



**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE FRENADO CON BASE A LA CAPACIDAD DE CARGA EN UN VEHÍCULO CATEGORIA M1**

**Antamba Guasgua Jaime<sup>1</sup>, Granja Paredes Miguel<sup>2</sup>, Orozco Alarcón Santiago<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidad internacional del Ecuador, Facultad de Mecánica Automotriz,  
[jaantambagu@uide.edu.ec](mailto:jaantambagu@uide.edu.ec)

<sup>2</sup>Universidad internacional del Ecuador, Facultad de Mecánica Automotriz,  
[mgranja@uide.ed.uec](mailto:mgranja@uide.ed.uec)

<sup>3</sup>Universidad internacional del Ecuador, Facultad de Mecánica Automotriz,  
[saorozcoal@uide.edu.ec](mailto:saorozcoal@uide.edu.ec)

**RESUMEN**

El sistema de frenos, es un componente esencial de la seguridad activa del vehículo, su condición operativa puede alterarse durante su vida útil, provocándose fallos, capaz de generar accidentes de tránsito, siendo una causa de muerte, aportando a los índices de mortalidad a nivel nacional. Este estudio analizara los parámetros de frenado del vehículo M1 elegido, vinculado la eficiencia de frenado, en función del nivel de carga, para visualizar la variación de la fuerza de frenado y la distribución de peso del vehículo y su efecto en el sistema de frenos. Las pruebas se desarrollaron en el frenómetro Beissbarth BD 640, acorde a los requerimientos del reglamento ECE 13-H en condiciones de vacío, media carga y máxima carga. La eficiencia de frenado se reduce en 24%, con la variación de carga., tanto la condición de adherencia del eje delantero se reduce con el aumento de carga. La distribución de pesos en los ejes del vehículo influye en el centro de gravedad y la reducción de la desaceleración en un 12,9%. El aumento de carga modifica la aplicación de las fuerzas de frenado en cada rueda del vehículo.

**Palabras claves:** frenómetro; ECE 13-H; NTE INEN 2349; sistemas de freno.



**ANALYSIS OF BRAKING EFFICIENCY THE LOAD CAPACITY IN  
VEHICLE CATEGORY M1**

**ABSTRACT**

This work is intended brake system, is an essential component of active vehicle safety, its operative condition can be altered during its useful life, causing failures, generating traffic accidents, for cause of death, providing death rates nationwide. To objective is analyze the braking parameters of M1 vehicle, linked braking efficiency, depending on the load level, to visualize the variation of the braking force and the weight distribution and its effect on the braking system. The tests were developed on Beissbarth BD 640 brake tester machine, according to requirements ECE 13-H regulation in vacuum, half load and maximum load conditions. These results revealed braking efficiency is reduced by 24%, with the load variation, both the grip condition from front axle is reduced with the load increase. The weight distribution influences in center of gravity and reduction of deceleration by 12.9%. Finally, the increased load modifies the application of braking forces at each wheel of the vehicle.

**Keywords:** brake tester machine, ECE 13-H, NTE INEN 2349, brake system



## **1. INTRODUCCIÓN**

Según información registrada por la Agencia Nacional de Tránsito (Ecuador), en el año 2018, se produjeron accidentes de tránsito, en el cual una posible causa fue el no cumplir con las normas de seguridad al transportar diferentes tipos de carga. En el caso nacional, muchos vehículos, son empleados inapropiadamente, en algunas provincias de Ecuador se los usa para llevar insumos de un lugar a otro, este tipo de actividad se lleva a cabo sin conciencia ya que en ciertas ocasiones los conductores o propietarios, los sobrecargan sin tener en cuenta o conocimiento de que esto puede ocasionar problemas en el sistema de frenos y como consecuencia este tipo de negligencia puede ocasionar accidentes.

Según la Agencia Nacional de Tránsito. los accidentes producidos por exceso de carga no son considerables y con un porcentaje inferior al 5%, es importante, realizar un estudio para tener conocimiento del origen de dichos accidentes, por ello, se investiga la eficiencia del sistema de frenos al someter el vehículo a diferentes tipos de carga. “Uno de los dispositivos de seguridad más importantes de un vehículo es el sistema de frenos. Sin embargo, el conductor sólo percibe por su efecto, lo que sucede detrás del pedal de freno.” (BOSCH, 2005)

Al realizar una investigación del problema o accidentes ocasionados por vehículos de carga pesada y/o pasajeros se hallaron dos factores los cuales son la velocidad y la carga a la cual transitaban estos vehículos, la investigación, determino que el sistema de frenos en ocasiones se sobrecalentaba o simplemente no actuaban de la mejor forma ya que el vehículo sobrepasaba su eficiencia de carga, otro causante es el factor humano, según las estadísticas de accidentes de tránsito el 15,6 % de los siniestros son provocados por negligencia del conductor, en ocasiones, este conductor aplica de manera excesiva el freno produciendo calentamiento o desgaste excesivo del mismo. El sistema de frenos permite la detención total o parcial del vehículo, asegurando la integridad del vehículo y sus ocupantes. Generalmente el 70% de la energía cinética producida por el movimiento es absorbida por los frenos de discos del eje delantero del



vehículo y el restante por los frenos traseros que suele ser tambor en el eje posterior, para la mayoría de vehículos M1, es decir, “estos sistemas se fundamentan en la fricción para detener el movimiento del vehículo, siendo un factor muy importante en la eficiencia de frenado” (Luque, 2003).

