



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de unidad de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Tema: “Dimensionamiento e implementación del sistema de frenos y sistema de estabilidad del vehículo prototipo tipo “Tumbler””

Autores:

**Ortiz Revelo, Roberto Sebastián
Lozada Robinson, Christian Paúl**

Tutor:

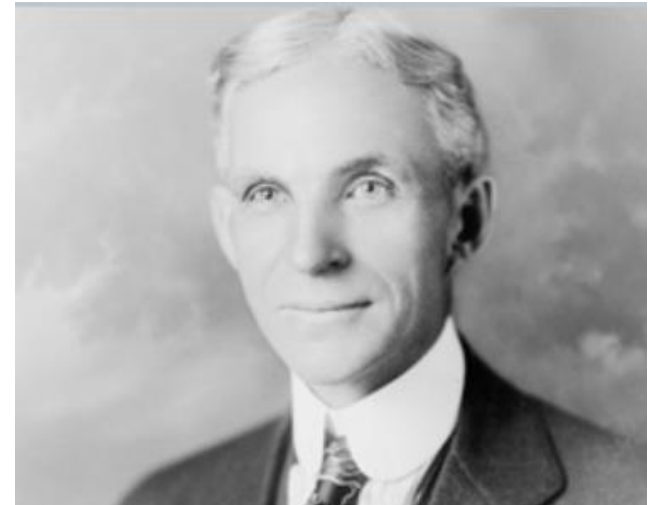
Ing. Cruz Arcos, Guillermo Mauricio

Latacunga, Febrero 2024



"Cualquier persona que deja de aprender es viejo, ya tenga veinte u ochenta años. Cualquiera persona que sigue aprendiendo se mantiene joven".

Henry Ford



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Contenido



Resumen

Antecedentes

Planteamiento del Problema

Justificación e Importancia

Objetivos

Hipótesis

Desarrollo

Conclusiones

Recomendaciones



Resumen

1

El trabajo de titulación se enfoca principalmente del dimensionamiento, selección e implementación del sistema de frenos y estabilidad para un vehículo prototipo tipo “Tumbler”;

2

Importancia de los diferentes sistemas de frenos y de estabilidad que los grandes fabricantes de automóviles toman en cuenta para la implementación de sus vehículos

3

Componentes deben cumplir diferentes parámetros y reglamentos ecuatorianos, en esta ocasión establecidos por las normativas “INEN 053 y la INEN 2185”,

4

Corroborar que la selección, los cálculos hayan sido los correctos se realizó las respectivas pruebas de campo en el vehículo prototipo, donde se logró determinar la efectividad y mejoramiento tanto del sistema de frenos como el del sistema de estabilidad.



Antecedentes



El sistema de frenos tiene la función de “contrarrestar la cantidad de movimientos que puede tener un automóvil rodando a cierta velocidad” (Morelo, 2009).



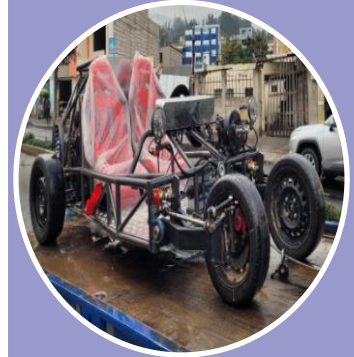
Considerando la importancia de los frenos y la estabilidad para la seguridad de los ocupantes de los vehículos, se debe tener claro que el sistema de frenos se adapta mejor a las exigencias de cada auto.



Implementando el sistema de frenos en un vehículo prototipo tipo Tumbler, tomando en cuenta normativas y los estándares ecuatorianos, se pretende mejorar la estabilidad y seguridad del vehículo.



El constante desarrollo de las tecnologías en los vehículos ha hecho que se vaya mejorando la eficiencia de los mismos, como es la disminución del tiempo de frenado.



Hay diferentes frenos entre los que son: frenos de disco y de tambor, en cuanto al sistema de estabilidad se puede dividir en frenos de mano, cinturones, además que los asientos toman importancia en los vehículos actualmente.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Resultados de frenado exitosos en distintas velocidades del prototipo, en condiciones planteadas en asfalto	Pruebas basadas en seguridad y estabilidad del vehículo prototipo tipo "Tumbler", realizadas por el Reglamento #13-H de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas.	Selección e implementación de componentes que ayuden en la seguridad y estabilidad del vehículo prototipo "Tumbler", basándose en diferentes normativas ecuatorianas o internacionales.	Métodos de selección adecuados para garantizar la durabilidad y confiabilidad del sistema de acuerdo a los requerimientos de normativas vigentes.
---	---	---	---



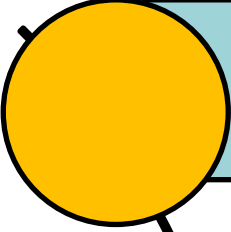
Selección e implementación del sistema de frenos y estabilidad para un vehículo prototipo tipo "Tumbler".



