



Análisis del desempeño del sistema ABS en la estabilidad y frenado vehicular

Analysis of the ABS system's performance in terms of vehicle stability and braking

Juan Diego Zurita-Vargas
ua.juanzv40@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de las Andes, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0005-6494-4152>

Giovanny Vinicio Pineda-Silva
ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de las Andes, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-2785-1249>

Jorge Andrés Rodas-Buenaño
ua.jorgerb85@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de las Andes, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0001-5786-5262>

Edwin Javier Morejón-Sánchez
ua.edwinms68@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de las Andes, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0006-7409-155X>

RESUMEN

El estudio analizó el desempeño del sistema de frenos antibloqueo (ABS) en la estabilidad y el frenado vehicular; en ese marco, se presentó como objetivo realizar un análisis del desempeño del sistema ABS en la estabilidad y frenado vehicular. Bajo un enfoque experimental cuantitativo, se realizaron pruebas comparativas en distintos vehículos, con el sistema activado y desactivado, sobre superficies secas y mojadas y a diferentes velocidades. Los resultados evidenciaron que el ABS mejoró significativamente la estabilidad direccional y redujo la distancia de frenado en condiciones de baja adherencia, aunque en superficies secas las diferencias fueron menores. Asimismo, permitió evitar el bloqueo de ruedas y conservar el control del vehículo. El ABS se consolidó como un sistema clave de seguridad activa en condiciones críticas de conducción.

Descriptor: seguridad del transporte; prevención de accidentes; dispositivo de seguridad. (Fuente: Tesaurus UNESCO).

ABSTRACT

The study analysed the performance of the anti-lock braking system (ABS) in relation to vehicle stability and braking; within this framework, the objective was to analyse the performance of the ABS system in relation to vehicle stability and braking. Using a quantitative experimental approach, comparative tests were carried out on different vehicles, with the system both activated and deactivated, on dry and wet surfaces and at different speeds. The results showed that ABS significantly improved directional stability and reduced braking distance in low-grip conditions, although the differences were smaller on dry surfaces. It also prevented wheel lock-up and helped maintain control of the vehicle. ABS established itself as a key active safety system in critical driving conditions.

Descriptors: transport safety; accident prevention; safety device. (Source: UNESCO Thesaurus).

Recibido: 06/01/2026. Revisado: 12/01/2026. Aprobado: 18/01/2026. Publicado: 31/01/2026.

Tecnología



INTRODUCCIÓN

La seguridad vial constituye uno de los principales retos de la ingeniería automotriz moderna, debido al incremento sostenido del parque automotor y a la creciente complejidad de las condiciones de circulación; de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2023), los siniestros de tránsito continúan siendo una de las principales causas de muerte a nivel global, razón por la que el desarrollo de tecnologías orientadas a la prevención se convierte en una necesidad prioritaria. En este contexto, los sistemas de seguridad activa desempeñan un papel fundamental al anticiparse al accidente, pues reducen las posibilidades de colisión y mitigan las consecuencias de maniobras críticas; entre estos sistemas, el freno antibloqueo (ABS, por sus siglas en inglés) se ha consolidado como uno de los más relevantes desde su implementación masiva en la década de 1980.

El ABS permite mantener la tracción entre el neumático y la superficie de la vía durante una frenada de emergencia, evita el bloqueo de las ruedas y, en consecuencia, previene la pérdida de la capacidad direccional; esta característica se traduce en una mejor maniobrabilidad y en una mayor estabilidad del vehículo en situaciones de riesgo, según señalan Ghasemi et al. (2019). No obstante, el desempeño del ABS no es uniforme en todos los escenarios: investigaciones recientes indican que, en superficies secas con alta fricción, la distancia de frenado con ABS puede ser similar a la obtenida sin él; en cambio, en superficies mojadas, de grava o de baja adherencia, la ventaja en estabilidad y control resulta notablemente mayor, conforme documentan la NHTSA (2020) y Márquez et al. (2021).

