

Análisis del Sistema de Frenos ABS: Funcionamiento y Efectividad en la Seguridad Vehicular

Marlon Alexis Mora Romero¹

mmora@istb.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-3740-5909>

Instituto Superior Tecnológico Babahoyo
Ecuador

Cynthia Fernanda Yáñez Cepeda

cyanez@istb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3638-4689>

Instituto Superior Tecnológico Babahoyo
Ecuador

Emily Brigitte Quintanilla Gaibor

equintanilla@istb.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-5443-3788>

Instituto Superior Tecnológico Babahoyo
Ecuador

Wilmer Miguel Gallegos Zurita

wgallegos@istb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7068-8483>

Instituto Superior Tecnológico Babahoyo
Ecuador

Pedro Pablo Romero Gaibor

promero@istb.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-5762-7232>

Instituto Superior Tecnológico Babahoyo
Ecuador

RESUMEN

El siguiente documento presenta un análisis detallado de las publicaciones relacionadas con el sistema antibloqueo de frenos (ABS). Para llevar a cabo esta investigación bibliográfica, se utilizó el motor de búsqueda de Google Académico, empleando términos adecuados y pertinentes al enfoque del tema. El propósito principal de esta investigación es describir el funcionamiento y la efectividad del sistema antibloqueo de frenos. El ABS utiliza sensores de velocidad en las ruedas para medir el giro de estas y en el caso de detectar el bloqueo, envía esta información a la unidad de control electrónico para que está mande a su vez la señal a la electrobomba y libere presión en el circuito de frenado permitiéndole a la rueda girar y adherirse a la calzada, para recuperar presión nuevamente interviene la electrobomba. Las cifras presentadas en investigaciones no son muy claras pero ciertos estudios indican que existe mayor reducción de accidentes en motocicletas que en automóviles, esto no significa que no exista un aporte en la seguridad ya que se observa claramente en pruebas realizadas de los beneficios que aporta el sistema y esto se traduce en mejorar el desempeño del vehículo ante situaciones que requieran un frenado emergente.

Palabras clave: *frenos; antibloqueo; seguridad; automóvil; automotriz.*

¹ Autor principal.

Correspondencia: mmora@istb.edu.ec

Analysis of the ABS Brake System: Operation and Effectiveness in Vehicle Safety

ABSTRACT

The following document presents a detailed analysis of publications related to the Anti-lock Braking System (ABS). To conduct this bibliographic research, Google Scholar's search engine was utilized, employing appropriate and relevant terms related to the topic's focus. The primary purpose of this investigation is to describe the operation and effectiveness of the Anti-lock Braking System (ABS). ABS utilizes wheel speed sensors to measure their rotation, and in the event of detecting wheel lock, it sends this information to the electronic control unit. This unit, in turn, signals the electro-pump to release pressure in the braking circuit, allowing the wheel to rotate and regain traction on the road. The electro-pump intervenes again to restore pressure. While the figures presented in research may not be entirely clear, certain studies suggest a greater reduction in accidents for motorcycles compared to automobiles. This does not imply that the system does not contribute to safety in automobiles, as the benefits of the system are clearly observed in conducted tests, leading to improved vehicle performance in situations requiring emergency braking.

Keywords: *brakes; anti-lock; safety; automobile; automotive.*

Artículo recibido 19 agosto 2023

Aceptado para publicación: 29 setiembre 2023

INTRODUCCIÓN

Es esencial que los vehículos cuenten con un dispositivo que permita al conductor detener el automóvil según su voluntad. Esto se debe a las necesidades inherentes al desplazamiento, los requisitos del tráfico y cualquier situación de peligro que pueda surgir. Este dispositivo se conoce como sistema de frenos y desempeña un papel fundamental en el control y la seguridad del automóvil. (Martí Parera, 1993)

Hay que considerar que, si la fuerza de frenado aplicada a un vehículo es menor que la fuerza de impulso que posee, resultará en una reducción de la velocidad del vehículo, pero si se aplica una fuerza de frenado mayor que la fuerza de impulso, las ruedas se bloquearán y se evitará el rozamiento de los componentes de frenado entre sí, lo que resultará en la pérdida de dirección del vehículo y, en consecuencia, la pérdida de control del mismo.

El sistema de frenos antibloqueo, también conocido por sus siglas en inglés ABS es una tecnología que se aplica en la industria automotriz y que ha contribuido en mejorar la seguridad de los automóviles. El sistema controla la presión que ejerce el líquido de freno para mejorar la eficiencia de frenado.

