cañerías de todo el sistema de freno antes de realizar cualquier prueba de ruta.
- La ubicación correcta del disco de frenos tiene que ser centrada para evitar que el mismo se tuerza.

Bibliografía

Ayala Vega, F., & Suarez Lopez, J. (s.f.). *Repositorio*. Recuperado el 09 de 08 de 2021, de www.repositorio.espe.edu.ec

Batista, A. H. (s.f.). *Scribd*. Recuperado el 14 de 08 de 2021, de www.scribd.com

Blogger. (s.f.). Recuperado el 19 de 07 de 2021, de <https://sistemadefrenosuide.blogspot.com/2014/02/freno-de-estacionamiento-o-freno-de-mano.html?m=0>

BOSCH. (s.f.). Recuperado el 09 de 08 de 2021, de <http://www.boschautopartes.com/>

Cartecc. (s.f.). Recuperado el 09 de 08 de 2021, de www.kfz-tech.de

Chavarria Lima, A. R. (2019). *CONSTRUCCION DE MAQUETA DIDACTICA DE FRENOS HIDRAULICO*. Bolivia. Obtenido de Repositorio Institucional.

CIK/FIA. (s.f.). Recuperado el 12 de 08 de 2021, de www.fia.com

Elheim. (s.f.). *Scribd*. Recuperado el 19 de 07 de 2021, de www.scribd.com

Espinosa, R. (s.f.). *Carplanet*. Recuperado el 08 de 08 de 2021, de www.carplanet.mx

Francisco. (s.f.). *Scribd*. Recuperado el 19 de 07 de 2021, de www.scribd.com

García León, Acosta Perez, Solano, R. A. (2015). Análisis del comportamiento de los frenos de disco de los vehículos a partir de la aceleración del proceso de corrosión. *Tecnura*.

Gesellschaft, D. (1985). *Tecnología del Automóvil Tomo 2*. Barcelona: REVERTÉ, S. A.

GVNS, J. (Dirección). (2015). *Sistema de Frenos Neumatico* [Película]. Obtenido de www.youtube.com/watch?v=sJnp2XuyBM4

Huesca Club. (s.f.). Recuperado el 19 de 07 de 2021, de <http://huescaclub.com/wp-content/uploads/2014/11/ARTICULO-T%C3%89CNICO-FRENOS-DE-DISCO-I.pdf>

Implementos. (s.f.). Recuperado el 09 de 08 de 2021, de www.implementos.cl

KartsFrancis. (s.f.). Recuperado el 08 de 08 de 2021, de www.kartsfrancis.com

Kynast, H. K. (2001). *Matemática aplicada para la tecnología del automóvil*. Barcelona: REVERTÉ, S. A.

MotorActual (Dirección). (2016). *Accidente Karting* [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=cGBFdcDwR-c>

Narváez Burbano, L. A. (s.f.). *Scribd*. Recuperado el 10 de 08 de 2021, de www.scribd.com

ROTAX. (s.f.). *ROTAX*. Recuperado el 08 de 08 de 2021, de <https://www.rotax-kart.com/en/Products/MOJO/58-MOJO-D2XX%2A-D2-6>

Scribd. (s.f.). Recuperado el 15 de 08 de 2021, de https://es.scribd.com/embeds/381540492/content?start_page=1&view_mode=scroll&access_key=key-DXFMtVntRav5tIToCCWR

Silva, A. (s.f.). *Repositorio*. Recuperado el 15 de 08 de 2021, de www.repositorio.une.edu.pe

SuperKart. (s.f.). Recuperado el 09 de 08 de 2021, de www.superkart.it

TKART. (s.f.). Recuperado el 12 de 08 de 2021, de www.tkart.it

Anexos