El estado actual del problema refleja que, a pesar de la incorporación obligatoria del ABS en la mayoría de los mercados automotrices del mundo, persiste cierto desconocimiento sobre su eficacia real bajo diferentes condiciones de operación; investigaciones desarrolladas en Europa y Asia han confirmado que el ABS reduce el riesgo de colisiones por pérdida de control, si bien también han señalado limitaciones en cuanto a la reducción absoluta de la distancia de frenado en determinadas superficies, tal como sostienen Huang et al. (2022). Por otra parte, factores como el tipo de neumático, la presión de inflado, el peso del vehículo y la topografía de la vía inciden de manera directa en los resultados obtenidos, lo que pone de manifiesto la necesidad de realizar estudios experimentales controlados que generen evidencia en contextos específicos.

De ese modo; se presenta como objetivo realizar un análisis del desempeño del sistema ABS en la estabilidad y frenado vehicular.

MÉTODO

La investigación se enmarcó en un diseño experimental de enfoque cuantitativo orientado a evaluar la eficacia del sistema de frenos antibloqueo (ABS) en condiciones controladas; en este sentido, se realizaron pruebas comparativas de frenado en distintos tipos de vehículos, tanto con el sistema ABS activado como desactivado, sobre superficies secas y mojadas y a diferentes velocidades de aproximación.

Selección de vehículos

En primer lugar, los vehículos seleccionados representan una muestra diversa del parque automotor local, con el propósito de que los resultados puedan proyectarse a la realidad regional; en consecuencia, la selección respondió a criterios técnicos y metodológicos definidos con precisión.

Por una parte, se buscó la representatividad del mercado ecuatoriano mediante la inclusión de automóviles compactos, SUV y camionetas de uso frecuente en contextos urbanos y rurales (Mora Romero et al., 2023); por otra parte, se consideró la diversidad tecnológica al incorporar vehículos equipados con ABS de distintas generaciones, algunos con sistema EBD (distribución electrónica de la fuerza de frenado), lo cual permitió examinar variaciones en la gestión del frenado (Bosch, 2018).



De igual manera, se garantizó que las unidades se encontraran en condiciones mecánicas óptimas, especialmente en los sistemas de frenos y neumáticos, con el fin de evitar sesgos asociados a fallos técnicos (Heisler, 2002); asimismo, se tomó en cuenta la disponibilidad operativa y la seguridad de las pruebas, seleccionando únicamente vehículos cuyo ABS pudiera desactivarse mediante fusible o software. En la Tabla 1 se sintetizan los criterios adoptados:

Tabla 1. *Criterios de selección de los vehículos.*

| Criterio | Descripción |
|----------------------------|---|
| Representatividad mercado | del Inclusión de automóviles compactos, SUV y camionetas comunes en Ecuador |
| Diversidad tecnológica | ABS de distintas generaciones, algunos con EBD integrado |
| Estado mecánico | Vehículos con frenos y neumáticos en parámetros adecuados |
| Disponibilidad y seguridad | ABS desactivable mediante fusible o software, garantizando pruebas seguras |

Fuente: elaboración propia.

Condiciones experimentales

Por consiguiente, las pruebas se desarrollaron en una pista cerrada y controlada bajo supervisión académica; en ese contexto, se contemplaron dos tipos de superficie: asfalto seco y asfalto mojado, este último simulado mediante un sistema de riego uniforme.

En cuanto a las velocidades de ensayo, estas se establecieron en 30 km/h y 50 km/h con el propósito de representar escenarios habituales de circulación urbana y de carretera (NHTSA, 2020); en lo referente al tipo de frenada, se aplicó una frenada de emergencia, presionando el pedal al 100 % hasta la detención total, con entre tres y cinco repeticiones por condición para reducir la incidencia del error humano.