En el presente artículo de revisión exhaustiva se realiza un estudio bibliográfico del sistema antibloqueo de frenos examinando el objetivo, los componentes, el funcionamiento, las ventajas e inconvenientes que presenta el sistema ya que existe la creencia que el ABS no brinda ningún beneficio para la seguridad del automóvil sino más bien perjudica al desempeño en el frenado del vehículo. Para el desarrollo se realiza una búsqueda en Google académico con términos como frenos, sistema antibloqueo de frenos, automotriz, ABS y seguridad vial tanto en español como en inglés y se analizan los documentos para seleccionar los que se enfoquen al tema de investigación.

METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda bibliográfica utilizando el buscador de Google académico desde el 15 al 30 de junio de 2023 tomando como referencia algunos términos claves en español e inglés como sistema antibloqueo de frenos, ABS, automotriz y seguridad vial, teniendo como resultados artículos, tesis y libros, posterior a esto, se filtró la búsqueda considerando información de los 10 últimos años; quedaron 30 resultados, se incluyó un libro histórico; adicional se tomaron en cuenta ciertos videos donde se compara el desempeño de frenado de un automóvil con el ABS activado y desactivado.

Después de analizar los 30 documentos se excluyeron 11 ya que no se ajustaban al enfoque de la

investigación. De los videos revisados, solo se consideró a uno ya que fue el único que mencionaba las distancias de frenado obtenidas con la aplicación del sistema antibloqueo de frenos y sin él.

En total se toman en cuenta 19 documentos y un video para la elaboración del presente análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema de frenos ABS es un sistema de frenado electrónico diseñado para evitar el bloqueo de las ruedas durante el frenado, lo que permite mantener la trayectoria del vehículo y reducir la distancia de frenado. (Alzallú Soriano, 2016)

El sistema antibloqueo de frenos fue creado por la compañía Bosch en los años ochenta y se ha convertido en una herramienta altamente efectiva en situaciones de frenado de emergencia. Desde sus primeras versiones hasta los sistemas más actuales, el rendimiento del ABS ha mejorado significativamente. Además, se han agregado características opcionales como el control de estabilidad y el control de tracción de las ruedas motrices. Aunque el sistema ABS está integrado en el sistema de frenos convencional, funciona de manera independiente y solo se activa en situaciones de riesgo de bloqueo de ruedas. Por lo tanto, se considera un componente de seguridad activa que ayuda a minimizar accidentes potenciales. (Agueda Casado, Gómez Morales, Martín Navarro, & Martín Díaz, 2018)

Los principales componentes que forman parte del ABS son la electrobomba, la unidad de control electrónico y los sensores de velocidad de las ruedas. (Borja, Fenoll, & Seco de Herrera, 2018)

El sistema antibloqueo de frenos opera utilizando un circuito cerrado que involucra diversas entradas y salidas. Las entradas se obtienen de los sensores de velocidad de las ruedas, mientras que las salidas son generadas por la electrobomba que controla la presión del sistema de frenos a través de comandos emitidos por la unidad de control electrónico. (Jitesh, 2014)

Los sensores de velocidad miden el giro de las ruedas mientras se está frenando y en el momento que detecta que una rueda se comienza a bloquear, la unidad de control electrónica envía la señal a la electrobomba para que cierre la electroválvula de entrada por donde pasa el líquido de freno y abra la de salida, de esa manera se libera la presión de frenado al acumulador y se consigue que la rueda pueda girar como se muestra en el gráfico 1. Por otro lado, para incrementar la presión y recuperar la tracción, la unidad de control electrónica realiza las siguientes acciones: cierra la electroválvula de salida, abre la electroválvula de entrada y activa la electrobomba de presión. Estas acciones generan un incremento

en la presión hidráulica, lo cual resulta en un aumento del frenado en la rueda para volver a tener agarre con la superficie como se indica en el gráfico 2. Sin embargo, este aumento en el frenado podría llevar nuevamente al bloqueo de la rueda, en cuyo caso se vuelve a liberar presión. Esta secuencia de liberar y aumentar presión de frenado produce el característico golpeteo en el pedal del freno. (Bhasin, 2019)

En un video presentado el 20 de agosto de 2022, en el programa “OverDrive” se muestran algunas pruebas realizadas a un Mazda MX-5 de tercera generación donde se compara el desempeño del vehículo con el sistema antibloqueo de frenos activado y el sistema desactivado. La primera prueba que se muestra es la de frenado de emergencia en línea recta con el sistema activado donde se aplican los frenos a una velocidad de 112 Km/h para observar la distancia recorrida, el resultado fue de 45 metros. Se replicó la misma prueba, pero con el sistema desconectado, para ello se retiró el fusible que activa al ABS y el resultado que se consiguió con la misma velocidad de circulación fue de 67 metros.