El objetivo de este estudio es analizar los parámetros de frenado del vehículo M1, vinculado la eficiencia de frenado, en función del nivel de carga, para visualizar la variación de la fuerza de frenado y la distribución de peso del vehículo y sus efectos en la eficacia de frenado en el eje delantero y posterior de vehículo de prueba.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Vehículo de pruebas**

Para el estudio se empleó el vehículo categoría M1, marca Chevrolet, modelo Grand Vitara 5 puertas (Figura 1), transmisión manual 4x2, con una cilindrada de 2000 centímetros cúbicos, año 2007, cuya capacidad de carga, según la ficha técnica es de 650kg, se fabricó en el país desde el año 1999 al 2015 y fue uno de los más vendidos en esta categoría, con estructura de bastidor.



**Figura 1.** Vehículo de prueba: Chevrolet Grand Vitara

El vehículo debe someterse a un proceso de mantenimiento integral respecto al sistema de frenos y suspensión, acorde a los requerimientos del fabricante, para la confiabilidad de los resultados obtenidos. En el caso de los discos de frenos y tambores se reemplazó



por componentes nuevos originales. Las pastillas de freno son originales marca Suzuki, según el requerimiento del fabricante. Dado su fabricación, el material de la pastilla asegura un coeficiente de rozamiento constante (coeficiente de fricción normal 0,43 y a altas temperaturas 0,46), incluso en condiciones severas de frenado.

La línea base del vehículo, asegura condiciones de operativas óptimas de los sistemas de suspensión y frenos del vehículo de prueba.

## **2.2. Equipo de medición**

Para la medición de las fuerzas de frenado, se utilizó un frenómetro marca Beissbarth, serie BD 640 con modo superautomático, capaz de probar los frenos de vehículos M1 y N1 de hasta 3,5 toneladas, con ancho de rueda entre 800 y 2200 mm, el sistema trabaja con un ancho de vía de 2200 mm, a una velocidad de 2,7 km/h, los rodillos están realizados de cuarzo de larga duración, con un coeficiente de rozamiento mínimo de 0.8, este equipo trabaja acorde a los requerimientos de la norma NTE INEN 2349.

## **2.3. Norma de referencia**

El presente estudio se basó en los requerimientos de la normativa ECE 13H, prescripciones relativas a la homologación de los vehículos livianos de pasajeros con respecto al frenado, ya que, regula los ensayos de frenado de vehículos de categoría M1 y N1, a excepción de los vehículos diseñados para personas con discapacidad o a aquellos que no superan los 25km/h con lo que respecta para velocidad, esta normativa tiene un enfoque en la eficiencia de frenado.

Según la normativa ECE 13H, para las pruebas de ensayo es necesario tomar en cuenta la temperatura de la parte interna de las pastillas, “la temperatura debe estar entre 80 y 85 °C” (ECE, 2015).

## **2.4 Carga**



Para el proceso de medición se utilizan tres cargas diferentes de tipo estático. La primera condición consistió en realizar la prueba sin carga, la segunda condición se aplicó media carga al vehículo 325 kg y la tercera condición con la carga máxima total de 650 kg que es lo máximo en carga bruta que el vehículo soporta. Las cargas estáticas no provocan ningún efecto dinámico o inercial debido al movimiento, como también, no varían la magnitud durante el periodo de pruebas, tal, es el caso de las cargas dinámicas que generan movimiento o efecto de inercia, incluso alcanzado diversas formas, por ello, se factibilizó el uso de piedra, con una distribución apropiada, para simular la carga. En la tabla 1, se muestra el efecto de la carga en la distribución de peso en los ejes del vehículo de prueba.

**Tabla 1. Carga y distribución de peso**

<b>Condición</b>	<b>Peso vacío</b>	<b>Media Carga</b>	<b>Carga Máx.</b>
<b>Carga</b>	1300 kg	1625 kg	1950 kg
<b>Distribución</b>	50-50	45-55	40-60

La medición de las fuerzas de frenado, se efectuó, siguiendo los lineamientos de la revisión técnica vehicular, bajo la norma NTE INEN 2349 y el análisis de datos bajo el anexo 2 del reglamento ECE 13-H. Bajo cada condición, se efectuó tres mediciones de fuerza de frenado y tiempo.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Medición de fuerza de frenado.**

La medición del frenado de cada eje del vehículo se muestra en la tabla 2, diferenciándose los resultados por eje y rueda, como es el caso de rueda derecha (LH) y rueda izquierda (LH).



