Universidad Internacional del Ecuador

Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz

Trabajo de Integración Curricular

Articulo Investigación para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica Automotriz

Estudio eficiencia en frenado con bandas de fricción nacional e importados en vehículos de categoría n1 bajo norma EC13H

Luis Eduardo González Olaves.

Kevin Steeven Yugsi Lita.

Director: MSc. Juan. C. Rubio. T

Co-Director: MSc. Gorky G. Reyes C.

Quito, 2021

CERTIFICACIÓN

Yo, LUIS EDUARDO GONZALEZ OLAVES, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

LUIS EDUARDO GONZALEZ OLAVES

Yo, JUAN CARLOS RUBIO TERAN, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

JUAN CARLOS RUBIO TERAN

CERTIFICACIÓN

Yo, KEVIN STEVEN YUGSI LITA, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

KEVIN STEVEN YUGSI LITA

Yo, JUAN CARLOS RUBIO TERAN, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

JUAN CARLOS RUBIO TERAN

DEDICATORIA

Dedico este proyecto y culminación de esta etapa de mi vida a Dios, mis padres y hermanos que han estado guiando cada paso de mi vida.

Dedico este proyecto a las personas que me vieron crecer con el sueño de formarme académicamente entre amigos, clientes y colaboradores que he logrado conocer y han sido parte fundamental de mi crecimiento personal y profesional.

Finalmente quisiera dedicar este proyecto a mis profesores que me enseñaron que el crecimiento es personal y mientras más logros se obtenga mas humilde se tiene que ser.

Kevin Steven Yugsi Lita

DEDICATORIA

Dedico la culminación de este periodo de mi vida, principalmente a Dios por permitir mi formación profesional.

A mis padres, Nelly Olaves y Martin González por apoyarme en todo momento, confiando en mí, por brindarme su tiempo para fortalecer mis conocimientos, a mí esposa Samanta y mi hijo Benjamín, por formar parte de mi trayectoria y ser mi fortaleza para mis estudios. A mi hermano Joffre por acompañarme y brindarme sus consejos sanos, y experiencia vivida. Por el cariño que siempre en el día a día me mostraron.

Luis Eduardo González Olaves

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Sr Walter Yugsi, mi padre el cual me ha enseñado ser un hombre honrado, humilde y perseverante con la ayuda incondicional de la Sra. Silvia Lita, mi madre quien me ha guiado de la mano con fe en Dios.

Agradezco profundamente a nuestro director de tesis MSc. Juan. C. Rubio quien nos ha brindado la confianza y tiempo para lograr culminar el proyecto, a nuestro Codirector MSc. Gorky Reyes quien con la formación profesional y experiencia ha logrado crear una visión más amplia de la ingeniera automotriz sembrando en cada uno de sus estudiantes interés por aprender cada día más.

Finalmente agradezco a la empresa Rapi-Frenos por permitir abrir sus puertas a nuevos profesionales y generar fuentes de trabajo solidas.

Kevin Steven Yugsi Lita

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios, por concluir una meta que me había propuesto dentro de mi camino junto a su lado

A mis Padres, esposa, hijo y hermano siendo mi motor y mi mayor inspiración para cumplir con todas las metas propuestas y estar siempre conmigo apoyándome.

A mí querida universidad internacional del Ecuador, con su facultad de Ingeniería Automotriz y sus docentes, que me permitieron iniciar mi proceso profesional que hoy esta culminando. Y un agradecimiento especial a mis tutores MSc. Juan. C. Rubio y MSc. Gorky Reyes por brindarme la confianza, el tiempo, el conocimiento y la infinita gana de apoyarme para que este proyecto llegue a su etapa final.

Finalmente agradecer a mis amigos, compañeros que colaboraron para que este trabajo de titulación llegue a su culminación siendo una etapa tan anhelada de mi vida.

Luis Eduardo González Olaves.

INDICE ARTICULO

CERTIFICACIÓN III
ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD V
DEDICATORIA VI
AGRADECIMIENTO VIII
1.INTRODUCCION 15
2.FUNDAMENTO TEORICO 16
2.1 Elementos de seguridad 16
2.2.Sistema de freno 16
2.3 Dinámica de frenado 16
2.3.1 Neumáticos 16
2.3.2 Desplazamiento y distancia de parada 17
2.4 Fuerzas presentes 17
2.5.Elementos de fricción 17
2.6. Normativa técnica 2185 y EC13H 17
3.MATERIALES Y METODOS 18
3.1. Método 18
3.2. Materiales 18
3.2.1. Vehículos 18
3.2.2 Zapatas de freno 18
a. Material de fricción original 19
b. Material de fricción regional 19
c. Material de fricción local 19
3.2.4 Normativa 19
3.2.5 Equipo 20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 20
4.1 Datos de entrada 20
4.2.1 Pruebas de Adherencia 20
4.2.2 Prueba de laboratorio, material original. 20
4.2.2 Prueba de laboratorio, material regional. 21
4.2.2 Prueba de laboratorio, material local. 21
4.3 PRUEBAS DE CAMPO 21
4.3.1 Prueba de campo, material de fricción original 21
4.3.2 Prueba de campo, material de fricción regional 21
4.3.3 Prueba de campo, material de fricción local 22

4.4 COMPARATIVA DE RESULTADOS 22
5. CONCLUSIONES 22
6. REFERENCIAS.....23
7. ANEXOS……..……25

ESTUDIO EFICIENCIA EN FRENADO CON EMPAQUESDE FRICCION LOCAL E IMPORTADOS EN VEHICULOS DE CATEGORÍA N1 BAJO NORMA EC13H

Ing. Guillermo Gorky Reyes Campaña MSc., gureyesca@uide.edu.ec,
Ing. Juan Carlos Rubio Terán Msc jrubio@uide.edu.ec
Kevin Esteeven Yugsi Lita, Luis Eduardo Gonzalez Olaves

RESUMEN

El mercado automotriz ecuatoriano oferta diferentes empaques de fricción que se utilizan en todos los vehículos que poseen freno de zapatas, sin embargo, no todos los empaques tienen los mismos beneficios de frenado en condiciones reales de manejo, el estudio del presente artículo emplea empaques locales y regionales para evaluar su rendimiento y seguridad bajo las mismas condiciones al frenar. La investigación aborda el tema desde un segmento particular automotriz hacia observaciones específicas, se analiza los datos obtenidos mediante las pruebas de laboratorio y de campo según la normativa EC-13H estableciendo como material referencial los empaques de freno originales de la camioneta Amarok pick up que pertenece a la categoría N1 correspondiente a la normativa INEN 2185 que permite estudiar los materiales de fricción que ingresan o se fabrican en el Ecuador. Las pruebas de laboratorio realizadas respecto al material original mantienen un índice estándar de frenado, las pruebas en pista corroboran que la temperatura alcanzada y la distancia recorrida al frenar se mantiene dentro de los parámetros permisibles con una temperatura máxima de 66°C y eficiencia en el eje posterior de 55.38%, el material local reacciona mejor con media carga obteniendo una eficiencia en el eje posterior de 61,8% mejorando tiempo de freno con 6.1 segundos y distancia de 13.4mts a 90km/h, el material regional en pista obtiene un aumento de temperatura de 79.3°C con carga la mayor temperatura alcanzada sin alterar su eficiencia de frenado con 60% en el eje posterior. Los materiales en prueba demuestran una alternativa factible y admisible para un cambio con respecto al material original, generando seguridad en lo materiales de fricción que se ofertan a nivel local.