De igual forma, se controlaron variables externas como la presión de los neumáticos (30-34 psi), el correcto funcionamiento electrónico del sistema ABS y las condiciones ambientales. En la Tabla 2 se resumen estas condiciones:

Tabla 2. *Condiciones experimentales de las pruebas.*

| Variable | Nivel considerado |
|-----------------------|--|
| Superficie | Asfalto seco / mojado (riego controlado) |
| Velocidades de ensayo | 30 km/h y 50 km/h |
| Tipo de frenada | Emergencia (pedal al 100 %) |
| Repeticiones | 3 a 5 por condición |
| Variables externas | Presión neumáticos 30-34 psi; revisión mecánica y electrónica previa |

Fuente: elaboración propia.

Protocolo de ensayo

En este marco, la metodología experimental se estructuró en seis fases consecutivas:

1. **Inspección técnica:** se realizó el diagnóstico electrónico del ABS mediante escáner OBD-II, acompañado de la verificación mecánica del sistema de frenos.
2. **Aceleración:** los vehículos fueron llevados hasta la velocidad objetivo en un tramo de pista cerrada.
3. **Aplicación de freno:** el pedal se presionó al 100 % en un punto de referencia previamente establecido.



4. **Registro de datos:** la distancia total de frenado se midió mediante flexómetros y cintas métricas; el tiempo de detención se registró con cronómetros digitales, mientras que las variaciones de trayectoria se evaluaron por observación directa.
5. **Desactivación del ABS:** cuando fue posible, se retiró el fusible del sistema para reproducir el frenado convencional sin comprometer la seguridad del ensayo.
6. **Registro de fenómenos colaterales:** se documentaron aspectos como vibraciones del pedal, estabilidad direccional y pérdida de señal del velocímetro en algunos modelos.

En la Tabla 3 se describen las variables e instrumentación empleadas.

Tabla 3. Variables e instrumentación

| Categoría | Variables medidas | Instrumentación empleada |
|-------------|--|--|
| Primarias | Distancia de frenado (m), tiempo de detención (s), desaceleración media (m/s^2) | Flexómetros, cronómetros digitales, aplicaciones móviles de medición |
| Secundarias | Estabilidad direccional, desviación lateral, derrapes, bloqueo de ruedas, vibración de pedal | Observación directa, escáner automotriz OBD-II |

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, el diagnóstico electrónico previo mediante escáner automotriz resultó adecuado para verificar el estado del sistema; sin embargo, este procedimiento puede resultar limitado ante fallos graves en la red de comunicación, por lo que se considera pertinente complementarlo con pruebas dinámicas en campo.

En este sentido, todas las pruebas se ejecutaron en un entorno cerrado y controlado, bajo supervisión docente y con protocolos de seguridad que incluyeron la delimitación del área de ensayo, la restricción de velocidad en superficie mojada y la suspensión inmediata de las pruebas ante cualquier indicio de pérdida de control.

RESULTADOS

Las pruebas de frenado realizadas en distintos vehículos, sobre superficies seca y mojada y a velocidades de 30 km/h y 50 km/h, permitieron evidenciar variaciones relevantes en el comportamiento dinámico al comparar el sistema ABS activado frente a su desactivación.

En cuanto al análisis cuantitativo, la distancia de frenado resultó generalmente menor con el ABS en condiciones de baja adherencia, particularmente en pavimento mojado, donde se observaron reducciones que oscilaron entre 2 y 12 metros según el vehículo evaluado; en cambio, en superficies secas, las diferencias en distancia fueron menos evidentes, e incluso en determinados casos los vehículos sin ABS registraron una distancia ligeramente inferior, aunque esta aparente ventaja se asoció de manera constante con el bloqueo de ruedas y la pérdida parcial de control, lo que limita su validez operativa.

Por otra parte, el tiempo de detención mostró un comportamiento similar: con ABS, los tiempos tendieron a ser levemente mayores, mientras que la desaceleración se presentó de forma más progresiva y estable; en contraste, sin ABS, la reducción de velocidad fue más abrupta, generando inestabilidad durante la maniobra. En la Tabla 4 se presentan los valores promedio obtenidos para cada vehículo.



