

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENOS PARA UN VEHÍCULO TIPO FORMULA STUDENT

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A BRAKE SYSTEM FOR A FORMULA STUDENT TYPE VEHICLE

Diego fernando Ayala Yandún
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte
Av. 17 de Julio 5-21, Ibarra-Ecuador
dfayalay@utn.edu.ec

RESUMEN

La propuesta de este trabajo es el desarrollo de una metodología investigativa para la elección y el dimensionamiento del sistema de freno de un prototipo de vehículo de competición tipo *Formula Student*. El estudio del sistema de frenos es un componente de gran importancia en el momento de iniciar el diseño del prototipo *Formula Student* y de todo tipo medio de transporte mecanizado ya sea motorizado o no. Su función es ralentizar o disminuir la velocidad del vehículo y, cuando sea necesario, llevarlo hasta la total detención. El principio básico de frenar o detener un vehículo como una motocicleta, carro o camión es casi siempre la misma: ya que se basa en convertir la energía cinética proveniente del movimiento en energía térmica, en otras palabras, calor a través de la fricción entre los componentes del sistema de frenos, en este caso disco pastilla los cuales son fabricados con materiales adecuados. Un sistema bien diseñado debe ser capaz de detener el vehículo con eficiencia, estabilidad y seguridad. Los frenos de un automóvil se consideran un sistema más importante para la seguridad vial del vehículo en este caso para el prototipo, por tal motivo este trabajo acata normas y parámetros establecidas por la competencia FSAE en cuanto a distancia y estabilidad de frenada, pues el sistema de frenado del prototipo está compuesto por diversos elementos, tales como pedal, accionador hidráulico, fluido, calipers, pastilla, disco.

Palabra clave: energía cinética, detener, seguridad.

ABSTRACT

The proposal of this work is the development of a research methodology for the selection and sizing of the brake system of a prototype of competition vehicle type Formula Student. The study of the brake system is a very important component at the moment of initiating the prototype of the Formula Student Formula and of all types of mechanized transport, whether motorized or not. Its function is to slow down or slow down the vehicle and, when necessary, take it to full stop. The basic principle of braking or stopping a vehicle such as a motorcycle, car or truck is almost always the same: since it is, so converting the kinetic energy coming from the movement into in energy, in other words, heat through the friction between the Brake system components, in this case pad disc which are manufactured with suitable materials. A well-designed system must be able to stop the vehicle with efficiency, stability and safety. The brakes of a car are considered a more important system for the road safety of the vehicle in this case for the prototype, for this reason this work complies with standards and parameters established by the FSAE competition in terms of distance and braking stability, as the system Braking of the prototype is composed of arios elements, such as pedal, hydraulic actuator, fluid, calipers, pickup, disc

Keyword: kinetic energy, stop, safety

I. INTRODUCCIÓN

Una de las competiciones con más prestigio que acoge a equipos de diferentes universidades del mundo es sin duda la competencia de la *Formula Student* o también llamada *Formula SAE*, esta competencia se fundamenta en el diseño estudiantil y la fabricación de un monoplace, esta competencia establece normas y reglas por parte de la asociación de ingenieros mecánicos (ImechE) conjuntamente con Ingenieros del Automóvil SAE, los cuales analizan prototipo en la competencia con un previo análisis de un jurado compuesto por ingenieros de las asociaciones antes mencionadas. Este torneo nació en EEUU en el año de 1982 en el estado de Michigan, actualmente por su gran acogida se lo realiza en diferentes países de diferentes continentes y cuenta con el auspicio de diferentes marcas constructoras de vehículos las cuales brinda apoyo para el desarrollo automotriz en diferentes áreas como el diseño, creación, puesta a punto y evolución de coches de carreras

La Universidad Técnica del Norte ha desarrollado un interés tanto en docentes como estudiantes de la Carrera en Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de poner en habilidad conocimientos adquiridos e ingresar a la competencia con la elaboración de un vehículo tipo *Formula Student*, fomentando el trabajo en equipo manteniendo un desarrollo de adelantos ante problemas reales que se suscitan en la elaboración logrando así “Mejorar la calidad de la educación en todos sus niveles y modalidades, para la generación de conocimientos y la formación integral de personas creativas, solidarias, responsables, críticas, participativas y productivas, bajo los principios de igualdad, equidad social y territorialidad” (Semplades, 2013).