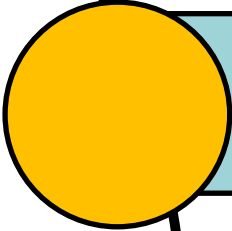
Desconocimiento del comportamiento del vehículo prototipo tipo "Tumbler" ante la reacción y distancia de frenado.	Ausencia de ensayos de frenado en distintas condiciones de suelo a base de normativas,	Falta de normativas que se empleen para cualquier tipo de vehículos prototipos	Escasez de requisitos de rendimiento y calidad hacia materiales para sistema de seguridad: frenado y estabilidad en un vehículo prototipo tipo "Tumbler".
---	--	--	---



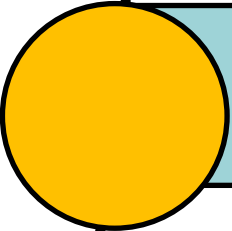
Justificación e importancia



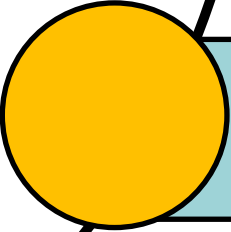
La seguridad vial es un tema de total importancia puesto que, poseer garantías de estabilidad tanto para el individuo como para el cuidado del vehículo es trascendental. Se destaca que, la estabilidad es un precedente que genera atracción a ideas innovadoras.



Por lo cual, se requiere en el diseño del vehículo “tipo Tumbler” se requiere de un sistema de frenos y estabilidad de óptimas condiciones que permita garantizar y cumplir las expectativas de seguridad de los ocupantes de vehículos.



Un sistema de frenos y estabilidad adecuado tiene una gran importancia, ya que aborda un tema crucial para la estabilidad vial, la protección de vidas humanas y el avance tecnológico en la industria automotriz. Además, puede tener un impacto significativo en la sociedad y la economía, al reducir los accidentes de tráfico y sus costos asociados.



Esto permite garantizar un entorno seguro de funcionamiento en condiciones óptimas de manejo del vehículo prototipo “tipo Tumbler”.



Objetivos del proyecto

Objetivo General

Dimensionar e implementar el sistema de frenos y sistema de estabilidad del prototipo

Objetivos Específicos

- Investigar exhaustivamente para la selección de componentes idóneos destinados al sistema de frenos y estabilidad, con el objetivo de identificar los sistemas y tecnologías más avanzados disponibles en el ámbito automotriz. Teniendo como prioridad mejorar de manera significativa tanto la estabilidad como el rendimiento de un vehículo prototipo de tipo “Tumbler”.
- Establecer los requisitos de rendimiento para el Sistema de Frenos y Estabilidad, considerando tanto los criterios de rendimiento específicos como la selección de componentes apropiados.
- Realizar pruebas en ruta para evaluar la eficacia del sistema de frenos y estabilidad, tomando como referencia los estándares establecidos por normativas nacionales e internacionales.



Hipótesis

¿La implementación del Sistema de Freno y Sistema de Estabilidad en el vehículo prototipo “tipo Tumbler” mejorará significativamente el control, la estabilidad y la eficacia del frenado en superficies de funcionamiento?



Desarrollo de la propuesta

Selección - Sistema del Sistema de Frenos

Tomar una buena decisión de acuerdo a cualquier problema, se deben seguir varios pasos según la necesidad requerida, estableciendo primero lo que se requiere alcanzar o lograr

Características para considerar.

- Respuesta de Frenado
- Calidad
- Porcentaje de Efectividad
- Temperatura
- Precio
- Marca

Matriz de Decisión Sistema de Frenos

Respuesta de Frenado

Sistema de Frenos	Lenta	Moderada	Rápida	Muy Rápida.
Frenos de Disco				
Frenos de Tambor				

Cada parámetro expuesto en tablas tendrá una puntuación de

1 a 4 puntos respectivamente, Lenta(1p), Moderada(2p), Rápida(3p),

Muy Rápida(4p), con cada parámetro a evaluar.



Desarrollo de la propuesta

Selección - Sistema de Frenos

Puntuaciones de cada Sistema

Matriz de Decisión Sistema de Frenos		Puntos Adquiridos	Matriz de Decisión Sistema de Frenos		Puntos Adquiridos
Frenos de Disco	Respuesta de Frenado	4	Frenos de Tambor	Respuesta de Frenado	2
	Calidad	3		Calidad	2
	Porcentaje de Efectividad	4		Porcentaje de Efectividad	2
	Temperatura	4		Temperatura	2
	Precio	2		Precio	3
	Marca	4		Marca	2
	Sumatoria	23		Sumatoria	16

Una vez que se aplicó la escala de Likert, la cual nos permite darle puntuaciones a nuestras características por un método cuantitativo, con el propósito de conocer cuál es el sistema óptimo para implementar en nuestro prototipo, tenemos como resultado que el sistema de disco es el ideal para la implementación de nuestro automóvil, teniendo 23 puntos frente a 16 puntos que los obtuvo el sistema de frenos de tambor.