Tabla 4. Distancia, tiempo y desaceleración promedio en frenadas con y sin ABS

| Vehículo | Vel. | Superficie | Con (dist./tpo./decel.) | ABS Sin (dist./tpo./decel.) | ABS Diferencia |
|------------------------|---------|------------|--|--|-------------------|
| Toyota Corolla 2004 | 30 km/h | Seco | 1,5 m / 0,35 s / 6,6 m/s ² | 1,8 m / 0,33 s / 6,1 m/s ² | -0,3 m |
| Toyota Corolla 2004 | 50 km/h | Mojado | 7,5 m / 1,4 s / 9,9 m/s ² | 9,9 m / 1,2 s / 11,1 m/s ² | -2,4 m |
| Hyundai Grand i10 2019 | 50 km/h | Seco | 12,9 m / 1,2 s / 11,6 m/s ² | 17,6 m / 1,0 s / 13,2 m/s ² | -4,7 m |
| Hyundai Grand i10 2019 | 50 km/h | Mojado | 15,5 m / 1,6 s / 8,7 m/s ² | 19,0 m / 1,3 s / 10,3 m/s ² | -3,5 m |
| Toyota Hilux 2016 | 50 km/h | Seco | 7,1 m / 1,1 s / 12,6 m/s ² | 7,9 m / 1,0 s / 13,3 m/s ² | -0,8 m |
| Toyota Hilux 2016 | 50 km/h | Mojado | 8,3 m / 1,4 s / 9,6 m/s ² | 9,5 m / 1,2 s / 11,0 m/s ² | -1,2 m |
| Renault Sandero H4M | 50 km/h | Seco | 9,0 m / 1,1 s / 12,1 m/s ² | 19,5 m / 1,0 s / 14,0 m/s ² | -10,5 m |
| Renault Sandero H4M | 50 km/h | Mojado | 16,0 m / 1,7 s / 8,2 m/s ² | 28,0 m / 1,5 s / 9,3 m/s ² | -12,0 m |
| Kia Sportage 2019 | 50 km/h | Seco | 9,7 m / 1,2 s / 11,5 m/s ² | 11,4 m / 1,0 s / 13,9 m/s ² | -1,7 m |
| Kia Sportage 2019 | 50 km/h | Mojado | 10,1 m / 1,5 s / 8,3 m/s ² | 12,0 m / 1,2 s / 10,2 m/s ² | -1,9 m |

Fuente: elaboración propia.

En lo referente a las pruebas en superficie seca, las diferencias en distancia de frenado entre vehículos con y sin ABS no siempre fueron amplias, situándose en un rango aproximado de 0,8 a 4,7 metros; aun así, el sistema permitió una mayor consistencia y control durante la maniobra.

En cambio, en superficie mojada, el ABS evidenció una ventaja más marcada al reducir de forma significativa la distancia de detención, con valores comprendidos entre 2 y 12 metros, lo cual adquiere relevancia en escenarios reales de conducción donde el margen de reacción es limitado; aunque el tiempo de frenado con ABS resultó ligeramente mayor en promedio, la desaceleración fue más uniforme y controlada, a diferencia de las pruebas sin ABS, donde se registraron reducciones de velocidad más abruptas y menos estables. A su vez, la Tabla 5 sintetiza las observaciones dinámicas cualitativas registradas durante los ensayos.

Tabla 5. Observaciones dinámicas durante las frenadas

| Vehículo | Vel. | Superficie | Con ABS | Sin ABS |
|------------------------|------------|----------------|---|---|
| Toyota Corolla 2004 | 30-50 km/h | Seco mojado | y Trayectoria recta, sin derrapes, vibración perceptible en pedal | Desvío lateral, bloqueo parcial de ruedas, pérdida parcial de control |
| Hyundai Grand i10 2019 | 50 km/h | Seco mojado | y Alta estabilidad, dirección recta | Derrapes frecuentes, bloqueo evidente de ruedas |
| Toyota Hilux 2016 | 50 km/h | Seco mojado | y Control estable, maniobrabilidad conservada | Bloqueo de ruedas, derrape moderado |
| Renault Sandero H4M | 50 km/h | Seco mojado | y Estabilidad total, sin pérdida de dirección | Bloqueo severo, pérdida total de trayectoria en mojado |
| Kia Sportage 2019 | 50 km/h | Seco mojado | y Trayectoria recta, vibración perceptible en pedal | Derrape parcial, bloqueo de ruedas y desviación lateral |

Fuente: elaboración propia.