La investigación acerca de un sistema de frenos hidráulicos a implementarse en el vehículo tipo *formula student* es el interés de la realización de este proyecto generando mejoras en el sistema y brindando imaginación, creatividad y conocimiento adquiridos en las aulas logrando

así conocer más a fondo sobre el origen, composición, funcionamiento e implementación del sistema que exige la competencia.

El tipo de investigación se realizará bibliográfica que se basa en la investigación en libros, documentos, revistas, monografías que existen en bibliotecas públicas y privadas así mismo se optará por el uso de la tecnología como lo son páginas web donde se podrá obtener artículos científicos y libros virtuales usando Google académico, IEEE (biblioteca virtual); fsae@sae.org, por último se implementará una investigación experimental que relaciona la investigación con el diseño simulación para obtener una implementación del sistema.

II. PROPUESTA

Para el diseño e implementación del sistema de frenos del prototipo *formula student* de la Universidad Técnica del Norte se plantea un flujograma el cual prestará ayuda para la realización del Sistema de freno, a continuación, se detalla el orden de la metodología a seguir.

El tipo de sistema empleado en el proyecto será el freno a disco en las cuatro ruedas pues posibilita un mayor par de frenado, debido a la mayor facilidad de disipación de calor, gracias a la gran área expuesta al medio. Además, los frenos de disco tienen otras ventajas, como la facilidad de mantenimiento y de regulación del sistema.

Los frenos de disco son poco sensibles a la contaminación externa, ya que el disco es superficie externa girante, lo que expulsa las impurezas por medio del efecto centrífugo. Este conjunto es menos propenso a la falla por fatiga del sistema, resultante del calor generado.

2.1. Sistema de frenos dual

Este sistema de frenos dual está diseñado para aumentar la seguridad al momento de accionar el sistema de frenos, este sistema incorpora dos circuitos el cual consiste en designar para cada eje un sistema de frenos ya sea delantero y el otro trasero, este sistema es operado por un solo pedal

en caso de que un sistema falle el otro sistema seguirá trabajando con total normalidad.

Según la norma DIN 7400, (Luque , Álvarez , & Vera, 2004, pág. 395) la repartición se realiza debido a la distribución de cargas elevadas en los ejes. El sistema de circuitos separados el eje delantero y trasero (II) se utiliza en los vehículos que tienen su peso más cargado en el eje trasero, debido a que este tipo de configuración es más seguro al momento de poner a prueba el sistema de frenos.

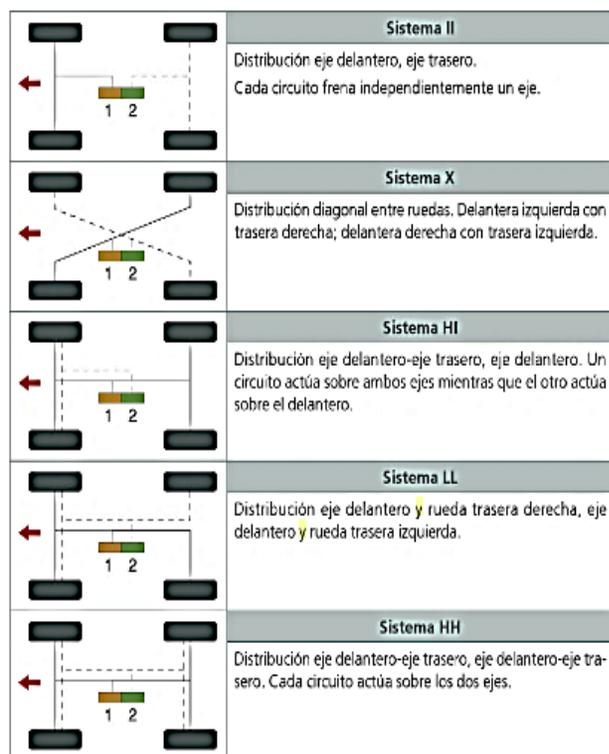


Figura 1 Nomenclatura de la distribución de la fuerza de frenado (DIN 74000)