Desarrollo de la propuesta

Fórmulas de aplicación para selección - Sistema de Frenos

Distancia de Reacción

$$(S_r) = \frac{V}{t_r}$$

Donde:

- S_r = Distancia de reacción
- V = Velocidad del vehículo
- t_r = Tiempo de reacción (0,6 seg)

Distancia de Frenado

$$(S_f) = \frac{v_v^2}{2 * a_f u}$$

Donde:

- S_f =Distancia de frenado
- v_v =velocidad inicial del vehículo
- a_f =aceleración debida a la gravedad (9,8 m/s^2)
- u = coeficiente de fricción entre los neumáticos y la superficie de la carretera

Condición	Coefficiente de Fricción (μ)
Asfalto seco	0.7 - 0.9
Asfalto Mojado	0.4 - 0.7
Nieve	0.2 - 0.4
Hielo	Menor a 0.2



Desarrollo de la propuesta

Fórmulas de aplicación para selección - Sistema de Estabilidad

Fuerza Centrífuga

$$F_c = \frac{m(v^2)}{r}$$

Donde:

- F_c = es la fuerza centrífuga.
- m = es la masa del vehículo.
- v = es la velocidad del vehículo.
- r = es el radio de la curva.

Fuerza Reacción

$$N_1 = \frac{mg * x_c - F_c * y_c}{a}$$

Donde:

- N_1 =Fuerza que ejerce la carretera sobre las ruedas del vehículo
- mg = Masa del vehículo multiplicado por la gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$)
- x_c = Distancia del centro de masa del vehículo hasta la derecha del chasis
- y_c = Distancia desde el centro de masa del vehículo hasta el suelo
- F_c = Fuerza centrífuga
- a = Distancia entre las ruedas



Desarrollo de la propuesta

Cálculo Distancia de Reacción - Sistema de Frenos

Para 50km/h

$$(S_r) = \frac{13.888 \text{ m/seg}}{0.6 \text{ seg}}$$

$$(S_r) = 23,149 \text{ m}$$

Para 70km/h

$$(S_r) = \frac{0.0194 \text{ km/seg}}{0.6 \text{ seg}}$$

$$(S_r) = 0.0323 \text{ km} = 32.3 \text{ m}$$

Para 60km/h

$$(S_r) = \frac{0.0166 \text{ km/seg}}{0.6 \text{ seg}}$$

$$(S_r) = 0.0276 \text{ km} = 27.6 \text{ m}$$

Para 80km/h

$$(S_r) = \frac{0.0222 \text{ km/h}}{0.6 \text{ seg}}$$

$$(S_r) = 0.037 \text{ km} = 37 \text{ m}$$

Para 90km/h

$$(S_r) = \frac{0.025 \text{ km/h}}{0.6 \text{ seg}}$$

$$(S_r) = 0.041 \text{ km} = 41 \text{ m}$$

Se refiere a la distancia que se recorre desde que surge la necesidad de frenar y el tiempo que pasa hasta que los frenos del vehículo se activen.

La distancia de reacción depende del conductor, es decir, mientras que el estado físico y mental del conductor estén en buenas condiciones el tiempo de reacción será menor, por ende, la distancia de reacción de igual manera. El tiempo de reacción promedio es de 0,6 segundos (Muñoz & Calle, 2020).



Desarrollo de la propuesta

Cálculo Distancia de Frenado - Sistema de Frenos

Distancia de Frenado en asfalto seco a 50km/h.

$$(S_f) = \frac{(13.8889 \text{ m/s})^2}{2 + \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0,9} = 10,93 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto seco a 60km/h.

$$(S_f) = \frac{(16.666 \text{ m/s})^2}{2 + \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0,9} = 15.745 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto seco a 90km/h.

$$(S_f) = \frac{(25 \text{ m/s})^2}{2 + \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0,9} = 35.430 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto seco a 70km/h.

$$(S_f) = \frac{(19.444 \text{ m/s})^2}{2 + \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0,9} = 21.432 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto seco a 80km/h.

$$(S_f) = \frac{(22.222 \text{ m/s})^2}{2 + \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0,9} = 27.994 \text{ [m]}$$

La distancia de frenado, es donde, al accionar los frenos, cuenta distancia el vehículo recorrerá antes de detenerse por completo.



Desarrollo de la propuesta

Cálculo Distancia de Frenado - Sistema de Frenos

Distancia de Frenado en asfalto mojado a 50km/h.

$$(S_f) = \frac{(13.8889 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.7} = 14,059 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto mojado a 60km/h.

$$(S_f) = \frac{(16.666 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.7} = 20.244 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto mojado a 90km/h.

$$(S_f) = \frac{(25 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.7} = 45.553 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto mojado a 70km/h.

$$(S_f) = \frac{(19.444 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.7} = 27.556 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto mojado a 80km/h.