En una segunda prueba se realizó una frenada de emergencia tomando una curva a velocidad de 105 Km/h, con el sistema activado el vehículo se logró detener mientras se frenaba siguiendo la curva, al contrario de lo que ocurrió con el sistema desactivado, el automóvil siguió la trayectoria con la que venía (línea recta) y se terminó saliendo de la curva.

Por último, se realizó la prueba de frenado y esquivo de obstáculo con el sistema antibloqueo de frenos activado y desactivado, el resultado que se observa con la aplicación del ABS fue que el automóvil pudo lograr esquivar el obstáculo mientras frenaba, en cambio, sin el ABS el vehículo nuevamente siguió la trayectoria (línea recta) y envistió la barrera. Cabe indicar que todas las pruebas realizadas fueron en superficie seca. (Mansell, 2022)

Varios estudios han encontrado dificultades para medir y cuantificar el impacto del uso del sistema antibloqueo de frenos en automóviles. Mediante análisis estadísticos de accidentes que involucraron vehículos de carga ligera y vans en carreteras de Estados Unidos durante el período de 1995 a 2007, se observaron reducciones en ciertos tipos de accidentes, como atropellamientos, colisiones con otros vehículos en superficies mojadas y accidentes no fatales en general, en un rango del 6% al 13%. (Fildes, Newstead, Rizzi, Fitzharris, & Budd, 2015)

En el contexto de los accidentes de motocicletas, se encontraron resultados distintos, ya que se evidenció una disminución del 37% en los accidentes fatales durante el período comprendido entre 2003 y 2008

con la implementación del sistema antibloqueo de frenos. (Teoh, 2013)

El sistema de frenos convencionales de un vehículo no brinda la seguridad suficiente para el desempeño del mismo ya que al aplicar una fuerza de frenado superior a la fuerza de impulso provocará que las ruedas se bloqueen haciendo que el automóvil derrape, que pierda eficiencia de frenado y el control de la dirección, situación que genera un alto riesgo de incidente en la vía.

El sistema antibloqueo de frenos es una tecnología que se viene implementando en los vehículos desde los años 80 con el objetivo de evitar que las ruedas se bloqueen en una frenada de emergencia previniendo el derrape de las ruedas y la pérdida de control del automóvil, es importante recalcar que el ABS ha evolucionado de tener tres válvulas para el control de las ruedas de forma no independientes a poseer cuatro válvulas para el control independiente e incluso permitirle utilizar sus elementos para la incorporación de sistemas de seguridad adicionales.

Se puede observar los beneficios que se obtienen al aplicar el sistema antibloqueo de frenos, en las pruebas de frenado realizadas con el Mazda MX-5, se evidencia que el ABS logra reducir la distancia de frenado en una calzada seca un 31%, esto a una velocidad de 105 Km/h. También se demuestra como el vehículo mientras frena puede tomar una curva sin salirse de la vía y como puede esquivar un obstáculo sin perder. Esto se traduce en mayor seguridad ante situaciones donde se requiera frenar de manera emergente sobre la vía.

La medición y cuantificación del impacto del sistema antibloqueo de frenos en automóviles ha sido un desafío para varios estudios. A pesar de los avances en el análisis estadístico de accidentes, existe cierta dificultad en atribuir de manera precisa y directa los beneficios significativos del ABS a la reducción de accidentes y lesiones. Sin embargo, se logra encontrar un estudio donde se indica de las reducciones en atropellamientos, colisiones con otros vehículos en superficies mojadas y accidentes no fatales en general, en un rango estimado del 6% al 13% en vehículos de carga ligera y vans en carreteras de Estados Unidos entre 1995 y 2007.

La disminución del 37% en los accidentes fatales de motocicletas con la implementación del sistema antibloqueo de frenos es un hallazgo significativo. Este resultado indica que el ABS puede desempeñar un papel crucial en la mejora de la seguridad de los motociclistas.