(Águeda Casado, Navarro, & Gómez Morales, 2011, pág. 396)

2.2. Cálculo para el diseño del sistema de frenos del prototipo *formula student*

Tenemos los valores de distribución de carga del prototipo y tampoco la posición de su centro de masa necesitamos estimar los valores de las cargas en cada eje para obtener un reparto en las cuatro ruedas, del prototipo, así mismo estos pesos son diferentes en cada uno de sus ejes del prototipo *formula student*. Conociendo la masa

suspendida en cada eje en porcentajes de 60% para la parte trasera y 40 % en la parte delantera.

2.3 Datos de partida

Iniciaremos nuestros cálculos a partir de la deceleración deseada para el proyecto. La velocidad máxima alcanzada por el prototipo, de acuerdo con la relación final de la transmisión es 200km / h. Aunque las velocidades alcanzadas durante la competición son considerablemente más bajas, este valor se toma como la peor condición posible durante frenados bruscos. La desaceleración (y la aceleración) se miden en unidades de gravedad o "G's". Para determinar un valor base G, el vehículo debe parar a partir de 150 km / h (41,66 m / s) en unos 6,0s.

$$v_f = v_o + a \cdot t \quad (1)$$

2.3.1 Cálculo del centro de gravedad

Multiplica la distancia de cada objeto desde el punto de referencia por su peso para así hallar su momento. De esta manera, obtendrás el momento de cada objeto

$$CD_{d.x} = \frac{P_t}{P} L \quad (2)$$

2.3.2 Cálculo de transferencia de peso

Se presenta una alteración en cada uno de sus ejes al existir una transferencia de pesos debido al contacto que existe entre el neumático y la calzada y la normal gracias a la presencia de un coeficiente de fricción.

$$TP = \frac{a_v}{g} \cdot \frac{h}{L} \cdot P \quad (3)$$

2.3.3 Distribución aplicada en cada eje

Lo que se quiere resaltar con esta ecuación es que el cociente de las fuerzas delanteras y posteriores es un parámetro fijo basado en el dimensionamiento de los componentes del sistema, la relación entre las fuerzas verticales delanteras y traseras es una variable basada en la deceleración y

geometría del vehículo. Esto implica que la relación solo puede ser optimizada para una determinada desaceleración del vehículo y unas condiciones establecidas

$$P_{d,d} = P_d + TP \quad (4)$$

2.3.4. Balance óptimo de frenado

En base a ello podemos afirmar el dimensionamiento de los elementos de frenado, así como las fuerzas que actúan cuando este es requerido solamente pueden ser optimizadas en una determinada deceleración dependiendo de la geometría del vehículo.

$$\frac{F_{fren.d}}{P_{d.d}} = \frac{F_{fren.t}}{P_{t.d}} \quad (5)$$

2.3.5 Dimensionamiento del disco de freno

Uno de los factores más importantes es el dimensionamiento del disco de freno debido que este elemento es el encargado de absorber el par de frenada y la fuerza que ejerce el vehículo para ser detenido.

$$D_{disco} = \frac{N_{max}}{F_{max}} \quad (6)$$

2.4 Pedal de freno ventaja mecánica

La regla T7.1.8 de la competición el pedal de freno debe ser seleccionado de tal forma que pueda soportar una fuerza de 2000 N, sin que exista ningún fallo en el sistema de freno o soporte del pedal.