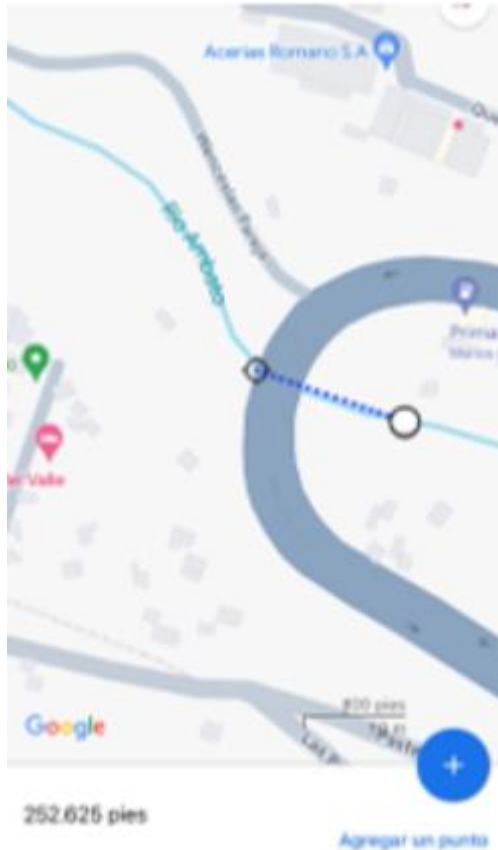
$$(S_f) = \frac{(22.222 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.7} = 35.992 \text{ [m]}$$



Desarrollo de la propuesta

Cálculo Fuerza Centrífuga - Sistema de Frenos

Radio de curvatura



Fuerza Centrífuga a 50km/h

$$F_c = \frac{429.055 \text{ kg} \left((13.888 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \right)}{77 \text{ m}} = 1074.735 \text{ N}$$

Fuerza Centrífuga a 60km/h

$$F_c = \frac{429.055 \text{ kg} \left((16.666 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \right)}{77 \text{ m}} = 1547.693 \text{ N}$$

Fuerza Centrífuga a 70km/h

$$F_c = \frac{429.055 \text{ kg} \left((19.444 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \right)}{77 \text{ m}} = 2106.655 \text{ N}$$

Fuerza Centrífuga a 80km/h

$$F_c = \frac{429.055 \text{ kg} \left((22.222 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \right)}{77 \text{ m}} = 2751.620 \text{ N}$$

Fuerza Centrífuga a 90km/h

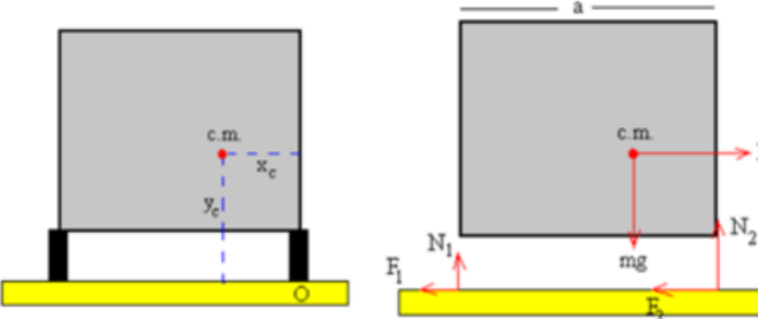
$$F_c = \frac{429.055 \text{ kg} \left((25 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \right)}{77 \text{ m}} = 3482.589 \text{ N}$$



Desarrollo de la propuesta

Cálculo Fuerza de Reacción - Sistema de Frenos

Fuerza de reacción



Fuerza para conocer si se vuelca el vehículo a 50km/h

$$N1 = \frac{m \left(9.806 \frac{[mts]}{s^2} \right) + 0.215 [m] - \left(m \left(\frac{13.888 \frac{[mts]^2}{s}}{77 [mts]} \right) \right) + 0.211 [mts]}{1.508 [mts]} = 1.046 * m$$

Fuerza para conocer si se vuelca el vehículo a 60km/h

$$N1 = \frac{m \left(9.806 \frac{[mts]}{s^2} \right) + 0.215 [mts] - \left(m \left(\frac{16.666 \frac{[mts]^2}{s}}{77 [mts]} \right) \right) + 0.211 [mts]}{1.508 [mts]} = 0.892 * m$$

Fuerza para conocer si se vuelca el vehículo a 70km/h

$$N1 = \frac{m \left(9.806 \frac{[mts]}{s^2} \right) + 0.215 [m] - \left(m \left(\frac{(19.444 \frac{[mts]}{s})^2}{77 [mts]} \right) \right) + 0.211 [mts]}{1.508 [mts]} = 0.710 * m$$

Centro de masa

Propiedades de masa de CHASIS 2.0_COLORES_2.0
 Configuración: Default <Como mecanizada>
 Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 82215.33 gramos

Volumen = 10540427.16 milímetros cúbicos

Área de superficie = 10396697.09 milímetros cuadrados

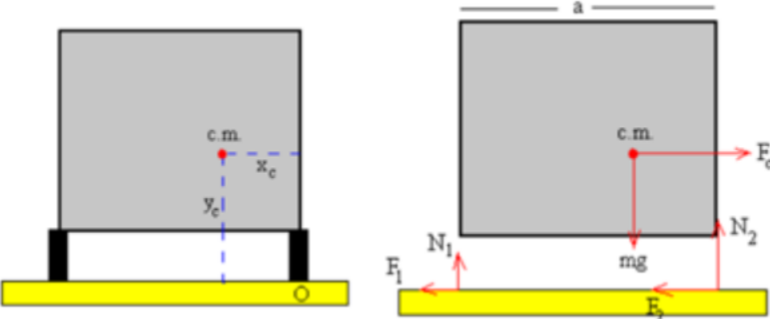
Centro de masa: (milímetros)
 X = -0.03
 Y = 211.30
 Z = -215.05