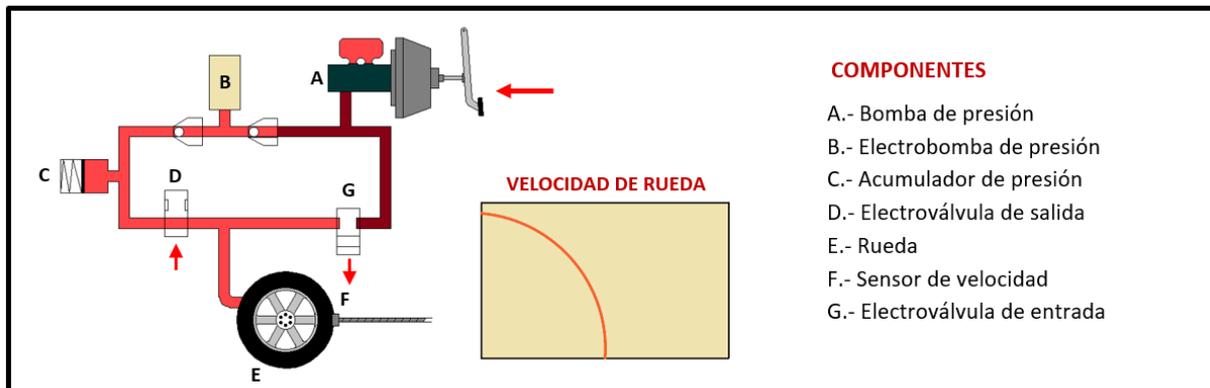
La implementación del ABS en las motocicletas ha sido una medida importante para contrarrestar los

accidentes relacionados con el bloqueo de las ruedas durante el frenado. Al evitar el bloqueo de las ruedas, el ABS permite a los motociclistas mantener el control y la estabilidad de su vehículo, lo que reduce las posibilidades de colisiones fatales.

ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

Gráfico 1

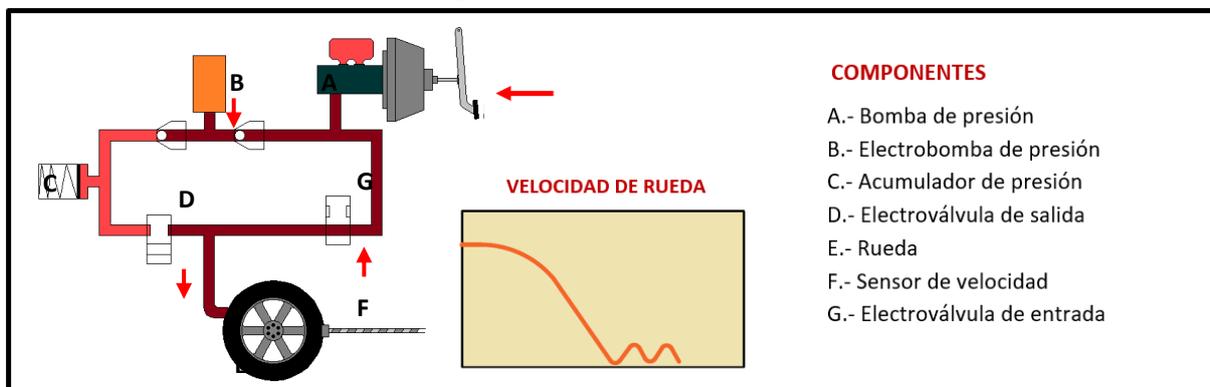
Funcionamiento del ABS liberando presión de frenado.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2

Funcionamiento del ABS aumentado presión de frenado.



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Si bien es cierto el aporte en cuanto a cifras en la reducción de accidentes de tránsito de automóviles no es tan significativa en números, esto no es indicador que la aplicación del ABS no beneficia a la seguridad del automóvil o mucho menos perjudica al sistema de frenos, se analizó que la función del sistema antibloqueo de frenos es evitar que alguna de las ruedas se bloqueen cuando el conductor aplica

los frenos requiriendo el máximo de eficiencia de frenado, esto lo hace controlando la presión en el sistema ya que interviene un conjunto de elementos electrónicos como los sensores de velocidad de las ruedas y la unidad de control electrónica; e hidráulicos como la electrobomba, todo esto para prevenir el derrape de los neumáticos y la pérdida de control del vehículo. En la prueba realizada al Mazda MX-5 se puede notar los beneficios que otorga el ABS, claramente se observa como acorta la distancia de frenado en superficie seca, como sigue la trayectoria al tomar una curva y como permite esquivar obstáculo mientras se frena.