La fuerza que se necesita para frenar un vehículo es mucho mayor de lo que una persona pone a disposición. Por lo tanto, será necesario multiplicar esa fuerza y un método utilizado es el principio de la palanca. A través de un pedal de freno proyectado, obedeciendo tal principio, se puede multiplicar la fuerza realizada por la pierna del conductor, minimizando esfuerzos.

$$Relación\ del\ pedal = \frac{x}{y} \quad (7)$$

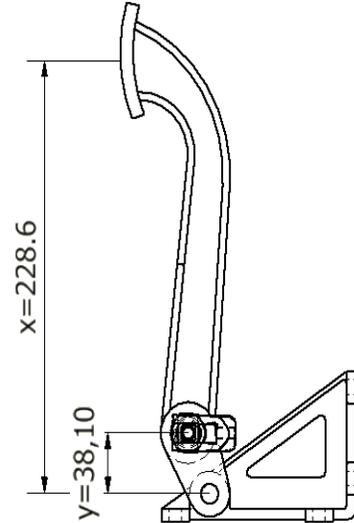


Figura 2. Relación de pedal

2.5 Fuerza de salida a cada bomba de freno

Este mecanismo actúa mecánicamente distribuyendo la fuerza del pedal sobre los cilindros maestros. La distribución de fuerzas en el sistema se realiza siguiendo las ecuaciones de equilibrio. Para que un cuerpo esté en equilibrio tantos la suma de fuerzas actuando sobre él, cuanto la suma de momentos debe ser igual a cero.

$$F_{s,r,f,d} = (1 + \alpha) \cdot \frac{F_{s,p}}{2} \quad (8)$$

El contacto disco pastilla es el siguiente elemento donde se concentra la fuerza que generan las bombas de freno y donde se concentra la fuerza de frenado gracias a la restricción de rotación en el momento del contacto de la pastilla con el disco, esta fuerza tiene relación con la de la mordaza y se calcula de la siguiente manera.

$$F_{friccion.d} = F_{pinza.d} \cdot \mu_{pad.d} \quad (9)$$

III. RESULTADOS

3.1 Simulación

Luego de haber definido matemáticamente las fuerzas, así como las presiones y todos los parámetros antes ya calculados procedemos a realizar un diseño óptimo sobre las partes que conforman el sistema de freno, para esto se ha recurrido a la utilización de un software de diseño mecánico, posteriormente cada elemento será expuesto a simulación individual para obtener una idea realista sobre el comportamiento de los elementos a ocupar.

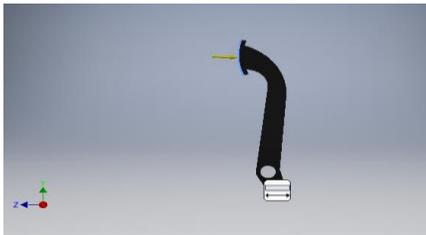


Figura 3. Carga aplicada al pedal

En la figura 3 se observa la fuerza de 2000 N que ejerce el conductor en la parte superior de freno, así mismo la restricción en la parte inferior donde se encuentra sujeto el pedal de freno con la base de este mismo, esta fuerza se aplica por el lapso de 3 segundos.

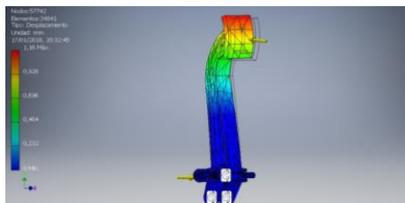


Figura 4 Desplazamiento

El estudio del desplazamiento debe estar ligado con el uso del pedal y la intensidad de frenado o uso del mismo, es decir, si existe un frenado brusco podemos ocasionar una deformación permanente, en la figura 3.4 de la simulación se puede apreciar la deformación máxima de 1.16 mm cuando la fuerza de 2000 N actúa en su totalidad en un tiempo de aplicación de 1 segundo aproximadamente. En este intervalo de tiempo se produce la deformación debido a que

con esta fuerza y en este tiempo la aplicación es similar a un choque entre el pedal y el objeto de aplicación de fuerza. Llevándolo a un análisis menos técnico pero válido para entender el porqué de la deformación podemos suponer un frenado súbito entonces el producto de esta aplicación de la fuerza en el pedal el mismo quedarán deformado, pero como se dijo anteriormente al ser esta deformación mínima no es un factor relevante para obtener teorías de falla en estas zonas del pedal.