Desarrollo de la propuesta

Cálculo Fuerza de Reacción - Sistema de Frenos

Fuerza de reacción



Centro de masa

Propiedades de masa de CHASIS 2.0_COLORES_2.0
Configuración: Default <Como mecanizada>
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --
Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico
Masa = 82215.33 gramos
Volumen = 10540427.16 milímetros cúbicos
Área de superficie = 10396697.09 milímetros cuadrados
Centro de masa: (milímetros)
X = -0.03
Y = 211.30
Z = -215.05

Fuerza para conocer si se vuelca el vehículo a 80km/h

$$N1 = \frac{m \left(9.806 \frac{[mts]}{s^2} \right) * 0.215 [m] - \left(m \left(\frac{(22.222 \frac{[mts]_s}{[mts]})^2}{77 [mts]} \right) \right) * 0.211 [mts]}{1.508 [mts]} = 0.499 + m$$

Fuerza para conocer si se vuelca el vehículo a 90km/h

$$N1 = \frac{m \left(9.806 \frac{[mts]}{s^2} \right) * 0.215 [mts] - \left(m \left(\frac{(25 \frac{[mts]_s}{[mts]})^2}{77 [mts]} \right) \right) * 0.211 [mts]}{1.508 [mts]} = 0.261 + m$$

La estabilidad del vehículo es adecuada referente al diseño, centro de masa, distribución de pesos y sobre todo a la distancia que existe del suelo el prototipo. Mientras que los valores sean menores que 1 o se aproximen a 0, la fuerza de reacción ejercida entre la carretera y el neumático es casi nula, por lo tanto, existiría un vuelco en el prototipo si este valor es 0.

Desarrollo de la propuesta

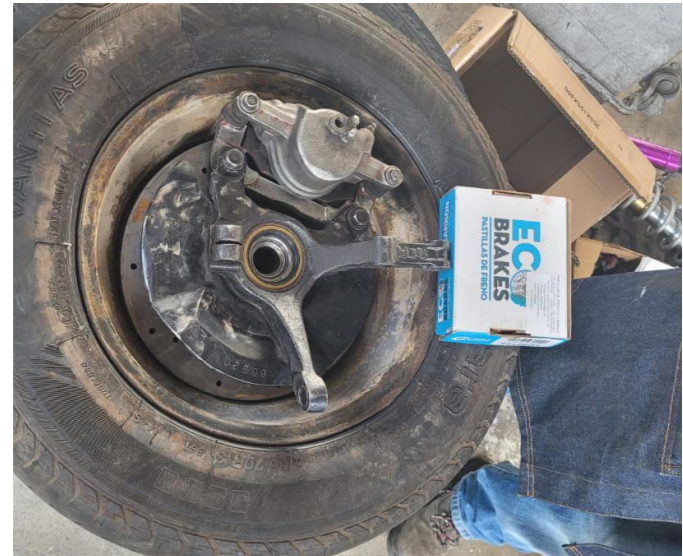
Implementación - Sistema de Frenos

Frenos de Disco traseros



Eficiencia

En la imagen se puede constatar las perforaciones existentes en el disco, con el propósito indicado, además con una manzana de 100 mm, la selección de esta manzana debido al motor seleccionado (*Suzuki Forsa I*), los ejes que están presentes en la caja de cambios comparten compatibilidad con el motor, es por ello de la implementación de dicho elemento, además de la disponibilidad en el mercado ecuatoriano.



Desarrollo de la propuesta

Implementación - Sistema de Frenos

Frenos de Disco delanteros



Eficiencia

Teniendo en consideración que los sistemas de discos son los óptimos de implementar, se colocará tanto freno de disco delanteros y posteriores en nuestro prototipo, teniendo en cuenta varios factores para su implementación de los sistemas de freno de disco es el área de contacto de la pastilla con el disco.



Desarrollo de la propuesta

Implementación - Sistema de Frenos

Pastilla de Carbono



Eficiencia

Hay que tomar en cuenta la normativa NTE INEN 2185, donde establece un requerimiento de los materiales de fricción que se emplean en los automóviles, es por ella que dicha normativa permite basarse para la selección, que cumpla con el requerimiento establecido por la entidad competente para su implementación, en conjunto con la NTE INEN 053, que son los cumplimiento o requisitos de los materiales de fricción que en este caso es el carbono. Por lo tanto, en la siguiente imagen se observa que las pastillas de freno seleccionadas tienen la aprobación de la normativa 2185.