Palabras Clave: Material de fricción, empaque de zapatas, pruebas de laboratorio, normativa EC13H

ABSTRACT

The Ecuadorian automotive market offers different friction gaskets that are used in all vehicles that have shoe brakes, however, not all gaskets have the same braking benefits in real driving conditions, the study of this article uses gaskets local and regionals to evaluate their performance and safety under the same conditions when braking. The research found the issue from a particular automotive segment to specific observations, the data obtained through laboratory and field tests according to the EC-13H regulation is analyzed, establishing as reference material the original brake gaskets of the Amarok pickup truck which belongs to category N1 corresponding to the INEN 2185 standard that allows the study of friction materials that enter or are manufactured in Ecuador. The laboratory tests carried out with respect to the original material maintain a standard braking index, the tests on the track corroborate that the temperature reached and the distance traveled when braking remains within the permissible parameters with a maximum temperature of 66 °C and efficiency in the rear axle of 55.38%, the local material reacts better with half load obtaining an efficiency in the rear axle of 61.8% improving braking time with 6.1 seconds and distance of 13.4mts at 90km / h, the regional material on track obtains a temperature rise of 79.3 °C with load the highest temperature reached without altering its braking efficiency with 60% on the rear axle. The materials under test demonstrate a feasible and admissible alternative for a

change with respect to the original material, generating security in friction materials that are offered locally.

Key Words: friction material, shoe packing, laboratory tests, EC-13H regulation

1. INTRODUCCION

El mercado ecuatoriano oferta varios materiales de fricción para el reempaque de zapatas de freno, sin embargo, no todos los empaques tienen los mismos beneficios de frenado en condiciones reales de manejo es por tal motivo que el estudio abarca pruebas de laboratorio con empaques locales y regionales para evaluar su rendimiento y seguridad bajo las mismas condiciones al frenar. El mundo económico del mercado de materiales de fricción ha crecido significativamente [1] por lo tanto se ofertan varios materiales del cual elegir sin conocer sus beneficios o defectos que se adquieren, las autoridades responsables de aceptar que material se aprueba para la importación o creación de materiales es el servicio ecuatoriano de normalización el cual establecen parámetros de fricción y métodos de ensayo para el material no ensamblado [2]. Por tal motivo es necesario realizar estudios que comprueben el estado del material en condiciones de trabajo para verificar la eficiencia de frenado creando así un aporte de seguridad para los ocupantes del vehículo, es necesario efectuar pruebas de campo y de laboratorio bajo normas ya establecidas. Los datos para evaluar también serán establecidos en la revisión técnica vehicular el cual especifica que es un mantenimiento legal preventivo del vehículo inspeccionado periódicamente por un ente certificador [3], se verifica el cumplimiento de las normas de seguridad y se define los parámetros de frenado necesarios para lograr cumplir con los requisitos necesarios para poder circular sin ningún problema.

La investigación se llevar a cabo bajo pruebas de laboratorio con procesos ya respaldados en base al reglamento Ec13H, el documento normaliza las pruebas en ruta como por medio de un freno-metro permitiendo respaldar resultados bajo las mismas condiciones en vehículos categoría M, N y O en lo relativo al equipo de frenado [4]. Los datos adquiridos con las pruebas se comparan con los datos que nos ofrece la misma categoría de vehículo en la revisión técnica vehicular, los datos adquiridos con las pruebas realizadas se establecen en tablas y se comparan los valores para analizar los resultados.

El comercio de repuestos automotrices en el ecuador ocupa una cantidad significativa en ventas con lo que respecta a seguridad como elementos de fricción, existe una alta demanda de consumo al igual que de importación, un estudio realizado por la universidad técnica de valencia determina que el mayor importador de materiales de fricción y servofrenos hacia el ecuador es de procedencia china, estados unidos y Alemania con una participación continua desde el año 2014 [5].

La característica de diferentes tipos de materiales en la fabricación de empaques de freno puede ayudar con la eficiencia de frenado debido a sus características. Los materiales fabricados con fibras de acero obtienen un coeficiente positivo en temperatura ambiente, pero a altas temperaturas tiende a formar resistencia a la decoloración y no es compatible con ciertas superficies de fricción a diferencia de materiales con fibras de cobre [6]. El estudio general de los materiales de fricción comprende tanto en el momento de rozamiento sobre la pastilla y en las zapatas, pero el diseño que ofrece las zapatas con el tambor al frenar se obtiene predicciones inexactas de frenado [7], en el estudio de elementos finitos demuestra las áreas de contacto que no cubren toda el área y por lo tanto genera más temperatura y presión sobre esa área del cual no se calcula y se genera un freno no equitativo sobre las ruedas posteriores.

Al analizar el fading de freno se prioriza las características de funcionamiento sobre los nuevos empaques de zapata que actúan en el tambor y las condiciones de trabajo en el freno, las medidas obtenidas son los efectos que actúan sobre el vehículo como sobrecalentamiento y fallo [8]. Las pruebas se realizaron en vehículo categoría N1 bajo pruebas normalizadas ECE13H.

2. FUNDAMENTO TEORICO

Los frenos están expuestos a grandes esfuerzos térmicos durante el frenado de rutina y a esfuerzos térmicos extraordinarios durante el frenado brusco, los materiales muestran deformaciones plásticas que afectan secuencialmente a los componentes de freno. Se sabe que las desaceleraciones de alta g típicas de los vehículos de pasajeros generan temperaturas de hasta 900 ° C en una fracción de segundo [9].El freno de servicio deberá funcionar de manera eficaz para cada momento de su uso, el conductor deberá accionar el pedal de freno sin retirar las manos del volante, el freno garantiza seguridad al accionarse de manera secuencial durante la marcha normal, este circuito está constituido por un pedal de accionamiento, una bomba hidráulica con depósito de líquido de freno, servofreno, discos de freno, pinzas de freno, zapatas de freno y tambores de freno [10]. El sistema de freno hidráulico se divide diagonalmente en el sistema ABS o sin el sistema [11], además cuentan con un freno de estacionamiento de efecto manual que se utiliza para inmovilizar al vehículo cuando está parado. El freno se transmite desde la bomba hacia los cilindros por medio de tuberías rígidas de acero, en algunos vehículos en la parte posterior hay limitadores de presión la cual ayuda a frenar con más presión a mayor carga o menor presión si se tiene menor carga [12].