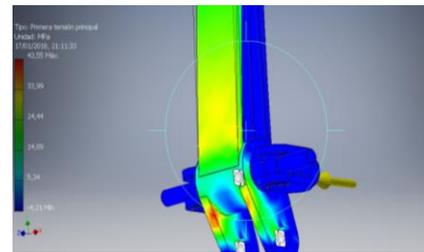


Figura 5 Primera tensión principal

La tensión mayor se localiza en la zona central de la nervadura del eje de sujeción, esta tensión o esfuerzo se da debido a la reacción provocada por la fuerza de 2000 N en la parte superior del pedal, al tener el eje más alejado del punto de aplicación de la fuerza se ejerce un momento y producto del mismo una tensión en la zona afectada como la tensión señalada es excéntrica podría ocasionar un desgaste de la pieza provocando a la larga un juego en la misma para su mejor desempeño se podría corregir este error aumentando nervaduras en el diseño de la pieza señalada.

3.2 Características técnicas de la bomba de freno

Esta bomba ha sido fabricada por hierro fundido o aleación de aluminio fundido. Una ventaja en la construcción de la carcasa es el hierro fundido ya que este material es resistente a la corrosión con respecto al fluido que se aloja en su interior como lo es el líquido de freno. Las partes de donde se sujeta al vehículo, el área por donde se desliza el cilindro, la conexión del reservorio del líquido de freno y las partes por donde circulara este resulta costosa debido a la precisión en el mecanizado de cada una de estas partes antes mencionadas

Tabla 1 Especificaciones bomba de freno

BOMBA DE FRENO	
Marca	WILWOOD
Tipo	Cilindros maestros
Línea de productos	WILWOOD ALUMINIO CILINDRO MAESTRO
Número de parte de fabricante	WIL-260-6766
Material del cilindro maestro	Aluminio
Acabado del cilindro maestro	Natural
Diámetro del cilindro maestro	1,00 IN
Carrera del cilindro maestro	1,430 IN
Deposito incluido	SI
Reservorio material	Aluminio
Varilla de empuje	SI
Tapa del reservorio	SI

3.3 Análisis del disco de freno

Para la simulación óptima de disco de freno se optado por usar un mallado de cuerpo completo de forma triangular que se le conoce como método de discretización o triangulación de Delaunay que es un algoritmo de conectividad asumiendo posiciones conocidas de cada uno de los nodos de la malla.

Se uso un mallado aplicado en cada cara del disco para un mejor análisis al momento de realizar la simulación.



Figura 6 Mallado del disco de freno

Utilizando la metodología de elementos finitos se procede a la asignación de anclajes y fuerzas en las diferentes caras que están expuestas a cargas y esfuerzos mecánicos, la fuerza que se aplica

por medio del contacto de la pastilla con el disco de freno.

De acuerdo lo antes analizado se aplica una fuerza normal a cada cara del disco como se observa en la figura 3.7 se indica de color rojo, su valor es de 1243 N que se asume como una carga distribuida en todas las partes de acción de las pastillas al disco, cabe destacar que esta fuerza es aplicada por los dos lados del disco por donde hace contacto las pastillas con este.

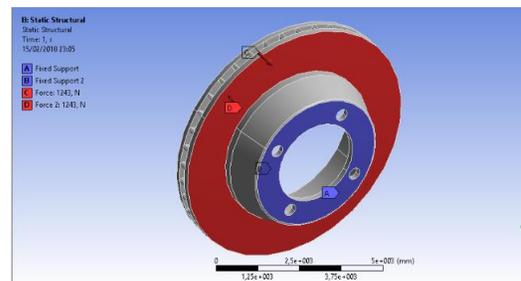


Figura 7 Fuerza y sujeción de soporte

El anclaje o sujeción se lo realiza en la parte delantera del disco de freno donde entra en contacto con la manzana y el aro, en la figura 7 se muestra de color azul donde se encuentra el anclaje.