Desarrollo de la propuesta

Implementación - Sistema de Frenos

Servofreno



Eficiencia

La seguridad es de importancia para los ocupantes, el servo freno proporciona una sensación más controlable en el pedal de freno, lo que permite al conductor tener una modulación con mayor precisión a la hora de aplicar el pedal de freno, dando como resultado menor esfuerzo, tiempos más rápidos de reacción y distancias de frenado más cortas.



Desarrollo de la propuesta

Implementación - Sistema de Frenos

Líquido de frenos



Eficiencia

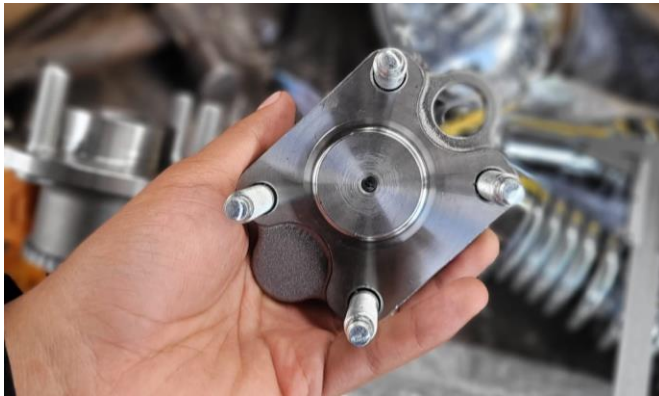
El DOT 4 tiene un punto de ebullición más alto, lo que esto significa que es menos probable que el líquido se caliente en bajas condiciones de frenado intenso o en situación que requiere de alta temperatura, lo que conllevaría este calentamiento es a la presencia de formación de burbujas de vapor lo que haría la pérdida de presión en el sistema, esto afectaría principalmente al servo freno donde se requiere una presión de frenado consistente y efectiva para operar.



Desarrollo de la propuesta

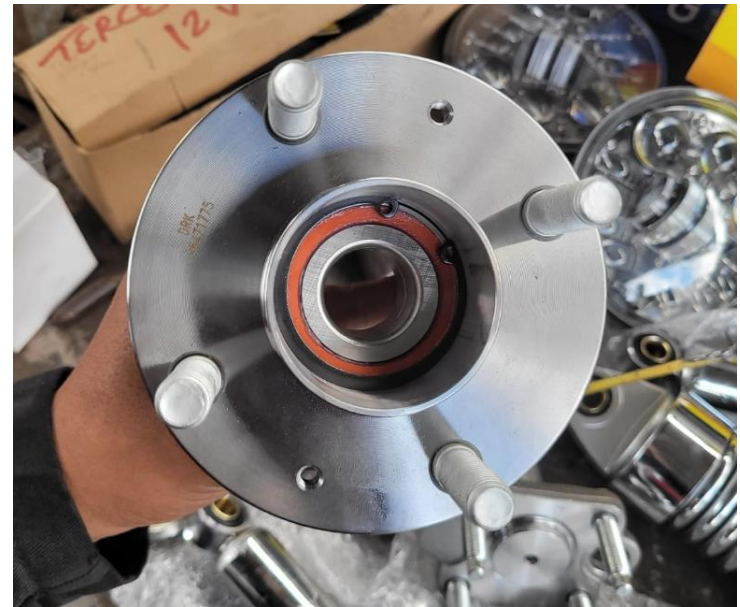
Implementación - Sistema de Frenos

Manzanas



Eficiencia

En los frenos de disco delanteros se colocó una manzana de 100mm del vehículo Chevrolet Aveo, esta manzana se la implemento por la disponibilidad en el mercado además del precio, estos dos factores contribuyen para su selección.



Desarrollo de la propuesta

Implementación - Sistema Seguridad

Asientos Tipo Cubo



Seguridad

La instalación de rieles en los asientos ubicados en el chasis del prototipo, se toma en cuenta la posición y altura de los mismos, procurando tanto la seguridad como la comodidad de los ocupantes.

Se toma en cuenta la mejor posición de manejo para el conductor, desplazándolo hacia adelante o atrás, además se tomó en consideración la altura promedio de la persona que estará a cargo de ser el conductor, al tener una altura de 170 cm este se podrá regular con riel implementado en el prototipo. De igual manera, la altura del asiento del conductor debe ser mas alta, para el prototipo se le puso una altura de 4cm mas a comparación del asiento del copiloto.



Desarrollo de la propuesta

Implementación - Sistema Seguridad

Cinturones de Seguridad



Seguridad

Los cinturones más seguros y eficientes para distintas condiciones de manejo son los cinturones de 5 puntos, gracias a que la sujeción de los ocupantes, tanto piloto como copiloto u acompañante es mayor, dando una mejor estabilidad al momento de maniobrar el vehículo.















Al ir a velocidades relativamente altas este tipo de cinturones nos proporciona una mayor estabilidad cuando se toma las curvas, imperfecciones de la carretera, maniobras bruscas, etc. que conlleven a tener un gran desplazamiento de los ocupantes.