2.1 Elementos de seguridad

Los vehículos poseen seguridad activa y pasiva el cual nos permite protegernos de cualquier imperfecto ocurrido en el manejo o descuido al manejar, Seguridad activa: Los sistemas ABS con los sensores activados son los responsables de mantener un trayecto uniforme con la actuación activa de las partes del freno, el SP servofreno activo, unidad de control hidráulica y aceleración lateral que ayuda al conductor a realizar la compensación necesaria para obtener confort y seguridad al manejar. Seguridad pasiva: En este sistema de seguridad los elementos fundamentales son la estructura del vehículo y el sistema de retención, los cuales su función principal es evitar daños en los ocupantes al momento de un impacto tomando en cuenta los airbags, cinturones de seguridad y reposacabezas del vehículo [10].

2.2. Sistema de freno

El mecanismo de frenos contempla parámetros de absorción de energía y calor que logra detener las ruedas, la ejecución del freno se basa bajo la ley de pascal el cual establece que al aplicar presión sobre un líquido confinado en un recipiente cerrado la fuerza se transmitirá equitativamente [13]. El accionamiento de los frenos de tambor es un mecanismo de accionamiento mecánico, hidráulico o neumático el cual ejercerá un esfuerzo sobre las zapatas desplazándolas para que entren en contacto con la pared interna del tambor, el frenado se produce gracias a la fricción que existe entre la banda de fricción y el tambor. Luego de dicho proceso y una vez desactivado el mecanismo de mando las zapatas retornan a su posición original gracias al resorte de recuperación [14]. Los frenos de tambor que se va a estudiar tienen los siguientes componentes: zapatas de freno con sus empaques de fricción, tambor de freno metálico, resortes de ajuste, porta frenos.

El accionamiento de los frenos de disco es un mecanismo mediante el cual la presión que se envía desde la bomba maestra se distribuye equitativamente a los émbolos de las pinzas de freno ocasionando una fricción de la pastilla de freno sobre el disco y así se reduce el giro con bastante fuerza absorbiendo la energía cinética de aquel momento [13].

2.3 Dinámica de frenado

2.3.1 Neumáticos

Para el uso eficaz de los neumáticos es necesario que el montaje de los neumáticos sea según las normas que la fábrica específica, los neumáticos con alto perfil nos ayudara a una concentricidad optima y a una disminución de prolongación de recorrido de freno [15]. El deslizamiento de los neumáticos es la distancia que especifica como la diferencia entre la distancia teórica y la real recorrida por el

automóvil [15], el proceso físico mediante la cual la goma de la llanta, el asfalto crea un proceso elástico en el neumático y dependiendo de las condiciones de la calzada en conjunto con las condiciones ambientales generara deslizamiento.

2.3.2 Desplazamiento y distancia de parada

El movimiento de los neumáticos genera una fuerza de impulsión que transmite a la masa del vehículo y generamos el desplazamiento. La fuerza de frenado máxima sin deslizamiento por otro lado necesitamos la fuerza de impulsión, el peso del vehículo y el coeficiente de adherencia del neumático con el terreno tomando en cuanto el desgaste del neumático.

La ecuación para utilizar al medir la distancia que recorre el vehículo cuando se aplica el freno y se detiene en su totalidad influye fuerza de freno, adherencia de neumático y la velocidad del vehículo [14].

$$e = \frac{v^2}{E\ .\ 254}$$

e = Distancia de detención en metros

E = La eficacia del sistema de frenos en %

v = Velocidad en km/h

2.4 Fuerzas presentes

En la figura 1 se puede visualizar las fuerzas que actúan sobre el tambor que pueden ser medidos por medio de la ecuación a continuación [14]:

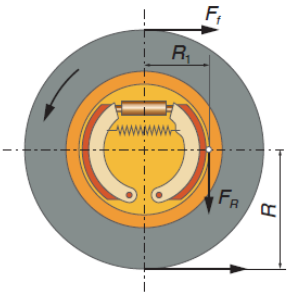


Figura 1. Fuerza que actúan sobre el tambor
Fuente: [14]

$$Ff_T = Ff\ .K\ .\mu$$

Donde:

Ff_T = Fuerza de frenado real

K = Coeficiente de acoplamiento

μ = Coeficiente de rozamiento entre el ferodo de la zapata y el tambor

En base a esta fórmula podemos determinar la fuerza máxima del freno de banda que podemos utilizar para colocar en cada banda de freno con la misma ecuación y así tener un control de fuerza estandarizada.

2.5. Elementos de fricción

Los elementos que componen el tambor para que exista fricción son las superficies de fricción que entran en contacto, el medio de transmisión del par de torsión y el mecanismo de accionamiento, cuando se habla de fricción se entiende que las limitaciones de los materiales de fricción se expresan en términos de la presión mayor permisible en el forro, el diseñador debe pensar en términos [16]:

$$P_a = \frac{2P_1}{bD}$$

P_a=Presión máxima.

$2P_1$= Presión es proporcional a la tensión en la banda.

bD= Área de anchura por el diámetro.

Los materiales de fricción en los vehículos tienen una nomenclatura en la cual lo estableció la SAE en base a la letra griega μ que significa que hay fricción máxima entre los coeficientes.

Tabla 1. Nomenclatura coeficiente de fricción

CÓDIGO	μ
Código C	0.00-0.15
Código D	0.15-0.25
Código E	0.25-0.35
Código F	0.35-0.45
Código G	0.45-0.55
Código H	0.55 y mayor
Código Z	Sin clasificación

Fuente: [2]

2.6. Normativa técnica 2185 y EC13H

Los requisitos para homologar un elemento de fricción al ecuador como: pastillas de freno, empaques de zapata se rigen bajo esta normativa técnica demostrando parámetros de dureza y fricción en la que toda empresa que fabrique o importe material tiene que aprobar la normativa, entre los requisitos hay que tomar en cuenta los materiales no deberá tener imperfecciones ni deformaciones que afecten el funcionamiento y no deberá sufrir alteraciones

a un lapso no menor a un año [2]. Bajo estos requisitos se deberá realizar métodos de ensayo para que un elemento de fricción logra ingresar al mercado ecuatoriano y ser parte del funcionamiento del sistema de frenos. La eficacia prescrita para los sistemas de frenado estará basada en la distancia de frenado y en la deceleración media estabilizada [17], la eficacia de un sistema de frenado se determinará midiendo la distancia de frenado en relación con la velocidad inicial del vehículo, para la homologación del cualquier vehículo la eficacia del frenado se determinará en ensayos en pista y laboratorio efectuados en las condiciones siguientes: El ensayo deberá llevarse a cabo a las velocidades indicadas para cada tipo de ensayo [17], cuando la velocidad máxima por fabricación del vehículo sea inferior a la prescrita para un ensayo éste deberá efectuarse a la velocidad máxima del vehículo.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Método

La presente investigación abarcara el tema desde un segmento particular automotriz hacia observaciones específicas, analizando los datos que se obtiene mediante las pruebas de laboratorio y de campo según la normativa EC-13H en relación con las variable dependientes e independientes que son parte de la investigación. Los datos obtenidos se evaluarán siguiendo un criterio objetivo a la investigación creando una descripción evaluativa descriptiva del funcionamiento de los materiales.