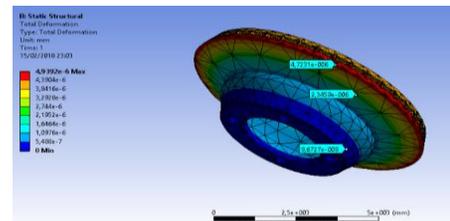


Figura 8 Deformación a carga completa

La coloración azul de la figura .8 se presenta el inicio de la deformación puesto que se encuentra cercano al sector geométrico de sujeción del disco, sin embargo, el resto del disco presenta una deformación mayor conforme va creciendo el radio efectivo del disco. Finalmente, con la aplicación de carga total se presenta este tipo de comportamiento en el disco

La coloración roja nos muestra el mayor punto de deformación total, sin embargo, hay que tener en cuenta que la escala con la que trabaja el software

da una perspectiva exagerada de la deformación, en este caso se tiene que la deformación máxima corresponde a un valor de 4.9×10^{-6} mm, es decir un valor despreciable con respecto a las medidas del disco.

El análisis de deformación total da una perspectiva de cómo se desgasta el disco cuando está sometido a la presión que ejerce la pastilla de freno sobre este y cuál podría ser una posible falla a futuro ocasionada por fatiga del mismo debido a que se encuentra expuesto a diferentes cargas durante su funcionamiento.

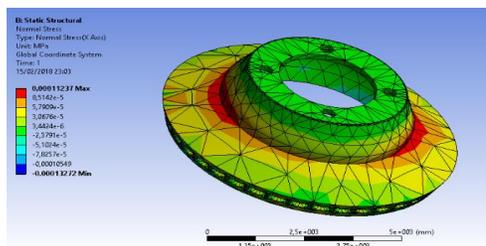


Figura 9 Esfuerzo en carga total

El tiempo de análisis se da en un rango de 0 a 1 segundos, con pasos de una diezmilésima de segundo, en este intervalo de tiempo los esfuerzos generados debido al accionamiento del freno son al igual que en el anterior análisis muy bajos, sin embargo, este análisis nos ayuda a determinar el comportamiento interno o esfuerzo interno generado por las fuerzas perpendiculares a la sección transversal del disco.

En la Figura 9 se puede notar en la zona roja en donde existe la mayor concentración de esfuerzos, el punto crítico se encuentra localizado antes de la línea delimitada por el radio efectivo medio. Esto es debido al cambio de sección o cambio de geometría del disco, los esfuerzos normales en esta zona están dados debido a que se encuentra a distintos niveles las superficies y las cargas están siendo aplicadas únicamente en la zona en donde frenaran las pastillas.

Mediante este análisis podemos analizar el desgaste de dicha zona y plantear la posible utilización de métodos de reparación o

mantenimiento para esta zona. Una tentativa de mantenimiento a futuro podría ser la rectificación en el disco de freno, sabiendo cuales serían las zonas más afectas por el uso después de cierto tiempo en que el disco este en uso.

3.4 Análisis térmico disco de freno

En la figura 10 se puede observar la aplicación de la carga térmica del intercambio de calor, convección y radiación respectivamente las cuales son las tres formas de transferencia de calor las cuales sufrirá el disco de freno al momento de entrar en funcionamiento por medio del contacto de las pastillas de freno, estas aplicaciones de temperatura a la cual está expuesto el disco se realizan en el lapso de 3 segundos

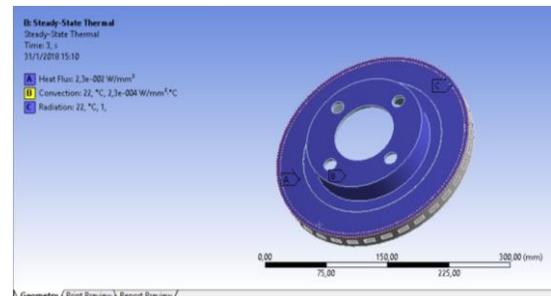


Figura 10. Cargas térmicas

En la figura 11 se observa la temperatura máxima al cual está expuesta el disco de freno al entrar en contacto con las pastillas de freno, la parte roja es donde experimenta la mayor temperatura del disco la cual alcanza una temperatura de 76.208 °C esto ocurre en un tiempo de tres segundos de presión que ejercen las pastillas de freno ante el disco de freno