Desarrollo de la propuesta

Implementación - Sistema Frenos

Dimensionamiento y selección de sistema de Frenos







<p>1. Posición Componentes</p> 	<p>2. Rines</p> 	<p>7. Selección Llantas delanteras</p> 	<p>8. Selección Llantas traseras</p> 
<p>3. Selección discos traseros</p> 	<p>4. Discos delanteros</p> 	<p>9. Toma de medidas manzana trasera</p> 	<p>10. Toma de medidas manzana delantera</p> 
<p>5. Revisión rin trasero</p> 	<p>6. Selección servofreno con pedalera</p> 	<p>11. Toma de medidas de discos traseros</p> 	<p>12. Toma de medidas discos delanteros</p> 
		<p>13. Selección pastillas de freno</p> 	<p>14. Selección de liquido de frenos</p> 



Desarrollo de la propuesta

Implementación - Sistema Frenos

<p>15. Peso llanta delanteras</p> 	<p>16. Peso llanta trasera</p> 
<p>17. Peso discos traseros</p> 	<p>18. Peso asientos</p> 
<p>19. Peso servofreno</p> 	<p>20. Selección manzana</p> 


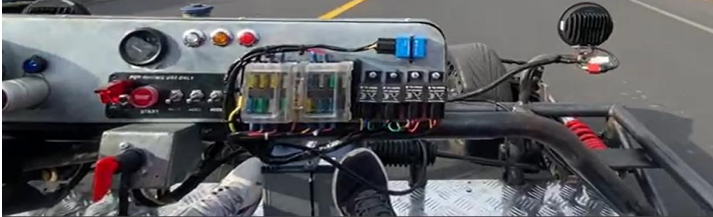

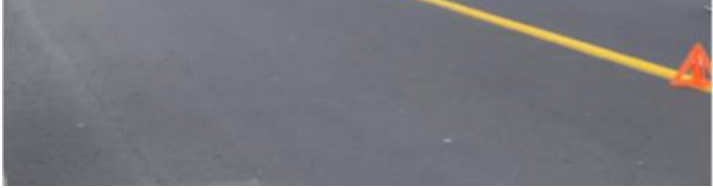
<p>Implementación de sistema de frenos</p>	
<p>1. Discos traseros</p> 	<p>2. Discos delanteros</p> 
<p>3. Servofreno</p> 	<p>4. Mangueras de freno</p> 
<p>5. Asientos</p> 	<p>6. Rieles</p> 



Desarrollo de la propuesta

Datos tomados en las pruebas – Distancia de Reacción

Datos tomados durante las pruebas realizadas



Velocidad	Fotografía	Dato Medido
50 km/h		$(S_r) = 16.50 \text{ m}$
60 km/h		$(S_r) = 18.60 \text{ m}$
70 km/h		$(S_r) = 26.8 \text{ m}$
80 km/h		<i>No se realizó por temas de Seguridad</i>
90 km/h		<i>No se realizó por temas de Seguridad</i>



Desarrollo de la propuesta

Datos tomados en las pruebas – Distancia de Frenado

Datos tomados durante las pruebas distancia de frenado en seco


Velocidad	Fotografía	Dato Medido
50 km/h		$(S_f) = 7.63 \text{ m}$
60 km/h		$(S_f) = 10.33 \text{ m}$
70 km/h		$(S_f) = 13.89 \text{ m}$
80 km/h		<i>No se realizó por temas de Seguridad</i>
90 km/h		<i>No se realizó por temas de Seguridad</i>



Desarrollo de la propuesta

Datos tomados en las pruebas – Distancia de Frenado

Datos tomados durante las pruebas distancia de frenado en mojado


Velocidad	Fotografía	Dato Medido
50 km/h		$(S_f) = 13.60 \text{ m}$
60 km/h		$(S_f) = 19.70 \text{ m}$
70 km/h		$(S_f) = 25.70 \text{ m}$
80 km/h		<i>No se realizó por temas de Seguridad</i>
90 km/h		<i>No se realizó por temas de Seguridad</i>



Desarrollo de la propuesta

Datos calculados para comprobar en las pruebas – Fuerza Centrífuga

Datos tomados durante las pruebas realizadas


Velocidad	Fotografía	Dato Medido
50 km/h		$F_c = 1074.735N$
60 km/h		$F_c = 1541.693 N$
70 km/h		$F_c = 2106.655 N$
80 km/h		<i>No se realizó por temas de Seguridad</i>
90 km/h		<i>No se realizó por temas de Seguridad</i>



Desarrollo de la propuesta

Datos calculados para comprobar en las pruebas – Fuerza de Reacción

Datos tomados durante las pruebas realizadas

Velocidad	Fotografía	Dato Medido
50 km/h		$N1 = 1.046 * m$
60 km/h		$N1 = 0.892 * m$
70 km/h		$N1 = 0.710 * m$
80 km/h		<i>No se realizó por temas de Seguridad</i>
90 km/h		<i>No se realizó por temas de Seguridad</i>