El ABS ha demostrado ser una tecnología valiosa en la prevención de accidentes y en la protección de conductores y pasajeros. Su evolución ha permitido conseguir mejores prestaciones e incorporar sistemas de seguridad adicionales valiéndose de sus elementos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Segovia Fernández, F. J. (2019). *Modelado y control del Sistema Antibloqueo de Frenos de un automóvil*. Obtenido de Depósito de investigación Universidad de Sevilla: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/88473/TFG-2265-SEGOVIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Acosta-Lú, A.-L., Stefano Di, G., & Sánchez, M. (2016). An adaptive controller applied to an anti-lock braking system laboratory. *DYNA*, 69-77.

Agueda Casado, E., Gómez Morales, T., Martín Navarro, J., & Martín Díaz, U. (2018). *Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje*. Madrid: Parainfo.

Álvarez Castillo, J. A., Barnica Muñoz, J. E., & Gastelúm-Barrios, A. (29 de Mayo de 2023). Sistema ADAS: La tecnología que promete un futuro vial más seguro. 32, 38-43. Ciudad de México. Obtenido de +Ciencia: <https://publicaciones.anahuac.mx/index.php/masciencia/article/view/2008>

Alzallú Soriano, J. A. (2016). Historia de los frenos en los coches. *Publicaciones Didácticas*, 75-80.

Bhasin, K. (2019). A Review Paper on Anti-Lock Braking System (ABS) and its Future Scope. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 372-375.

Borja, J. C., Fenoll, J., & Seco de Herrera, J. (2018). *Sistemas de transmisión y frenado*. Madrid: Macmillan Iberia S.A.

- Chapi Chamorro, E. F., Fraga Portilla, J. A., & Caiza Quispe, L. (2022). Influencia existente en la viscosidad de los fluidos en el sistema de frenado antibloqueo (ABS). *Polo del conocimiento*, 618-629.
- Chen, W., Xiao, H., Wang, Q., Zhao, L., & Zhu, M. (2016). *Integrated vehicle dynamics and control*. Singapur: Wiley.
- Fildes, B., Newstead, S., Rizzi, M., Fitzharris, M., & Budd, L. (Septiembre de 2015). *EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF ANTI-LOCK BRAKING SYSTEMS ON MOTORCYCLE SAFETY IN AUSTRALIA*. Obtenido de EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF ANTI-LOCK BRAKING SYSTEMS ON MOTORCYCLE SAFETY IN AUSTRALIA: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.monash.edu/__data/assets/pdf_file/0011/376742/muarc327.pdf
- Harsh, R., Samarth, I., Aditya, I., Vaishnavi, J., Kashyap, K., & Laxmikant, M. (2022). Review on Antilock Braking System. *Vishwakarma Institute of Technology, Pune*, 128-136.
- Jitesh, S. (2014). ANTILOCK BRAKING SYSTEM. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 253-259.
- Khorasani, D., Shoar, S., & Sadaat, S. (2013). Antilock braking system effectiveness in prevention of road traffic crashes in Iran. *BMC Public Health*, 439.
- Khorasani-Zavareh, D., Shoar, S., & Saadat, S. (2013). Antilock braking system effectiveness in prevention of road traffic crashes in Iran. *BMC Public Health*, 439.
- Koylu, H., & Tural, E. (2021). Experimental study on braking and stability performance during low speed braking with ABS under critical road conditions. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 1224-1238.
- Mansell, S. (Dirección). (2022). *ABS ON vs ABS OFF | ¿De verdad hay tanta diferencia?* [Película].
- Martí Parera, A. (1993). *Frenos ABS*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Senabre Bienes, C. (2017). *Estudio de variabilidad de medida de frenado en las estaciones de ITV de la provincia de Alicante*. Elche: Universidad Miguel Hernández de Elche.

Teoh, E. R. (2013). Effects of Antilock Braking Systems on Motorcycle Fatal Crash Rates: An Update. *Insurance Institute for Highway Safety*, 40-53.

Toalombo Vargas, V. M. (2022). Seguridad Activa y Pasiva de Vehículos. *The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 747-768.