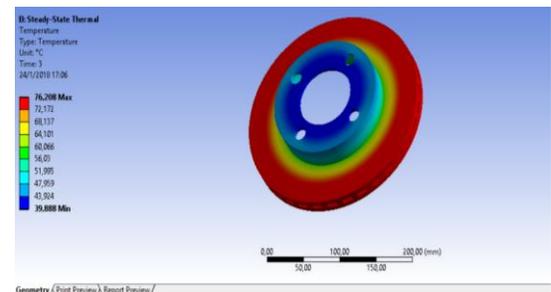


Figura 11 Concentración de temperatura en el disco

El flujo de calor podemos observar en la figura 12 donde la mayor parte de concentración del flujo de calor está en la parte inferior de las pistas de contacto con la pastilla de freno con una temperatura de $0,096947 \text{ W/mm}^2$ es así que se puede definir que la mayor parte de la temperatura se concentra en la parte interna del disco de freno, en la parte azul la cual está expuesta a la más rápida refrigeración ya que esta área entra en contacto con el aire de manera más rápida.

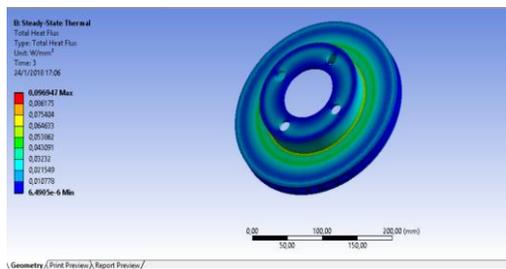


Figura 12 Flujo de calor

La dirección del flujo de calor se puede observar en la figura 13 la parte azul del disco es cuando este se aleja de la zona de contacto entre la pastilla y el disco y entra en contacto con el aire siendo así la temperatura menor de manera contraria no ocurre en la parte donde existe en contacto disco pastilla siendo así la temperatura más alta que llega $0,056117 \text{ W/mm}^2$.

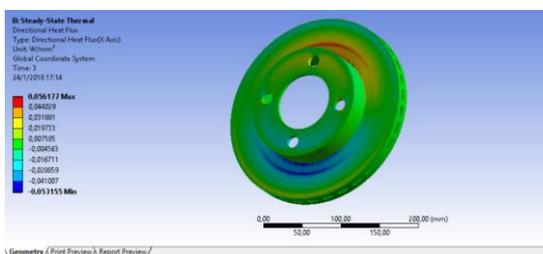


Figura 13 Dirección del flujo de calor

3.5 Pedso del sistema de frenos

Para tener un mejor conocimiento del sistema de frenos se ha visto en la necesidad de obtener el peso de cada uno de sus elementos que conforman el sistema ya que el peso total del sistema de frenos es de 20,3 kg que se detalla en la tabla 2

Tabla 2. Peso del sistema de frenos del vehículo tipo formula student

Peso del sistema de frenos			
Elemento	Peso en Kg	Cantidad	Total, Kg
Discos	2,8	4	11,2
Bombas	0,6	2	1,2
Pedal	0,8	1	0,8
Calipers	1,2	4	4,8
Cañería	0,4	1	0,4
Pastillas	0,2	8	1,6
Otros	0,3		0,3

3.6 Análisis en el frenómetro

Para realizar el análisis en el frenómetro se debe controlar y corregir, si hace falta, la presión de los neumáticos del vehículo a comprobar, así mismo se debe limpiarlos para aumentar el tiempo de duración de los rodillos.



Figura 14 Prueba de frenado en frenómetro

Una vez realizado el protocolo de iniciación de medición se procede a colocar el eje delantero del prototipo en los rodillos de medición hasta cuando la luz de accionamiento se encienda.