En este contexto, el sistema ABS se mostró determinante para preservar la estabilidad direccional y la capacidad de maniobra durante frenadas de emergencia; por el contrario, cuando el sistema fue desactivado, se registraron derrapes, bloqueo de ruedas y pérdida de trayectoria, con mayor incidencia en superficies mojadas, donde el riesgo de accidente se incrementa de forma considerable.

DISCUSIÓN

Los resultados experimentales obtenidos evidencian que el sistema ABS ejerce un efecto directo en la reducción de la distancia de frenado en superficies de baja adherencia; en este sentido, aunque en condiciones secas la diferencia en metros recorridos puede resultar limitada, el ABS garantiza de forma consistente una trayectoria estable, evita el bloqueo de ruedas y permite mantener el control direccional, aspectos que se corresponden con la función principal de este sistema de seguridad activa. En relación con la literatura especializada, estos resultados guardan coherencia con referentes internacionales. Así, Bera et al. (2011) desarrollaron un modelo dinámico integrado de vehículo y demostraron que la eficacia del ABS depende de mantener el deslizamiento de las ruedas dentro de un rango óptimo; en consecuencia, este planteamiento coincide con lo observado experimentalmente, donde, aun cuando la distancia de frenado no siempre es menor, la maniobrabilidad se conserva. De manera análoga, Fedotov y Gromalova (2021) aplicaron un modelo matemático en condiciones invernales y verificaron que el ABS reduce la distancia de frenado en superficies con hielo y nieve; en particular, señalaron que el efecto se manifiesta con mayor intensidad en la estabilidad y en la prevención de la pérdida de trayectoria, lo cual resulta concordante con los ensayos realizados en pavimento mojado.

Por otra parte, los resultados obtenidos en vehículos de tecnología más reciente como Kia Sportage y Renault Sandero evidencian la interacción del ABS con otros sistemas electrónicos de asistencia; en este marco, dicha observación se vincula con estudios sobre ABS en vehículos eléctricos. En efecto, Guo et al. (2014) demostraron que la integración de estrategias de control inteligente permite reducir aún más la distancia de frenado y mejorar el confort de conducción; en consecuencia, este comportamiento podría explicar por qué en los vehículos más nuevos evaluados las diferencias al desactivar el ABS fueron más pronunciadas. No obstante, resulta necesario considerar ciertas limitaciones en la aplicación práctica. En este sentido, Burton et al. (2004), a partir de un análisis de campo en Australia, señalaron que, si bien el ABS contribuye a disminuir colisiones múltiples y frontales, en determinados casos puede incrementar la frecuencia de salidas de vía, situación que podría estar asociada a una percepción excesiva de seguridad por parte del conductor; por tanto, este elemento debe ser considerado al interpretar los resultados, dado que el impacto del ABS en la seguridad vial también depende de factores humanos que trascienden el desempeño técnico del sistema.

En continuidad con lo anterior, investigaciones más recientes amplían estos planteamientos. Así, Savitski et al. (2015) indicaron que los sistemas ABS de nueva generación, basados en el control continuo del deslizamiento y el uso de actuadores eléctricos, permiten mejorar tanto la distancia de frenado como la estabilidad en superficies mojadas, lo cual respalda los resultados obtenidos en el presente estudio; de igual forma, Lorenčić (2023) determinó que la antigüedad del neumático influye de manera significativa en el coeficiente de fricción y, por ende, en la distancia de frenado en vehículos equipados con ABS, aspecto que refuerza la necesidad de controlar esta variable en futuras investigaciones experimentales.