3.2. Materiales

3.2.1. Vehículos

Las camionetas a nivel nacional tienen diferente capacidad de carga y distribución de freno para lo cual siguiendo criterios de seguridad y normativas europeas se escogió la camioneta pick up Amarok categoría N1, es considerada uno de los vehículos con más acogida en Europa contando con galardones como "International Van of the year" [18], se analiza la eficiencia de frenado por su diseño debido a sus resultados favorables y sus sistemas como ABS y ASR [19]. Debido a su trascendencia en el mercado los elementos que conforman la camioneta Amarok permiten ser estudiados creando un enfoque hacia el funcionamiento didáctico de la camioneta [20]. Siendo una de las camionetas con mejor aceptación para el trabajo en Latinoamérica con fabricación en Argentina [21]

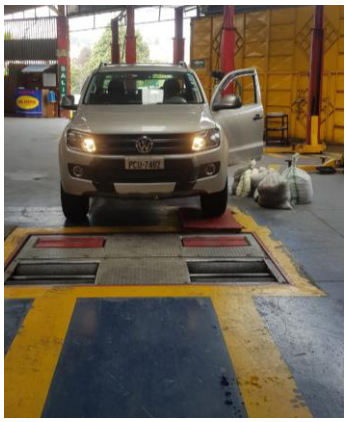


Figura 2. Vw. Amarok TDI
Fuente: Autores

3.2.2 Zapatas de freno

A nivel local se tiene diferentes proveedores de elementos de fricción por ello es importante tener tres variables de referencia originales, local y local estas medidas serán establecidas a través de pruebas de campo y laboratorio, para este análisis se utilizó las placas de acero con medidas 294 x 57 originales de la marca, al igual que el material OW-1667-ZV.

Figura 3. Zapatas de freno original
Fuente: Autores

Los empaques de freno a estudiar son de varios compuestos a continuación en la figura 4 una breve descripción de los materiales

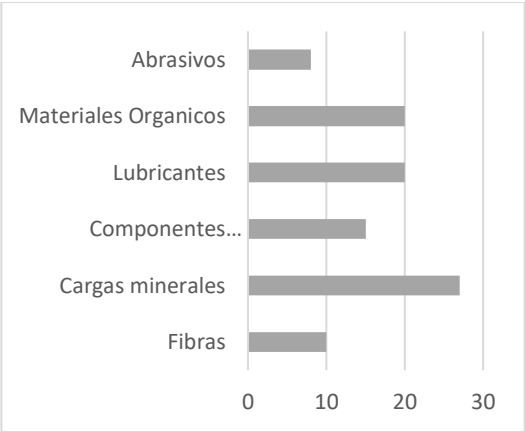


Figura 4. Materiales para elaborar empaques de zapatas
Fuente: [6]

El material original tiene compuestos exclusivos de la marca diferentes a los homologados que pueden diferir en su rendimiento debido a los materiales y componentes utilizados que pueden desgastarse más rápido que otros [6], se determina si afecta directamente a la eficiencia en la prueba con el ensamble de los diferentes tipos de materiales que se logran encontrar en el mercado local.

a. Material de fricción original

El código del material original que viene por defecto en la camioneta es OW-1667-ZV las dimensiones son 294*57 con coeficiente de rozamiento FF la cual establece 0.35-0.45 en operación regular y en corta duración caliente.

Tabla 2. Coeficiente de fricción material original

DATOS FISICOS		NIVEL DE FRICCIÓN TÍPICA	
TEMPERATURAS DE TRABAJO		(SAE J661A)	
Operación	200	Regular	F
Corta Duración	200	Caliente	F

Fuente: [22]

b. Material de fricción regional

El material para estudiar es de procedencia brasileña, el empaque a estudiar tiene como coeficientes de fricción F y E el cual permite tener una operación de 0.35-0.45 en operación regular y con un rango de 0.45-0.55 en corta duración caliente.

Tabla 3. Coeficiente de fricción material regional

DATOS FISICOS		NIVEL DE FRICCIÓN TÍPICA	
TEMPERATURAS DE TRABAJO		(SAE J661A)	
Operación	200	Regular	F
Corta Duración	250	Caliente	E

Fuente: [23]

c. Material de fricción local

El material es fabricado en Ecuador y tiene su trascendencia a través de los años, si bien parte de sus materiales son importados la fabricación es ecuatoriana, se establece que el material que a empacar tiene un coeficiente G en condiciones normales de uso el cual indica que su coeficiente de rozamiento será de 0.45 a 0.55 y en condiciones de temperatura alta F que va de 0.35 a 0.45.

Tabla 4. Coeficiente de fricción material local

DATOS FÍSICOS		NIVEL DE FRICCIÓN TÍPICA	
Temperaturas de trabajo		(SAE J661A)	
Operación	150	Regular	G
Corta duración	200	Caliente	F

Fuente: [24]

3.2.4 Normativa

La normativa EC13H que se utilizara menciona principalmente procesos para las pruebas de campo y pruebas de laboratorio el cual ayuda a verificar si los datos en ruta ayudan a subir el rango estándar con referencia a el material original de zapatas. En la tabla 4 se observa las condiciones para las pruebas, velocidad promedio, tiempo y numero de pruebas. Donde por seguridad tiene un límite de 120 km/h.

Tabla 2. Condiciones para prueba de ruta

CONDICIONES			
V1 km/h	V2 (km/h)	S	n
80%vmax 120	0.5v1	45	5

Fuente: [17]

El ensayo en el freno-metro obtiene características de inercia necesaria, los frenos montados son idénticos a los del tipo de vehículo inicial, obtiene un registro continuo de

la velocidad de giro del disco o del tambor y tiempo de frenado.

3.2.5 Equipo

Para el siguiente análisis se utilizó el freno metro brak3000 el cual cumple con la normativa Inter local ISO 376 [25] es la única a nivel local que cubre la calibración de los dinamómetros y su área de utilización original.