Tabla 4.3. Resultados prueba en frenómetro

El cálculo de cada una de las ruedas	
Rueda delantera izquierda	1 KN
Rueda delantera derecha	1 KN
Rueda posterior izquierda	0,8 KN
Rueda posterior derecha	0,7 KN

De acuerdo al análisis realizado en el frenómetro podemos observar que los resultados obtenidos en cada una de las ruedas del prototipo que se muestran en la tabla 4.3 varían entre el eje delantero y el eje posterior siendo así que en el eje delantero se observa que el neumático del lado izquierdo y el lado derecho tienen el mismo fuerza de frenado que es de 1 KN, por otra parte los neumáticos del eje posterior como tiene un valor de 0,7 KN el del lado derecho y de 0,8 KN el del lado izquierdo respectivamente de tal manera que en la parte posterior los valores no son uniformes debido a que los pesos en el vehículo no están predefinidos, así mismo los componentes por ser nuevos no se afirman, con estos resultados se puede ver que la distribución de la frenada está presente en el sistema de frenos del vehículo tipo *formula student*.

IV CONCLUSIONES

La realización del presente proyecto ha constituido desde un primer momento un ejercicio de alto valor. Esto es debido a que no sólo me ha permitido adquirir un amplio conocimiento sobre los sistemas de frenado y sobre la competición de acuerdo a las normativas FSAE se logró investigar para la implementación del sistema de frenos y decidir por distintos elementos que conforman el sistema del prototipo asumiendo los de mejor características tanto de rendimiento como económicas para un buen funcionamiento de este.

Al instante de diseñar se tomó mucho en cuenta la fuerza máxima establecida en el pedal de freno establecida por la reglamentación que es de 2000 N, con lo cual, se garantiza una adecuada frenada y resistencia de los implementos del sistema de frenos al momento de ponerlos a prueba, además esto es primordial para evitar fallos en del sistema a momentos de entrar en competencia.

Así mismo se utilizó el programa de simulación en la versión académico donde se procedió a simular el disco de fundición gris el cual presenta un límite de fluencia de 179 MPa: dando como

resultado en cada uno de los puntos específicos donde hace contacto la pastilla con el disco dando una deformación total de $4,9 \times 10^{-6} \text{ mm}$, y un esfuerzo a carga total $112,3 \times 10^{-6} \text{ MPa}$.

BIOGRAFÍA AUTOR

Diego Fernando Ayala Yandún, estudios secundarios Instituto Tecnológico Superior Bolívar en la ciudad de Tulcán, obtuvo el título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte.

REFERENCIAS

- 1, F. (27 de 03 de 2010). *Los alerones: resistencia aerodinámica*. Obtenido de <https://secretosf1.wordpress.com>
- 2, Águeda Casado, E., Navarro, J., & Gómez Morales, T. (2011). *SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y FRENADO*. Madrid: Paraninfo.
- 3, Arroyo san Juan, C. (1996). *Los Frenos en el Automovil*. Barcelona: Ceac, S.A.
4. Borja , J., Fenoll, j., & Seco de Herrera , J. (2009). *Sistema de transmisión y frenado*. Macmillan Iberia, S.A.
5. Bosch GmbH, R. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Germany
6. CRUZ CASTRO , G. A., & MESÍAS IZURIETA , D. F. (2013). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE SUSPENSIÓN, DIRECCIÓN Y FRENOS DEL VEHÍCULO DE COMPETENCIA FÓRMULA SAE 2012* . Latacunga
7. D-BRAKE. (2012). *History of Brake*. Obtenido de The Early Days: <http://www.dbrake.com/braking-history.php>
8. England, U. o. (22 de 6 de 2017). *Racecar engineering*. Obtenido de <http://www.racecar-engineering.com/cars/university-of-the-west-of-england-4/>
9. Limpert, R. (2011). *Brake Desing and Safety Third Edition* . Warrendale, PA USA: SAE international.
10. Luque , P., Álvarez , D., & Vera, C. (2004).

*Ingeniería del AUTOMOVIL Sistemas y
Comportamiento Dinámico. Madrid:
Paraninfo, S.A*