**Tabla 2.** Fuerzas de frenado por eje y rueda

Eje	Delantero		Posterior	
Rueda	LH	RH	LH	RH
	Fuerza [kN]	Fuerza [kN]	Fuerza [kN]	Fuerza [kN]
Carga vacío	1,533	1,366	2,10	1,833
Carga media	1,366	1,266	1,866	1,366
Carga máxima	1,366	1,266	1,70	1,40

La fuerza de frenado aplicado va en disminución tanto en el eje delantero y posterior, a medida que se aumenta la carga en el vehículo. Al variar las cargas en el eje delantero existe una diferencia de fuerza de frenado del 9,2%, en relación al 21% de diferencia en el eje posterior, al variar la carga de vacío a máxima carga.

### **3.2 Tiempo de frenado**

En la figura 2, se muestra la variación del tiempo de frenado en función de la carga aplicada, a mayor carga, se tiene una distribución de peso más equitativa.

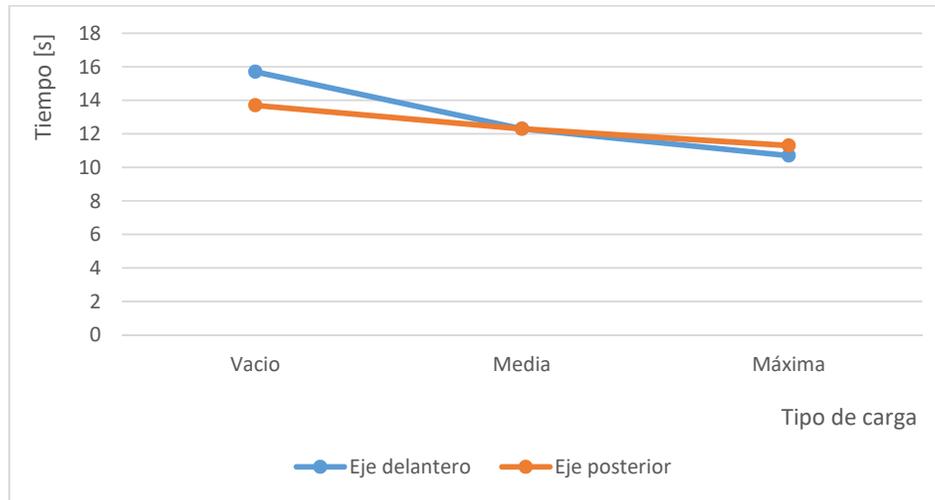


Figura 2. Variación de tiempo de frenado por eje.

Al relacionar el tiempo y fuerza de frenado, se puede apreciar que a medida que el conductor mantiene presionado el pedal de freno transcurre el tiempo de frenado y la fuerza de frenado que se aplica al sistema va a disminuir en relación con la carga aplicada, es decir que el vehículo con una distribución de peso más equitativa, requiere mayor tiempo de frenado. En el caso del eje delantero existe una diferencia de tiempo del 32% entre el frenado en vacío con carga máxima. En el eje posterior, la diferencia de tiempo es de 18%.

### 3.3 Eficiencia de frenado

Las condiciones de trabajo del sistema de frenos, se estableció con un frenometro de rodillos, con un coeficiente de rozamiento de 0,8. En la tabla 3, se muestran los resultados de los parámetros de frenado, donde  $z$ , representa la fracción de desaceleración del vehículo en relación a la aceleración de la gravedad.  $F_d/F_t$ , es la relación de la fuerza de frenado del eje delantero sobre la fuerza de frenado posterior.  $P_d/P_t$ , es la relación pesos de los ejes del vehículo.

Tabla 3. Parámetros de frenado del vehículo de prueba



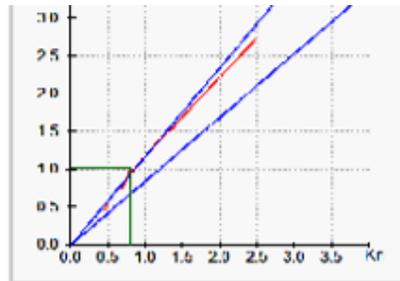
Condición	Eficiencia [%]	Kd	Kt	$F_d/F_t$	$P_d/P_t$	z
Vacío	54,1	0,42	0,58	0,72	1	0,31
Media carga	36,8	0,45	0,55	0,81	0,81	0,27
Máxima carga	29,9	0,46	0,54	0,85	0,66	0,29

Las condiciones de desaceleración del vehículo al variar la carga, se reducen al aumentar la carga, con media carga disminuye el 12,9% y con carga máxima se reduce en 6,5%.