Tabla 3. Línea de Inspección Técnica de Vehículos ligeros 4Tm

Dimensiones	2.320 x 680 x 280 mm.
Peso	480 kg.
Vía Admisible	755 ÷ 2.200 mm.
Máx. Peso Eje	4.000 kg
Medidas Rodillos	723 x 206 mm
Distancia Ejes Rodillos	400 mm
Velocidad Prueba	5,4 km/h
Potencia Motor	2 x 4,6 kW
Coeficiente Fricción	Seco > 0,8
	Húmedo > 0,6
Rango de Medición	0 ÷ 6 kN
Alimentación	3 x 230 / 3 x 400 V 50 / 60 Hz
Condiciones de Trabajo	Temperatura -5 ÷ +40ºC
	Humedad Relativa < 95%

Fuente: [26]

Los valores que determina el freno metro son datos de funcionamiento bajo rodillos de alto desempeño que mide la eficiencia de frenado y porcentajes de ajuste sobre las zapatas [4]. La calibración de celda de carga es mensual el cual especifica se utiliza un instrumento con características metrológicas que garanticen una incertidumbre de máxima de 0.5 mm [27]

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Datos de entrada

En la tabla 6 detalla los valores que se utilizan en cada una de las pruebas realizadas manteniendo la categoría del vehículo y colocando datos importantes para el desarrollo de las pruebas, las pruebas son ejecutadas por una sola persona para mantener los datos con la misma presión de frenado y peso establecido con el conductor.

Tabla 4. Datos de entrada

VEHÍCULO	AMAROK
Año	2018
Fuerza de frenado	62,7 Dan.
Selector marcha de transmisión	Neutro
Numero de pruebas	5
Velocidad de prueba	50 y 90 km/h
Temperatura ambiente	15°C
Coeficiente de Adherencia carretera	≥ 0,75
presión Inflado de neumáticos	29psi
Medidas neumático	245/75/R16
vehículo sin carga	1037Kg
vehículo con media carga	1164Kg
vehículo con carga completa	1295Kg

Fuente: Autores

4.2. PRUEBAS DE LABORATORIO

4.2.1 Pruebas de Adherencia

Las pruebas de laboratorio realizadas con el material original, regional y local a tres diferentes cargas determinan la eficiencia de freno por el aumento de adherencia en la superficie de frenado, los resultados de los materiales originales, locales y regional pueden estar determinados por el material de composición en la fabricación.

4.2.2 Prueba de laboratorio, material original.

Los resultados detallados en la tabla 7, indican un aumento en la eficacia en el eje posterior de freno sin carga alguna, un aumento de temperatura con carga completa y una fuerza de adherencia mayor con carga.

Tabla 5. Resultado prueba de laboratorio empaque original

FUERZA DE ADHERENCIA TOTAL				
Zapatas Originales	post Izq. (KN)	post Der (KN)	Eficiencia eje post	Temp
zapatas originales sin carga	3540,6	2597,8	60,2%	65,12 °C
zapatas originales media carga	3602,8	2750,6	55,6%	65,56 °C
zapatas originales carga completa	3890,6	3233,4	55,8%	66,48 °C

Fuente: Autores

4.2.2 Prueba de laboratorio, material regional.

Los resultados detallados en la tabla 8, indican un aumento en la eficacia en el eje posterior de freno sin carga, un aumento de temperatura con carga completa y una fuerza de adherencia mayor con carga.

Tabla 8. Resultado prueba de laboratorio empaque Regional

FUERZA DE ADHERENCIA TOTAL				
Zapatas con empaque Regional	post Izq. (KN)	post Der (KN)	Eficiencia eje post	Temp
Empaque Regional sin carga	3518,6	3179,2	66,4%	66,88 °C
Empaque Regional media carga	3765,4	3337,6	62%	67,68 °C
Empaque Regional carga completa	3987,4	3623,6	60%	68,7 °C

Fuente: Autores

4.2.2 Prueba de laboratorio, material local.

Los resultados detallados en la tabla 9, indican un aumento en la eficacia en el eje posterior de freno con media carga, un aumento de temperatura con carga completa y una fuerza de adherencia mayor con carga.

Tabla 9. Resultado prueba de laboratorio empaque Local

FUERZA DE ADHERENCIA TOTAL				
Zapatas con empaque local	post Izq. (KN)	post Der (KN)	Eficiencia eje post	Temp
Empaque Local sin carga	3135,4	2919,6	59,8%	65,02 °C
Empaque Local media carga	3601,4	3438,8	61,8%	66,08 °C
Empaque Local carga completa	3639,4	3505,4	56,0%	66,98 °C

Fuente: Autores

4.3 PRUEBAS DE CAMPO

Las pruebas de campo bajo normativa establecen lo siguiente: Realizar pruebas en pista del material original, materiales de procedencia regional y local como referencia, se realizan pruebas de freno con diferentes cargas en la camioneta comparando tiempo de freno, distancia de freno, temperaturas iniciales y finales a 50km/h y 90km/h.

4.3.1 Prueba de campo, material de fricción original

De acuerdo con los resultados detallados en la tabla 10 se puede observar un incremento de temperatura directamente proporcional a el peso y la velocidad, el recorrido del pedal de freno conforme a el tiempo de freno es el ideal para mantener una distancia uniforme y segura.

Tabla 6. Resultado prueba de campo empaque original

ZAPATAS ORIGINALES 50KM/H						
	Tiempo Seg	Distancia Mts	Temp inicial °C		Temp final °C	
			Izq.	Der	Izq.	Der
Sin carga	4,2	7	67,2	67,52	71,2	71,9
Media carga	5,4	7,4	71,2	71,9	72,1	72,6
Carga total	5,2	7,6	72,1	72,6	73,5	73,8
ZAPATAS ORIGINALES 90KM/H						
Sin carga	5,1	11	70	70,3	72	72,4
Media carga	5,7	11.7	72,2	72,4	73,2	73,6
Carga total	6,8	13	73,4	73,6	75,7	75,8

Fuente: Autores

4.3.2 Prueba de campo, material de fricción regional

Los resultados en la tabla 11 muestran un incremento de temperatura conforme se eleva las revoluciones del vehículo al aumentar la carga, el material tiene un buen agarre en la carretera, pero tarda en detenerse por completo.

Tabla 11. Resultado prueba de campo empaque regional

EMPAQUE REGIONAL 50KM/H						
	Tiempo Seg	Distancia Mts	Temp inicial °C		Temp final °C	
			Izq.	Der	Izq.	Der
Sin carga	5,3	8,4	70	70,52	72	72,3
Media carga	6,1	9,7	72	72,3	73	73,1
Carga total	7.1	10,3	73	73,1	75	75,8
EMPAQUE REGIONAL 90KM/H						
Sin carga	6,4	12	76	76.3	77	77,4
Media carga	9,2	14.7	77	77,4	78,2	78,6
Carga total	10,4	16	78,2	78,6	79	79,3

Fuente: Autores

4.3.3 Prueba de campo, material de fricción local

La prueba permitió definir rangos de temperatura y tiempos, en la tabla 12 detalla una elevada temperatura con un aporte mayor al freno si el vehículo esta sin carga, a mediana y alta carga el vehículo no tarda en detenerse por completo, pero logra una mejor adherencia a la carretera en bajas revoluciones.

Tabla 12. Resultado prueba de campo empaque local

EMPAQUE LOCAL 50KM/H						
	Tiempo Seg	Distancia Mts	Temp inicial °C		Temp final °C	
			Izq.	Der	Izq.	Der
Sin carga	5.2	7.2	63,1	63,41	67,2	67,42
Media carga	6.3	7,8	67,28	67,42	68,2	68,47
Carga total	6,6	8.1	68,2	68,47	70,45	70,8
EMPAQUE LOCAL 90KM/H						
Sin carga	6,4	12	71	71,3	72,5	72,8
Media carga	7,1	13,4	72.5	72.8	73,6	73,8
Carga total	8,8	16	73,6	73,8	75.2	75,8

Fuente: Autores

4.4 COMPARATIVA DE RESULTADOS

El desarrollo de las pruebas de los diferentes empaques indican como referencia un rango nominal del empaque original y en base a ese resultado en la figura 5 se muestra un margen alto sobre el empaque regional en eficiencia de freno, tiempo de parada y distancia recorrida, la nomenclatura en la tabla S, sin carga M media carga y T carga total es un punto importante en la comparativa de resultados debido que en función de las cargas podemos establecer que el material local es similar en las pruebas generadas sobre la original.

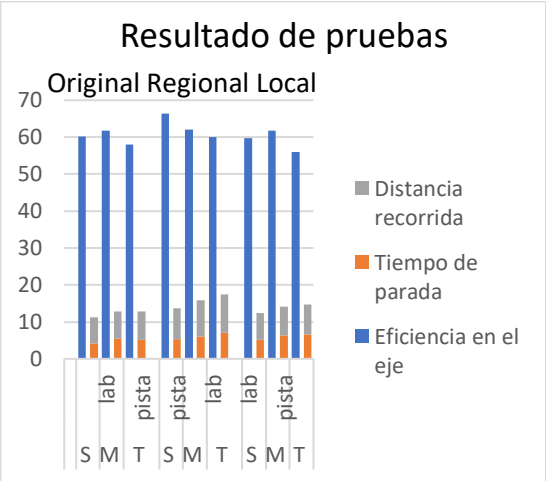


Figura 5. Prueba de laboratorio vs prueba de campo

Fuente: Autores

5. CONCLUSIONES

A partir de los ensayos realizados con carga y materiales de empaque diferentes se tiene resultados favorables hacia los materiales alternos que existen en el mercado automotriz, los valores de temperatura y distancia de frenado con el material regional logran valores similares con el empaque original, por otro lado los valores de los empaques locales mantienen un perfil constante en las pruebas sin elevar demasiado la temperatura y mejorando la distancia de freno generando un margen de freno casi equitativo con el material original.

Los resultados de los ensayos sobre el material regional determinan un porcentaje mayor de eficiencia en el eje posterior sin carga llegando a obtener hasta 66.4% con una temperatura 66,88°C, la temperatura en pista con el material

regional es directamente proporcional a la distancia recorrida aplicando el freno, el material local reacciona mejor con media carga obteniendo una eficiencia en el eje posterior de 61,8% mejorando tiempo de freno con 6.1 segundos y distancia de 13.4mts a 90km/h, el margen estándar con las zapatas originales mejora en pista la distancia de frenado a 90km/h sin carga y sin elevar demasiado la temperatura llegando a 72.4°C a diferencia del empaque regional llegando a 77.4°C, el material con mejor agarre de frenado bajo las diferentes pruebas es el material regional.

Los materiales mantienen un coeficiente de fricción similar al original en pista y en las pruebas de laboratorio debido a su composición y nomenclatura de rozamiento, las zapatas originales al tener un coeficiente FF determina buenas condiciones de freno sin elevar demasiado su temperatura por otro lado el material local GF y regional FE permiten elevar más su temperatura en uso y mejorar el agarre de frenado, el ajuste generado con un haz de luz de agarre entre zapata y tambor de 2mm, permite un mejor porcentaje de eficiencia de freno en pruebas de laboratorio y pista creando una fuerza en el laboratorio para el material regional con 3518,6KN posterior izquierdo y 3179,2 KN posterior derecho, las cargas en todos los materiales conforme aumenta el peso mayor es el agarre y crea mayor temperatura, por otro lado descienden los niveles de eficiencia de frenado y demora el tiempo de parada del vehículo total, Los materiales en prueba demuestran una alternativa factible y admisible para un cambio con respecto al material original, generando seguridad en los materiales de fricción que se ofertan a nivel local.

6. REFERENCIAS

[1 A. Carter, «Mercado De Materiales De Fricción Seca Automotriz,» *Mercado De Materiales De Fricción Seca Automotriz – Datos Históricos, Tendencias Actuales Y Perspectivas Futuras.,* 21 01 21.

[2 Servicio Ecuatoriano de normalizacion, «MATERIAL DE FRICCIÓN PARA EL SISTEMA DE FRENOS DE AUTOMOTORES. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO,» Quito., 2017.

[3 Agencia metropolitana de transito, «Revision tecnica vehicular,» Quito, 2013.

[4 M. G. P. O. A. Jaime Antamba Guasgua, «Revista publicando,» 01 07 2018. [En línea]. Available: https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/2019. [Último acceso: 13 04 2021].

[5 E. Dillon Guevara, «Manual de procedimientos para la importación de frenos y servofrenos automotrices a Ecuador desde la Unión Europea,» 2019. [En línea]. Available: http://hdl.handle.net/10251/128381. [Último acceso: 2021].

[6 H. K. K. K. S. J. B. R. H. &. F. J. W. Jang, «The effect of metal fibers on the friction performance of automotive,» 2004. [En línea]. Available: https://www.journals.elsevier.com/wear. [Último acceso: 2021].

[7 A. H. P. y. N. Day, «Un enfoque de elementos finitos para el análisis de frenos de tambor,» 1979. [En línea]. Available: https://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1979_193_043_02. [Último acceso: 2021].

[8 T. Day, «Truck Brake Failure: Differences between Failure Modes for Drum and Disc Brake.,» 01 2018. [En línea]. Available: https://doi.org/10.4271/2018-01-0528 .. [Último acceso: 2021].

[9 T. J. N. S. C. B. K. J. B. B. C. B.-M. D. P. B. M. C. Z. Mackin, «Thermal cracking in disc

brakes.,» *Engineering Failure Analysis,* vol. 9, p. 122, 2002.

[10] J. M. A. PEREZ, Sistemas de transmisión y frenado., España: Paraninfo, 2014.

[11] A. M. Parera, Frenos ABS., Barcelona: Marcombo, 1993.

[12] R. Digest, El libro del automovil., madrid: Drive Publications limited, 1971.

[13] C. a. SanJuan, Los frenos en el automovil, España: Ceac, 1996.

[14] J. F. Esteban Jose Dominguez, Sistemas de transmision y frenado, Madrid: Editex, 2012.

[15] Robert Bosch, Sistemas de freno convencionales y electronicos., Postfach: bosch, 2003.

[16] R. G. B. y. J. k. Nisbett, Diseño en ingenieria mecanica., Mexico: Mcgrawhill, 2008.

[17] Diario Oficial de la Unión Europea, «Reglamento no 13-H,» Europa de las Naciones Unidas (CEPE), 2015.

[18] L. Hernandez, «Autocosmos.,» 30 11 2017. [En línea]. Available: noticias.autocosmos.com.mx. [Último acceso: 26 04 2021].

[19] A. J. &. G. G. M. P. Pule Velásquez, «Módulo didáctico acerca de los sistemas de seguridad pasiva y confort de la camioneta Volkswagen Amarok,» 2013. [En línea]. Available: http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3350.

[20] J. A. (. M. D. D. S. D. F. Fraga Portilla, «frenos Abs Y Asistencia Asr De La Camioneta Volkswagen Amarok A Diesel,» 2014. [En línea]. Available: http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2775. [Último acceso: 2021].

[21] La Cronica del quindio., «LC,» 2010. [En línea]. Available: https://www.cronicadelquindio.com/noticias/automotriz/volkswagen-amarok-especial-para-el-trabajo-pesado. [Último acceso: 2021].

[22] H. Appold, Tecnologia de los metales, España: Reverte, 2005.

[23] Frasle, «fras-le,» Servifrenos., [En línea]. Available: https://www.fras-le.com/ar-uy/institucional. [Último acceso: 21 04 2021].

[24] EGAR S.A, «AB Frenos Automotrices,» [En línea]. Available: https://www.frenos-ab.com/. [Último acceso: 27 04 2021].

[25] K. A. C. S. N. C. T. y. H. S. Chaemthet, «Investigación de la incertidumbre por fluencia y recuperación de fluencia del resultado de calibración de fuerza de acuerdo con ISO 376,» *International Journal of Modern Physics,* vol. 24, 2013.

[26] VTEQ, «VTEQ,» 2021. [En línea]. Available: https://vteq.es/es/productos/turismos/58-vteq-3000-linea-de-inspeccion-tecnica-de-vehiculos-ligeros-4tm. [Último acceso: 27 04 2021].

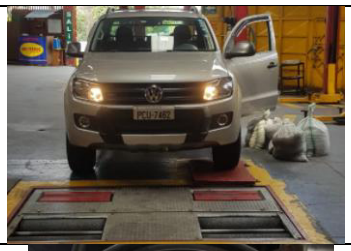
[27] Centro local de metrologia., «Lineamientos para la Calibración de Dinamómetros.,» El marques, queretaro, 2015.

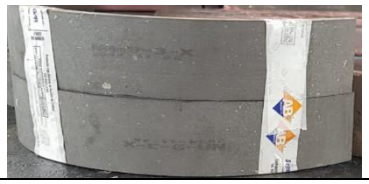
[28] M. Jóvaj, Motores de automóvil, Moscú: Editorial MIR, 1973.

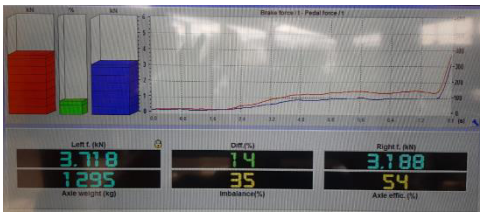
[29] J. y. Bartlett, Brakes fundamental and automotive technology, world headquarters, 2014.

[30] Link Engineering company, «physical properties test report,» Dearborn tecnical center, Dearborn, 2020.

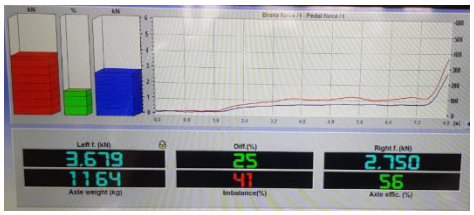
7. ANEXOS

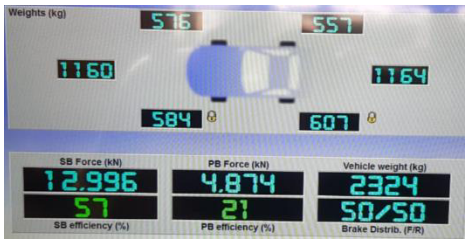


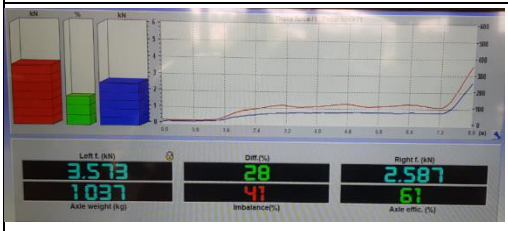



Left f. (kN)
Diff.(%)
Right f. (kN)
3.718
14
3.188
1295
35
54
Axle weight (kg)
Imbalance(%)
Axle effic. (%)

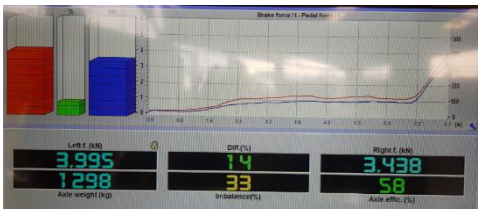
576
636
1160
1295
584
659
SB Force (kN)
PB Force (kN)
Vehicle weight (kg)
13.474
4.874
2455
56
20
48/52
SB efficiency (%)
PB efficiency (%)
Brake Distrib. (F/R)


Left f. (kN)
3.679
1164
Axle weight (kg)
Diff.(%)
25
41
Imbalance(%)
Right f. (kN)
2.750
56
Axle effic. (%)

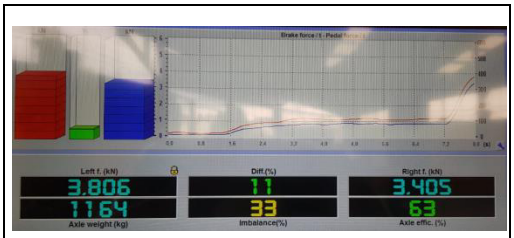

Weights (kg)
576
557
1160
1164
584
607
SB Force (kN)
12.996
57
SB efficiency (%)
PB Force (kN)
4.874
21
PB efficiency (%)
Vehicle weight (kg)
2324
50/50
Brake Distrib. (F/R)


Left f. (kN)
3.573
1037
Axle weight (kg)
Diff.(%)
28
41
Imbalance(%)
Right f. (kN)
2.587
61
Axle effic. (%)

Weights (kg)
576
492
1160
1037
584
545
SB Force (kN)
12.728
59
SB efficiency (%)
PB Force (kN)
4.874
23
PB efficiency (%)
Vehicle weight (kg)
2197
51/49
Brake Distrib. (F/R)

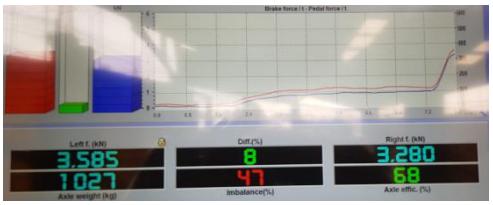

Left f. (kN)
3.995
1298
Axle weight (kg)
Diff.(%)
14
33
Imbalance(%)
Right f. (kN)
3.438
58
Axle effic. (%)

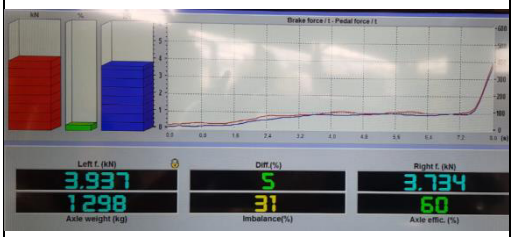
Weights (kg)
576
634
1160
1298
584
664
SB Force (kN)
14.001
58
SB efficiency (%)
PB Force (kN)
4.874
20
PB efficiency (%)
Vehicle weight (kg)
2458
46/54
Brake Distrib. (F/R)

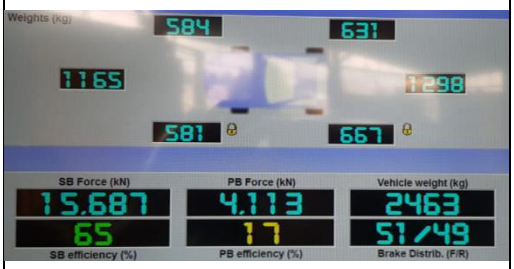

Left f. (kN)
3.806
1164
Axle weight (kg)
Diff.(%)
11
33
Imbalance(%)
Right f. (kN)
3.405
63
Axle effic. (%)

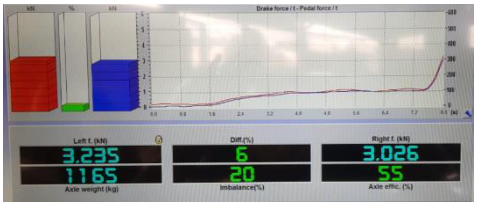
576
565
1160
1164
584
599
SB Force (kN)
13.788
60
SB efficiency (%)
PB Force (kN)
4.874
21
PB efficiency (%)
Vehicle weight (kg)
2324
47/53
Brake Distrib. (F/R)

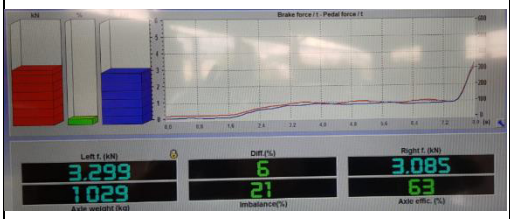
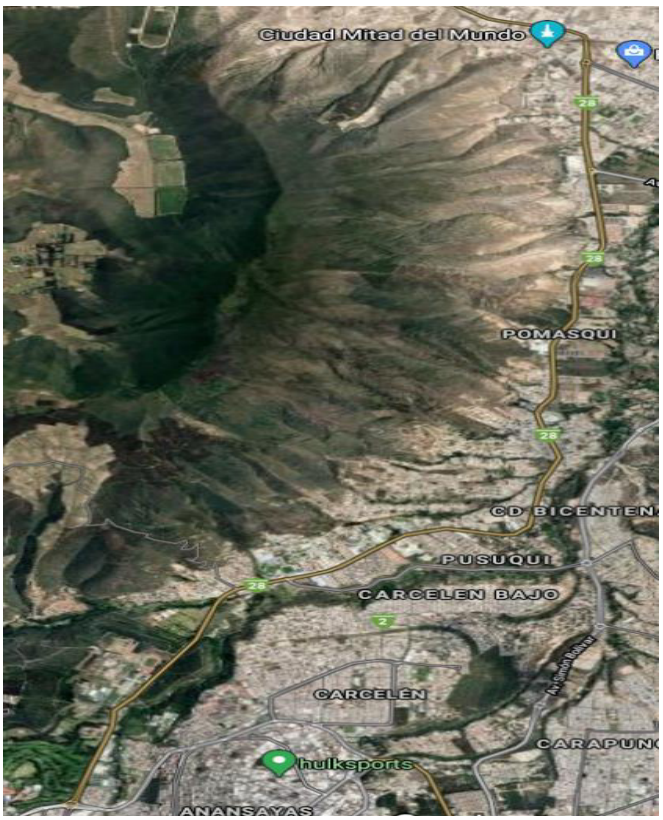
Weights (kg)
489
492
1026
1027
537
535
SB Force (kN)
13.433
67
SB efficiency (%)
PB Force (kN)
4.874
24
PB efficiency (%)
Vehicle weight (kg)
2053
48/52
Brake Distrib. (F/R)


Left f. (kN)
3.585
1027
Axle weight (kg)
Diff.(%)
8
47
Imbalance(%)
Right f. (kN)
3.280
68
Axle effic. (%)


Left f. (kN)
3.937
1298
Axle weight (kg)
Diff.(%)
5
31
Imbalance(%)
Right f. (kN)
3.734
60
Axle effic. (%)


Weights (kg)
584
631
1165
1298
581
667
SB Force (kN)
15.687
65
SB efficiency (%)
PB Force (kN)
4.113
17
PB efficiency (%)
Vehicle weight (kg)
2463
51/49
Brake Distrib. (F/R)





Parámetros	Cumple	Especificaciones
El dinamómetro deberá poder generar la inercia exigida	Si cumple con los parametros	El frenometro Vtech cuenta con una velocidad de prueba de 5.4km/h
Los frenos montados deberán ser idénticos a los del tipo de vehículo inicial.	Si cumple con los parametros	Los frenos tienen la mismas características, pero el porcentaje de materiales es diferente al original
Registro continuo de la velocidad de giro del disco o del tambor, tiempo de frenado.	Si cumple con los parametros	El registro se mide durante la prueba demostrando en tiempo real el momento de frenado
Registro continuo de la temperatura medida en el centro de la trayectoria recorrida por los forros de freno o en el centro de espesor del disco, del tambor o del forro.	Si cumple con los parametros	Durante la prueba se mide la tempraratura directo en el tambor.
Registro continuo de la presión o de la fuerza medidas en el conducto de mando de los frenos.	Si cumple con los parametros	Durante la prueba se mide el fuerza en tiempo real.