CONCLUSION

El análisis experimental demuestra que el sistema ABS cumple de manera efectiva su función principal al mejorar la estabilidad y el control direccional durante la frenada; en este contexto, su desempeño resulta especialmente relevante en superficies de baja adherencia, donde también se observa una reducción significativa de la distancia de detención. En consecuencia, se alcanza el objetivo de la investigación al evidenciar que su contribución no se limita únicamente a disminuir la distancia de frenado, sino que se orienta principalmente a garantizar una maniobra segura y controlada en condiciones críticas de conducción.



FINANCIAMIENTO

No monetario

CONFLICTO DE INTERÉS

No existe conflicto de interés con personas o instituciones ligadas a la investigación.

AGRADECIMIENTOS

A UNIANDES.

REFERENCIAS

- Altieri, M., Silva, C., & Terabe, S. (2021). Keep pushing! Analysing public transit and car competitiveness in Tokyo. *Case Studies on Transport Policy*, 9(2), 457–465. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.02.001>
- Bera, T. K., Bhattacharya, K., & Samantaray, A. K. (2011). Evaluation of antilock braking system with an integrated model of full vehicle system dynamics. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 19(10), 2131–2150. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2011.07.002>
- Fedotov, A. I., & Gromalova, V. O. (2021). Mathematical model for studying the braking distance of a car equipped with ABS in winter conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1061(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1061/1/012016>
- Guo, J., Jian, X., & Lin, G. (2014). Performance evaluation of an anti-lock braking system for electric vehicles with a fuzzy sliding mode controller. *Energies*, 7(10), 6459–6476. <https://doi.org/10.3390/en7106459>
- Huertas-Leyva, P., Savino, G., Baldanzini, N., & Pierini, M. (2023). Does ABS ensure good performance in emergency braking for less skilled motorcyclists? *Accident Analysis & Prevention*, 190, 107148. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107148>
- Lorenčič, V. (2023). The effect of tire age and anti-lock braking system on the coefficient of friction and braking distance. *Sustainability*, 15(8), 6945. <https://doi.org/10.3390/su15086945>
- Mazzae, E. N., Barickman, F. S., Baldwin, G. H., & Forkenbrock, G. J. (1999). Driver crash avoidance behavior with ABS in an intersection incursion scenario on dry versus wet pavement. *SAE Technical Paper Series*. <https://doi.org/10.4271/1999-01-1283>
- Mora Romero, M. A., Yáñez Cepeda, C. F., Quintanilla Gaibor, E. B., Gallegos Zurita, W. M., & Romero Gaibor, P. P. (2023). Análisis del sistema de frenos ABS: Funcionamiento y efectividad en la seguridad vehicular. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 3168–3177. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7946
- Pretagostini, F., Ferranti, L., Berardo, G., Ivanov, V., & Shyrokau, B. (2020). Survey on wheel slip control design strategies, evaluation and application to antilock braking systems. *IEEE Access*, 8, 10951–10970. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2965644>
- Savitski, D., Ivanov, V., Augsburg, K., Shyrokau, B., Wragge-Morley, R., Pütz, T., & Barber, P. (2016). The new paradigm of an anti-lock braking system for a full electric vehicle: Experimental investigation and benchmarking. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 230(10), 1364–1377. <https://doi.org/10.1177/0954407015608548>
- Savitski, D., Ivanov, V., Shyrokau, B., De Smet, J., & Theunissen, J. (2015). Experimental study on continuous ABS operation in pure regenerative mode for full electric vehicle. *SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems*, 8(1), 364–369. <https://doi.org/10.4271/2015-01-9109>



Xue, X., Cheng, K. W. E., Chan, W. W., Fong, Y. C., Kan, K. L. J., & Fan, Y. (2021). Design, analysis and application of single-wheel test bench for all-electric antilock braking system in electric vehicles. *Energies*, 14(5), 1294. <https://doi.org/10.3390/en14051294>

Derechos de autor: 2026 Por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>