#### **4. DISCUSIÓN**

Tanto en el eje trasero como en el eje delantero, la fuerza de frenado respecto a los valores arrojados por el frenómetro va a ser mayor, cuando el vehículo se encuentra sin carga, y dicha fuerza va a disminuir al someter al vehículo a capacidad media de carga y carga máxima que este soporta, esto se produce porque el sistema de frenos está realizando mayor esfuerzo en sus componentes debido que al aumentar la carga sobre el vehículo los componentes encargados de frenar al vehículo, pastilla-disco y zapata-tambor no van a tener la misma fuerza de fricción provocando que la fuerza de frenado disminuya.

Según, Bosch (2005), el material de la pastilla de freno, es importante para el coeficiente de rozamiento apropiado, este influye en el tiempo y distancia de frenado. Según Nieto & Bolivar (2016), “ en cuanto a la percepción del conductor acerca del cambio de pastillas no se produjo en ninguna de ellas un cambio o tuvo tendencia negativa al sistema de frenos”, con referencia al origen de la fabricación de la pastilla. En la figura 3, se muestra el comportamiento del sistema de frenos del vehículo de prueba en condiciones de vacío.



**Figura 3.** Comportamiento del sistema de frenado por ejes.

El aumento de carga, reduce la eficiencia de frenado, como la desaceleración del vehículo al momento de aplicar los frenos en el vehículo, este efecto se da por el cambio de la distribución de pesos en los ejes y la variación de la posición del centro de gravedad, como se observa en la figura 3, el comportamiento del sistema de frenos en su circuito hidráulico es lineal, pero con diferente reacción para cada eje, por ello, la variación de la pendiente de la recta del eje delantero respecto al eje posterior.

Según Luque (2003), el reparto de frenado en los ejes del vehículo, solo el eje delantero cumple con la curva de equiaderencia del vehículo, mientras el eje posterior, muestra un grado de adherencia inferior, bajo condiciones de vacío. Al aumentar la carga del vehículo las condiciones de adherencia del vehículo disminuyen para ambos ejes.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El aumento de carga índice negativamente en la reducción de la eficiencia de frenado, llegándose a una disminución del 24%, con respecto a la carga en vacío, dado por la modificación de distribución de pesos en los ejes y el centro de gravedad.

Si el vehículo presenta mayor peso estático en el eje delantero, predominan la carga vertical siendo esta mayor, el reparto apropiado de los pesos estáticos disminuirá el reparto de las fuerzas de frenado en los ejes del vehículo.



La desaceleración del vehículo se modifica con el reparto de los pesos estáticos y el centro de gravedad del vehículo, mientras más alto el centro de gravedad menor es la desaceleración del vehículo.

Para ampliar el estudio, es necesario efectuar pruebas en vehículos M1, tipo sedán, y establecer comparativas de la eficiencia de frenado y los parámetros de frenado obtenidos.

## **6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Alonso, J. (2014). *Sistemas de transmisión y frenado*. Madrid: Paraninfo.

ANT. (2018). *Estadísticas de siniestros y víctimas de tránsito entre los meses de mayo 2017 y 2018*. Recuperado el 18 de 12 de 2018, de Agencia Nacional de Tránsito: [www.ant.gob.ec](http://www.ant.gob.ec)

BOSCH. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Alemania: Bosch.

ECE. (2015). *Reglamento 13-H*. Recuperado el 03 de 06 de 2017, de : <http://www.boe.es/doue/2015/335/L00001-00084.pdf>

Joanne L. Harbluk, Y. I. (2017 Volume 39, Issue 2). An on-road assessment of cognitive distraction: Impacts on drivers' visual behavior and braking performance. *Accident Analysis & Prevention*, 372-379.

Luque, P. (2003). *Investigación de accidentes de tráfico. Estudio del automóvil*. Oviedo: Universidad de Oviedo.

Mortimer, R. G., Segel, L., & Dugoff, H. (1970). *Brake Force Requirement Study: Driver-Vehicle Braking Performance as a Function of Brake System Design Variables*. Recuperado el 14 de 06 de 2017, de The Transportation Research Board: <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/1354/13894.0001.001.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

**Análisis de la eficiencia de frenado con base a la capacidad de carga en un vehículo categoría m1.**



*Revista Publicando*, 5 (16), Fascículo 2. 2018, 435-446. ISSN 1390-9304

Nieto, T., & Bolívar, L. (2016). *Estudio de la eficiencia de frenado para valorar pastillas de freno de producción nacional mediante norma ECE 13H*. Quito: Tesis de pregrado UIDE.