Desarrollo de la propuesta

Estabilidad Prototipo



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

- En síntesis, para la selección de los sistemas de frenos óptimos para la implementación en el prototipo, se toma en consideración la respuesta de frenado, calidad de los materiales, eficiencia de frenado, precisión del sistema, temperatura de trabajo. El sistema de frenos de disco, nos ofertó mayores ventajas frente al sistema de frenos de tambor, posee mayor eficiencia de frenado, al generar el contacto entre la pastilla de freno y el disco, se genera poca temperatura esto se debe a que se implementó discos perforados, lo que nos beneficia a que la temperatura adquirida en el sistema tenga mayor ventilación, en conjunto con ductos cilíndricos para evacuar la temperatura para fuera del disco, por otro lado, en el mercado ecuatoriano existe una amplia gama de productos, tanto en marca como calidad, dando como resultado, elementos de alta calidad como pastillas de carbono, discos perforados para que la respuesta de frenado sea más precisa y correcta tanto en el tren delantero como posterior.
- La colocación de frenos de discos de más medida en la parte posterior que la delantera, esto se debe a la presencia de mayor masa en el prototipo, donde se encuentra en su mayoría todo el sistema del vehículo, motor, caja de cambios, ejes, etc. Se necesita una mayor área de contacto para frenar la inercia del vehículo, entre mayor sea esta área, mejor es la respuesta de frenado y el sistema es más preciso. Esto se evidenció durante las pruebas realizadas, donde la mayor presencia de frenado es en la parte posterior.
- Basándonos en los resultados obtenidos, podemos concluir que la distancia de reacción realizadas en las pruebas nos refleja la eficiencia de frenado del sistema seleccionado, además de que el conductor reacciona rápidamente al observar el obstáculo, tanto en los datos calculados a velocidad de 50 hasta 70 km/h, se obtuvo la distancia de reacción de 23.149m , 27.6m, 32.3m, respectivamente, frente a los datos realizados en las pruebas fueron, 16.50m, 18.60m, 26.8m, por lo tanto se evidencia un gran contraste en la distancia, esto se debe a la efectiva respuesta del piloto al accionar el freno y la eficiencia de los sistema de frenos de disco.



CONCLUSIONES

- Los análisis numéricos confirman nuestra suposición inicial de que la eficacia de los frenos de disco implementando en el prototipo reducen significativamente la distancia de frenado calculada frente a la tomada en ruta, es decir, los datos calculados a velocidades desde 50km/h hasta 70 km/h en asfalto seco, 10.93m, 15.745m, 21.432m respectivamente, a 7.63m, 10.33m, 13.896m realizadas en las pruebas hechas, por lo tanto, hay un 30.19% mayor de efectividad en asfalto en seco y para asfalto mojado, los datos calculados de 14.059m, 20.244m, 27.556m a las velocidades a evaluar 13.60m, 19.8m, 25.70 un 3.26%.
- A partir de los resultados numéricos, podemos inferir que el cálculo de la fuerza centrífuga reflejo la precisión de la estabilidad del prototipo al tomar distintos requerimientos en carretera, curvas cerradas, rectas, pendientes, etc, pero se toma en consideración el radio de curvatura, entre mayor sea esta característica menor será la estabilidad del vehículo, dando como resultados la fuerza centrífuga desde 50km/h hasta 70 km/h, 1074.735 Newton, 1541.693, 2106.655 Newton, estos valores se vieron reflejados a la hora de realizar las pruebas, ya que al tener una fuerza ficticia presente en la curva, se presentó un poca estabilidad llevándonos hacia fuera del trayecto, es por ello que la fuerza de reacción entre la carretera y los neumática para estas velocidades tenemos como cálculos, $1.046 \cdot m$, $0.892 \cdot m$, $0.710 \cdot m$, el valor que tienda a 0 o este dentro de estos rangos el contacto será mínimo entre estos dos elementos, por lo tanto, para velocidad mayores a 80km/h se evitó realizar, con el fin de precautelar la seguridad de los ocupantes. Finalmente, se refleja que los valores calculados frente a los resultados en pruebas de ruta fueron sumamente precisos, ya que cumplió con lo establecido.



RECOMENDACIONES

- Las normativas son importantes al momento de la selección de componentes, como en esta ocasión, se tomó en cuenta la normativa INEN 2185, donde se indica los materiales de rozamiento junto a sus respectivos coeficientes de fricción, al nivel nacional, para la selección de componentes de sistemas de freno para vehículos prototipos el país carece de normativas, por lo tanto, es importante tomar en cuenta como referencia las normativas internacionales para su selección de constituyentes.
- La visibilidad toma un papel importante en la seguridad de los ocupantes, ya que una buena visión del entorno al momento de la conducción garantiza disminuir el riesgo de accidentes, es por ello, que es importante procurar que los ocupantes se sientan seguros al momento de la conducción, por lo tanto, se recomienda la instalación de espejos retrovisores para garantizar la seguridad del conductor y del pasajero.
- En cuanto al diseño del sistema de frenos de disco, se puede implementar discos de freno que sean perforados y acanalados o bien llamados discos hiperventilados, este tipo de elemento aumenta la salida de temperatura existente entre el contacto de fricción ejercido por la pastilla y el disco, incrementando su eficiencia de frenado tanto en regímenes de alta o bajas temperaturas.



GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA