



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO
AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ELECTRÓNICA Y MANTENIMIENTO DEL
SISTEMA ABS

AUTORES: LASTRA RUIZ KEVIN STALIN
VALVERDE ORTEGA JHONATAN EDGAR

DIRECTOR: ING. JORGE LUIS MELO OBANDO MSc.

Ibarra, Diciembre 2022

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ELECTRÓNICA Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ABS". presentado por el señor: LASTRA RUIZ KEVIN STALIN con número de cédula 1003614615, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 12 días del mes diciembre de 2022.

Atentamente



Ing. Jorge Melo, MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ELECTRÓNICA Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ABS", presentado por el señor: JHONATAN EDGAR VALVERDE ORTEGA con número de cédula 1004494363, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 12 días del mes diciembre de 2022.

Atentamente



Ing. Jorge Melo, MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA IDENTIDAD:	DE	1003614615	
APELLIDOS NOMBRES:	Y	Lastra Ruiz Kevin Stalin	
DIRECCIÓN:	Otavalo – Plaza Pimán		
EMAIL:	kslastrar@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	098 873 1908

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ELECTRÓNICA Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ABS"
AUTOR (ES):	Lastra Ruiz Kevin Stalin y Valverde Ortega Jhonatan Edgar
FECHA: DD/MM/AAAA	12/12/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Jorge Melo, MSc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 12 días del mes de diciembre de 2022

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Lastra Kevin



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

3. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1004494363	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Valverde Ortega Jhonatan Edgar	
DIRECCIÓN:	Ibarra – Huertos Familiares		
EMAIL:	jevalverde@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0959482467

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ELECTRÓNICA Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ABS"
AUTOR (ES):	Lastra Ruiz Kevin Stalin y Valverde Ortega Jhonatan Edgar
FECHA: DD/MM/AAAA	12/12/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Jorge Melo, MSc

4. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 12 días del mes de diciembre de 2022

EL AUTOR:

(Firma).....
Nombre: Jhonatan Valverde

Índice de Contenido

Índice de figuras	ix
Índice de Tablas	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Objetivos	1
1.1.1 Objetivo General	1
1.1.2 Objetivos específicos:	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Formulación del problema	2
1.4 Justificación	3
1.5 Alcance	4
1.6 Historia del sistema ABS	4
1.7 Componentes	7
1.7.1 Componentes convencionales del freno mecánico	8
1.7.1.1 Pedal de freno	8
1.7.1.2 Servofreno	8
1.7.1.3 Cilindro maestro	9
1.7.1.4 Disco de freno	10
1.7.2 Componentes del sistema de freno electrónico ABS	10
1.7.2.1 Sensores de ruedas	10
1.7.2.2 Unidad de control electrónico	11
1.7.2.3 Electroválvulas	12
1.7.2.4 Motor bomba	13
Figura 1.8 Motor bomba	13
1.7.2.5 Acumulador de baja presión	13
1.7.2.6 Interruptor de luces de freno	14
1.8 Tipos de seguridad	14
1.9 Problemas en el sistema ABS	15
1.9.1 Burbujas de aire	16
1.9.2 Cables en mal estado	16
1.9.3 Averías en la ECU	16

1.9.4 Falla en el sensor	16
1.10 Funcionamiento del sistema ABS	17
1.10.1 Fases de funcionamiento	17
1.10.1.1 Primera fase: sin acción de frenada	17
1.10.1.2 Segunda fase: frenada sin bloqueo de ruedas	18
1.10.1.3 Tercera fase: bloqueo de ruedas	19
1.10.1.4 Cuarta fase: degradación de la presión	19
1.11 Innovación del sistema ABS	20
1.11.1 ABS para la rueda delantera	20
1.11.2 Regulador de elevación de la rueda trasera	21
1.12 Equipo de medición Bosh FSA-740	22
CAPÍTULO II.....	24
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
2.1 Método de Investigación	24
2.1.1 Enfoque investigativo	25
2.2 Materiales y equipos.....	25
2.2.1 Equipos	25
2.2.1.1 Equipo de diagnóstico FSA-740.....	25
2.2.1.2 Equipo de diagnóstico FSA-720.....	27
2.2.1.3 Equipo de diagnóstico KTS 560.....	28
2.2.1.4 Software ESI [tronic] 2.0.....	29
2.2.1.5 Multímetro	30
2.2.2 Vehículo utilizado	31
2.3 Metodología.....	32
2.3.1. Selección de vehículo	33
2.3.2. Análisis del funcionamiento y generalidades del sensor ABS	34
2.3.3. Verificación del estado del sensor ABS	34
2.3.4. Desarrollo de pruebas iniciales.....	34
2.3.5. Simulación de falla	35
2.3.6. Corrección de la falla simulada	35
2.3.7. Análisis de la gestión electrónica del sensor ABS	36
2.3.8. Recopilación de datos a diferentes rangos.....	36
CAPÍTULO III	37
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37

3.1. Inspección visual general.....	37
3.2. Inspección visual del sensor ABS.	37
3.3 Gestión electrónica del sensor ABS.	42
3.3.1 Rueda delantera derecha.....	43
3.3.2 Rueda delantera izquierda	45
3.3.3 Rueda trasera derecha.....	47
3.3.4 Rueda trasera izquierda	49
3.4. Simulación de falla	51
3.4.1. Sensor defectuoso.....	51
3.4.2. Sensor con cinta aislante.....	53
3.5 Diagnóstico del Módulo ABS.....	55
3.6 Mantenimiento del sensor ABS.....	56
3.7. Resumen de resultados	57
CAPITULO IV	62
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
4.1 Conclusiones.....	62
4.2 Recomendaciones	63
Bibliografía.....	65

Índice de figuras

Figura 1.1 Pedal de Freno.....	8
Figura 1.2 Servofreno.....	9
Figura 1.3 Cilindro Maestro.....	10
Figura 1.4 Partes del disco de freno.....	10
Figura 1.5 Sensor de rueda.....	11
Figura 1.6 Unidad de control electrónico.....	12
Figura 1.7 Electroválvula.....	13
Figura 1.9 Acumulador de baja presión.....	14
Figura 1.10 Interruptor de luz de freno.....	14
Figura 1.11 Primera fase de funcionamiento del sistema ABS.....	18
Figura 1.12 Segunda fase de funcionamiento del sistema ABS.....	18
Figura 1.13 Tercera fase de funcionamiento del sistema ABS.....	19
Figura 1.14 Cuarta fase de funcionamiento del sistema ABS.....	20
Figura 1.15 Bosh eBike ABS.....	20
Figura 1.16 ABS en ruedas delanteras.....	21
Figura 1.17 Regulador de elevación de la rueda trasera.....	22
Figura 1.18 Equipo de medición BOSCH FSA740.....	23
Figura. 2.1 BOSCH FSA 740.....	26
Figura 2.2 FSA 720.....	28
Figura 2.3 KTS 560.....	29
Figura 2.4 ESI [tronic] 2.0.....	30
Figura 2.5. Multímetro.....	31
Figura 2.6 Volkswagen Amarok.....	31
Figura 2.7. Flujograma.....	33
Figura 3.1 Resistencia y señal rueda posterior izquierda.....	38
Figura 3.2 Resistencia y señal rueda posterior derecha.....	38
Figura 3.3 Resistencia y señal rueda delantera derecha.....	39
Figura 3.4 Resistencia y señal rueda delantera izquierda.....	39
Figura 3.5. Alimentación y señal rueda delantera izquierda.....	40
Figura 3.6 Alimentación y señal rueda delantera derecha.....	41
Figura 3.7 Alimentación y señal rueda trasera derecha.....	41
Figura 3.8 Alimentación y señal rueda trasera izquierda.....	42
Figura 3.9 Imagen referencial del tipo de gráfica del sensor ABS.....	43

Figura 3.10 Gráfica del sensor ABS.....	43
Figura 3.11 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.....	44
Figura 3.12 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.....	44
Figura 3.13 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.....	45
Figura 3.14 Gráfica del sensor ABS.....	45
Figura 3.15 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.....	46
Figura 3.16 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.....	46
Figura 3.17 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.....	47
Figura 3.18 Gráfica del sensor ABS.....	47
Figura 3.19 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.....	48
Figura 3.20 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.....	48
Figura 3.21 Gráfica del sensor ABS.....	49
Figura 3.22 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.....	49
Figura 3.23 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.....	50
Figura 3.24 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.....	50
Figura 3.25 Sensor de velocidad defectuoso.....	51
Figura 3.26 Grafica del sensor de velocidad defectuosos.....	52
Figura 3.27 Luz testigo de frenos ABS.....	52
Figura 3.28 Lectura de códigos de falla del sistema ABS.....	53
Figura 3.29 Sensor recubierto por cinta de aislar.....	54
Figura 3.30 Grafica del sensor de velocidad con cinta de aislar.....	54

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Equipos	25
Tabla 2.2 Datos técnicos del Bosch FSA 740	27
Tabla 2.3 Datos técnicos KTS 560	29
Tabla 2.4 Datos técnicos.....	32
Tabla 3.1. Valores de la rueda trasera Izquierda	57
Tabla 3.2. Valores de la rueda trasera derecha	58
Tabla 3.3. Valores de la rueda delantera derecha	59
Tabla 3.4. Valores de la rueda delantera izquierda.....	60
Tabla 3.5. Valores del sensor con cinta aislante.....	60
Tabla 3.6. Valores del sensor con valor de resistencia	61

RESUMEN

Mediante el presente escrito se expone la investigación realizada acerca de la gestión electrónica del sistema frenos ABS realizada en una camioneta Volkswagen Amarok 2011 donde se realizó un estudio bibliográfico y práctico de su sistema llevado a cabo en los interiores de la Universidad Técnica del Norte. Adicional se realizaron pruebas de funcionamiento con el equipo de diagnóstico BOSCH FSA 740 y con equipos independientes de diagnóstico (multímetro y osciloscopio) con el que se determinó valores de voltaje, rangos de funcionamiento y efectividad del sistema electrónico de frenado. Adicional a eso se realizó un análisis a las gráficas de funcionamiento para comprobar si dichos sensores están trabajando en los rangos permitidos. Finalmente se realizó pruebas de simulación de falla con el fin de comparar los datos del resultado de funcionamiento con el sistema en buen estado versus los resultados de funcionamiento con la simulación de falla para su posterior estudio del comportamiento del sistema, toma de conclusiones y recomendaciones.

ABSTRACT

Through this paper, the research carried out on the electronic management of the ABS brake system carried out in a Volkswagen Amarok 2011 van is exposed, where a bibliographical and practical study of its system was carried out inside the Technical University of the North. Additional functional tests were carried out with the BOSCH FSA 740 diagnostic equipment and with independent diagnostic equipment (multimeter and oscilloscope) with which voltage values, operating ranges and effectiveness of the electronic braking system were determined. In addition to that, an analysis was carried out on the performance graphs to check if these sensors are working in the allowed ranges. Finally, failure simulation tests were carried out in order to compare the data of the performance result with the system in good condition versus the performance results with the failure simulation for further study of the behavior of the system, drawing conclusions and recommendations.

INTRODUCCIÓN

El vehículo es uno de los inventos que ha innovado la manera de moverse, permitiendo ir de un lugar a otro de una manera más rápida. Mediante su evolución se ha tratado de hacer de este medio de transporte una máquina que no comprometa la vida de sus ocupantes, siendo el sistema de frenos ABS uno de los métodos que garantiza la seguridad, especialmente cuando se realiza la acción de frenado brusco o en superficies resbaladizas. Muchos de los vehículos actuales cuentan con sistema ABS, para lo cual tener conocimiento de su funcionamiento y mantenimiento es muy importante, con esto los usuarios sabrán que medida tomar ante un posible fallo y como diagnosticarlo. Mantener este sistema de frenado en óptimas condiciones es necesario para garantizar la seguridad para los ocupantes del automotor. Todos los sensores con los que cuenta el vehículo tienen sus parámetros de funcionamiento, y el ABS no es la excepción, es por eso que para realizar el mantenimiento es necesario conocer estos parámetros para luego con ayuda de los equipos necesarios comprobar si el sensor que se está analizando cuenta con parámetros que vayan dentro de lo establecido. En el caso de no cumplir, es importante identificar la causa ya sea una interferencia en la señal, algún cable en mal estado, presencia de vacíos en el sistema, fallas en las electroválvulas, etc. Otra cosa trascendental en el diagnóstico del ABS es conocer el comportamiento de la gráfica de funcionamiento, con ayuda de un osciloscopio se puede realizar el diagnóstico basándose también en la gráfica. Gracias a este sistema de diagnóstico se puede conocer en qué condiciones está trabajando el sensor y entender el funcionamiento y la importancia en cuanto a seguridad se refiere, del ABS.

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Evaluar la gestión electrónica del sistema ABS con ayuda del analizador Bosh FSA-740 para realizar un respectivo mantenimiento, corrigiendo las fallas que se identifiquen.

1.1.2 Objetivos específicos:

- Comprender el funcionamiento y generalidades del sistema ABS para entender su importancia en los vehículos.
- Realizar un diagnóstico completo del sistema ABS en el vehículo Volkswagen Amarok 4x2 Básica AA 2HBA23 del año 2010, y corregir los daños que se presenten.
- Revisar los resultados obtenidos antes y después de corregir las fallas en el sistema ABS, para determinar y analizar qué parámetros se han modificado.

1.2 Antecedentes

El automóvil ha sido uno de los inventos más exitosos a lo largo de historia, el cual ha permitido que se pueda movilizar de un lugar a otro de una manera más rápida. Una parte importante de este medio de transporte es sin duda la seguridad, ya que al moverse con una velocidad determinada es necesario tener un sistema que permita la reducción de esa velocidad. Uno de los sistemas que más se ha adaptado en los vehículos y ha tenido total acogida es el ABS (sistema de frenos antibloqueo) el cual viene heredado de la aviación, “la primera forma primitiva de ABS fue desarrollada en la década de 1920 por el pionero francés Gabriel Voisin, inicialmente para ayudar a frenar en aviones. Sin embargo, no fue hasta la

década de 1970 que el ABS se adaptó y se introdujo en el mercado de vehículos comerciales a gran escala” (TrackDays, 2018).

“El sistema antibloqueo de frenos (ABS), es un sistema integrado en el circuito de frenos clásico, teniendo como misión evitar el bloqueo de las ruedas, aún en el caso de un frenado a fondo o de un frenado en situaciones de peligro, como por ejemplo en calzadas resbaladizas” (Zapatería, 2017).

“El rendimiento de este ciclo depende de la determinación precisa de la relación de deslizamiento, el tiempo de aplicación y el nivel de presión de los frenos. Por este motivo, las variaciones inusuales de la velocidad de la rueda y la presión de los frenos que se producen por cualquier motivo provocan oscilaciones en la relación de deslizamiento” (Tural, 2020).

“Los sensores de las ruedas detectan cuando los neumáticos de su automóvil comienzan a bloquearse. Luego, aplican y sueltan (pulsan) los frenos rápidamente para evitar que las llantas patinen automáticamente” (Zheng & Wang, 2016).

“Los sensores de frenos antibloqueo generalmente se activan magnéticamente. A medida que los dientes del reductor pasan por el sensor, el ritmo de pulsación normal del movimiento de la rueda indica un funcionamiento normal. Es cuando la velocidad del reductor a través del sensor cambia drásticamente (las ruedas disminuyen la velocidad o se detienen) que el ABS pulsa la aplicación del freno. En ese instante, bombea presión hidráulica a los frenos en rápida sucesión, a veces tan rápido como 15 veces por segundo, dependiendo del sistema. Esta función produce un frenado intermitente y cierto nivel de control de la dirección” (Smart, 2020).

1.3 Formulación del problema

¿Es importante que el sistema de frenos ABS se encuentre en estado óptimo de funcionamiento para garantizar la seguridad al momento de frenar el vehículo?

A lo largo del tiempo uno de los sistemas más importantes que tienen los vehículos es el sistema de frenado, si bien este sistema ha ido evolucionando para brindar seguridad, es en estos últimos tiempos que se ha venido incorporando el sistema ABS, pero como todo sistema del vehículo, requiere mantenimiento para su correcto funcionamiento, y evitar que, por suciedad acumulada, deterioro de los cables o fallos generales, este sistema presente anomalías al momento de que esté realizando su trabajo.

Al notar algún síntoma extraño en el funcionamiento del sistema ABS, lo mejor es identificar dicho daño y repararlo para evitar una posible avería mayor en todo el sistema y precautelar la seguridad de los ocupantes en el vehículo.

1.4 Justificación

La presente investigación está relacionada con el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025, especialmente con el objetivo número 3, que expresa “Fomentar la producción y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular” el cual, en su política 3.1 menciona “Mejorar la competitividad y productividad agrícola, acuícola, pesquera e industrial, incentivando el acceso a infraestructura adecuada, insumos y uso de tecnologías modernas y limpias” (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

Asociando este objetivo con el campo automotriz, se pretende promover la innovación a base de investigaciones y capacitaciones para preparar a técnicos, los cuales, gracias a esto puedan ayudar al desarrollo productivo en el Ecuador, enfocándose en la seguridad de los

vehículos, utilizando herramientas tecnológicas modernas para realizar un correcto diagnóstico.

En el presente trabajo de investigación se realizará un análisis a fondo sobre el funcionamiento del sistema ABS en los vehículos, las fallas comunes que se producen, qué hacer cuando estas fallas aparecen, y cómo influye este sistema en la seguridad del vehículo.

1.5 Alcance

Mediante el presente trabajo se va a estudiar más a detalle el funcionamiento del Anti-Block System en el vehículo Volkswagen Amarok 4x2 Básica AA 2HBA23, año 2010 con el que se pretende conocer el método de funcionamiento e identificación de alguna falla o anomalía del sistema de frenos ABS del vehículo. Adicionalmente se realizará un análisis del sistema ABS con un comprobador rápido y preciso de sistemas eléctricos “Bosh FSA 740” donde se va a analizar el sistema de frenos ABS con diferentes pruebas para determinar si el sistema está en óptimas condiciones, también se procederá a simular fallas con algunas pruebas provocadas intencionalmente (sensor con demasiada suciedad, averías en el cableado de los sensores), con el fin de conocer cómo se comporta el sistema ABS y los datos que nos arrojará en el equipo de diagnóstico mencionado. Posteriormente se tomará notas de todos los datos obtenidos del sistema en condiciones óptimas de trabajo y con las diferentes simulaciones de fallas para su estudio, conclusiones y recomendaciones.

1.6 Historia del sistema ABS

El automóvil ha sido uno de los inventos más beneficiosos y útiles para la sociedad desde su creación, ha favorecido a la movilización de la sociedad con ventajas como la comodidad y la rapidez, no obstante, también ha sido uno de los protagonistas de muchos accidentes de tránsito debido al modo de manejo de los usuarios y estado mecánico del vehículo. Los frenos

ABS (Anti-Block System) han sido y son una gran innovación desde su invención y fabricación que se remota a los 1940, “El objetivo de un sistema de frenos ABS es evitar el bloqueo de las ruedas y la consiguiente pérdida de control, este sistema mide en tiempo real la velocidad angular de cada rueda para detectar cuando se bloquea una rueda por exceso de presión en el circuito” (Clavero, 2018).

Curiosamente su primer uso no fue en los vehículos, los primeros en usar el sistema de frenado ABS fueron los aviones dados por su creador Gabriel Voisin, “Sistemas meramente mecánicos que 26 años después formarían parte del reconocido Jensen FF” (BARDAHL, 2018), el cual hace referencia a uno de los primeros vehículos de fórmula 1 de tracción en las cuatro ruedas que en su tiempo fue bastante extravagante por sus componentes tanto de diseño como de motor e innovaciones y su precio bastante inaccesible. “Los ingenieros de la Jensen se quebraban la cabeza por develar los misterios del FF, como accionamiento del sistema de frenos en terrenos irregulares o en climas fríos, la fragilidad del sistema 4WD, cuyo diseño no estaba preparado para soportar la potencia del motor Chrysler que lo impulsaba” (Franco, 2017).

Después de las pruebas realizadas y no haber obtenido los resultados esperados, el proyecto del ABS quedó estancado varios años hasta lograr que funcione de la manera deseada. “Fue en 1936 cuando la compañía alemana Bosch patenta una idea basada en hacer que fuera más difícil bloquear una rueda en una frenada brusca” (Pérez, 2018).

Se lo había realizado con diferentes métodos de pruebas en los cuales se esperó comprobar mayor eficacia en los resultados de las mismas, pero su resultado no fue el esperado, así que la compañía lo dejó en segundo plano y estancado por la mala efectividad que daba el sistema, esto debido a que el sistema ABS mecánico no es efectivo a niveles Premium, se necesitaba ayuda de la electrónica para que el sistema fuera de gran utilidad. “Hubo que esperar más de

cuatro décadas para que la electrónica pudiera suplir todas sus deficiencias y perfeccionara un sistema de seguridad básico de los coches actuales” (Pérez, 2018), en la cual se menciona que para la primera generación del sistema ABS sus componentes de funcionamiento llegarían alrededor de mil elementos para el funcionamiento, haciéndolo algo complejo la detección de fallas y aumentando el peso de vehículo.

“Después de 14 años se desarrolló un nuevo segmento con una reducción de componentes bastante considerable a 140 elementos, finalmente estuvo preparado el ABS de segunda generación, que se ofreció como un accesorio opcional en el Mercedes Benz Clase S de la época (1978) y enseguida en el BMW Serie 7” (AVENDAÑO, 2018). Debido a que Bosch era una industria alemana se había asociado con dos marcas de vehículos reconocidas mundialmente del mismo país de origen, esto como una buena estrategia de marketing al proponer de los servicios del sistema de frenos ABS en el Mercedes Benz Clase S W116 del año de 1978, un vehículo de alta gama y en conjunto con el sistema ABS lo hacía más atractivo por su innovación de seguridad de frenado.

Las primeras pruebas se las realizaron en un evento en Untertürkheim el mes de agosto de 1978 haciendo públicas las capacidades de funcionamiento del sistema ABS en diferentes tipos de superficies de calzada, el modo de demostrar la efectividad fue con un vehículo de similar pero sin ABS y comparando los resultados de las pruebas de ambos vehículos, demostrando así la garantía que conlleva el sistema de frenos anti bloqueo, Al comprobar la fiabilidad del sistema empezaron a seguir innovaciones del mismo, con reducción de elementos para ayudar a aliviar peso del sistema y se añadió elementos más compactos y más fiables. “Con el paso de los años el sistema fue haciéndose mucho más sencillo y al mismo tiempo más eficaz. Pronto empezó a generalizarse la instalación en muchas marcas y modelos por su buen funcionamiento” (AVENDAÑO, 2018)

Para el año de 1995 la compañía Bosch presenta nuevas innovaciones del sistema ABS 5.3 del cual consta de un sistema de control electrónico Hydro-Electronic Control Unit (HECU) el cual consta de 4 sensores y cuatro canales con una línea de frenos en X. y comenzó la producción del programa de estabilidad electrónico (ESP), tratando siempre de darle un plus a el sistema original aportando más seguridad y confianza de los usuarios, y en 1998 se lanza otra versión mejorada del ABS 5.7 con ventajas de bajo peso a 2.5kg y con un microprocesador de 48Kb. “El año 2000 representa un hito para el ABS pues el 60% de los vehículos a nivel mundial ya lo incluyen y la innovación no ha parado pues en 2001 Bosch introduce el ABS 8, una nueva generación modular que incorpora los sistemas ESP y TCS, como también funciones adicionales que lo hacían más versátil” (Hartman, 2017).

Para el 2022 el sistema de frenos ABS está por cumplir 45 años desde su creación y ha dado un aporte gigantesco a la industria automovilística y a la seguridad vial, tanto así que en la actualidad en países sub desarrollados los vehículos tienen que tener incorporado el sistema ABS de fábrica para salir a la venta, y no solo en vehículos ligeros, ahora existen el sistema para los vehículos de carga pesada y también para las motocicletas. Las innovaciones se estudian cada vez más para trabajar en conjunto con el sistema de frenado y en los años próximos seguramente habrá nuevas actualizaciones y beneficios para los conductores facilitando la conducción y evitando accidentes de tránsito.

1.7 Componentes

El conjunto del sistema ABS comprende de varios elementos que se dividen en el sistema convencional de frenos mecánicos y el sistema de frenos electrónico ABS, todos en conjunto hacen posible el funcionamiento del sistema.

1.7.1 Componentes convencionales del freno mecánico

1.7.1.1 Pedal de freno

Este elemento realiza la función de conducir la fuerza impuesta por el conductor a todo el sistema de frenos dependiendo la necesidad a la que se desea, ya que conforme sea ejercida la fuerza sobre el pedal de freno se reducirá la velocidad del vehículo, se lo realiza mediante una palanca mecánica que es accionada por medio del pie del conductor. La distancia la cual generalmente tienen recorrido de 4cm y su máximo recorrido es hasta los 6cm.

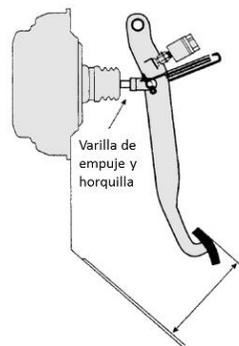


Figura 1.1 Pedal de Freno

Fuente: (e-auto, 2021)

1.7.1.2 Servofreno

Este elemento es conocido por ser un multiplicador de fuerza de frenado, sus estudios mencionan que aumenta la fuerza de frenado de 2 a 4 veces, su efectividad se da en cuanto al tamaño de área del servofreno, donde la presión atmosférica y el vacío generado actúan ayudando a aumentar la fuerza del frenado, si el área de servo es mayor también lo será la potencia de frenado. “Dentro del servofreno nos encontramos con dos cámaras, una de

presión variable que se encuentra al principio de la válvula y otra de presión constante, ambas están separadas por un diafragma que tapona el conducto que las une” (Schwenke, 2020). En la primera cámara es donde está la presión atmosférica y en la segunda cámara está el vacío de presión constante, al ejercer presión sobre el pedal de freno los muelles junto a un embolo presionan una membrana que aleje ambas cámaras haciendo que el vacío actúe por la cámara de presión variable con el fin de que la presión atmosférica disminuya facilitando al conductor en la suavidad de ejecución desde una frenada leve hasta una frenada brusca.

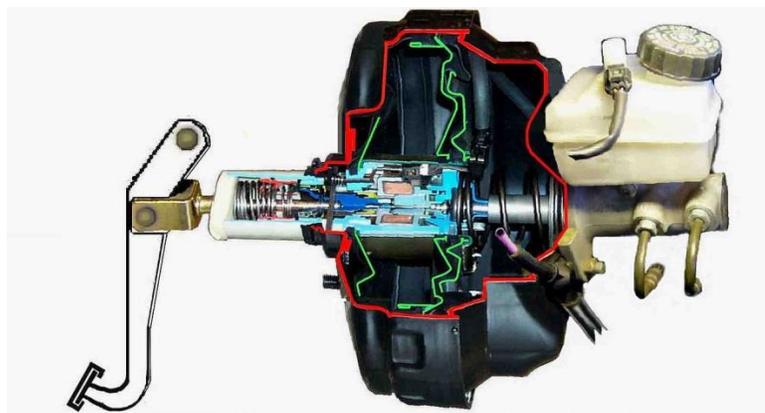


Figura 1.2 Servofreno

Fuente: (Azuara, 2021)

1.7.1.3 Cilindro maestro

“Presente dentro del sistema de frenado del vehículo, la bomba de freno, también conocida como cilindro maestro, convierte la fuerza mecánica en presión hidráulica, gracias a la cual nuestro coche puede reducir la velocidad gradual o repentinamente” (Frenkit, 2019).

Su función es la presurización del líquido de frenos o mantener la presión a lo largo del circuito hidráulico del sistema de frenos, este recibe la fuerza mecánica del servofreno y la transmite a la bomba de freno comprimiendo el líquido hidráulico hasta llegar al émbolo de la pinza de freno que es el encargado de comprimir las pastillas de freno con el disco.

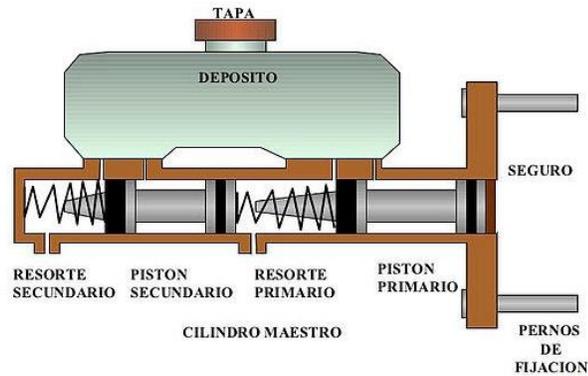


Figura 1.3 Cilindro Maestro

Fuente: (Frenkit, 2019)

1.7.1.4 Disco de freno

Son elementos de acero fundido los cuales son sometidos a un rozamiento por medio de pastillas de freno que son presionadas mediante un sistema hidráulico en las caras interna y externa del disco, cuya función principal es reducir la velocidad del vehículo haciendo que las ruedas se frenen.

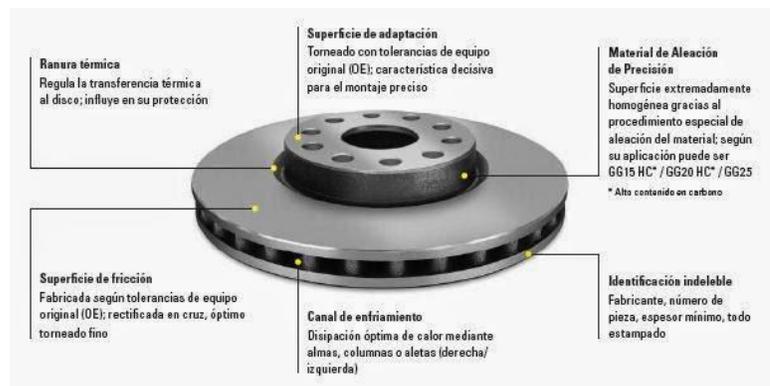


Figura 1.4 Partes del disco de freno

Fuente: (Automotorez, s.f.)

1.7.2 Componentes del sistema de freno electrónico ABS

1.7.2.1 Sensores de ruedas

Conocidos también con el nombre de Captadores de rueda, tiene la función de censar y medir la velocidad de las ruedas en la que esté instalado el sistema, envía permanentemente

información a la Unidad de Control Electrónico. Esto lo hace mediante un captador que funciona con el principio de la inducción que está formado por un imán y una bobina en conjunto con la unidad hidráulica de freno, este imán genera un campo magnético constante que con el paso de los dientes de la corona frente al imán generan una señal de tensión eléctrica, conforme rueda la llanta el captador recibe la señal correcta en función de la distancia entre diente y captador de frecuencia, así detecta la velocidad de giro de la rueda.



Figura 1.5 Sensor de rueda
Fuente: (AUTOMOTRIZ, 2020)

1.7.2.2 Unidad de control electrónico

Es el cerebro del sistema ABS ya que su función es analizar las señales que envía el sensor de rueda y disponer de la función adecuada en el momento adecuado enviando las señales a las válvulas ABS en conjunto con la unidad hidráulica de frenos. Este elemento trabaja independientemente con cada rueda del vehículo es decir con cada sensor independiente. En algún caso donde no haya similitud en la información que entreguen cada uno de los sensores la unidad de control electrónica aduce que hay posibilidad de peligro de bloqueo con alguna rueda y da paso al proceso de regulación de frenada.

La unidad de control electrónica también procede a realizar acciones autónomas con el fin de rectificar su propio funcionamiento, esto con el fin de hacerse un auto diagnóstico y tener un buen control de trabajo, también posee una memoria interna con la cual guarda fallos o daños anteriores, funciona como un historial de fallas para un diagnóstico detallado. En el momento del encendido del vehículo la ECU del ABS realiza una serie de comprobaciones del sistema tanto eléctricos, hidráulicos y de sensores en cuestión de segundos, si los componentes están bien la luz testigo del ABS procese a apagarse en segundos, si algo no anda bien con alguna comprobación errónea el sistema la luz testigo permanecerá prendida para el pronto análisis del mismo.

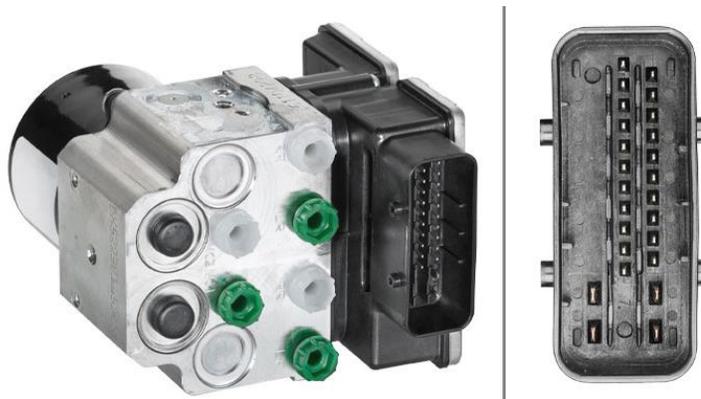


Figura 1.6 Unidad de control electrónico

Fuente: (HELLA, 2020)

1.7.2.3 Electroválvulas

Están conformadas por un solenoide y un inducido móvil que tiene la función de abrir y cerrar la válvula conforme sea necesario, las entradas y salidas en las electroválvulas tiene filtros para evitar taponamiento y como método de limpieza. “El circuito de frenado está provisto de dos electroválvulas de admisión abiertas en reposo y de dos electroválvulas de escape cerradas en reposo. Será la acción separada o simultánea de las electroválvulas la que permitirá modular la presión en los circuitos de frenado” (Rodríguez Galbarro, 2021).

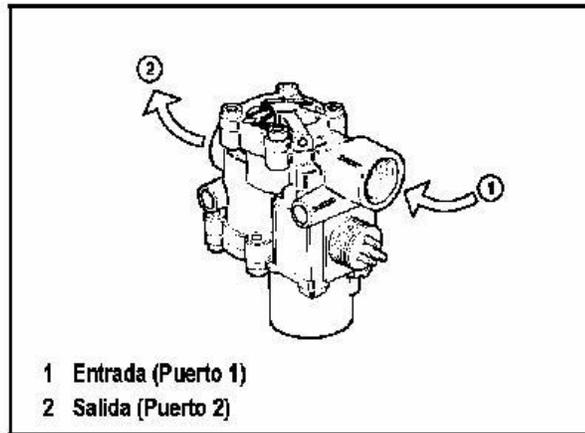


Figura 1.7 Electroválvula

Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2021)

1.7.2.4 Motor bomba

Está conformado por un motor eléctrico y una bomba hidráulica que cumplen con la función de negar el paso de líquido hidráulico en la fase de regulación de bombines de la bomba de frenos. Concretamente se encarga de transformar el movimiento del giro del motor eléctrico en un movimiento alternativo de los pistones de la bomba hidráulica.



Figura 1.8 Motor bomba

Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2021)

1.7.2.5 Acumulador de baja presión

“Durante la actuación del sistema de ABS recibe el líquido de freno que pasa por la electroválvula de escape. El nivel de presión necesario para el llenado del acumulador de baja presión debe ser lo suficientemente bajo para no interferir en la caída de presión

necesaria en la fase de regulación, pero lo suficientemente alta como para vencer el tarado de la válvula de entrada de la bomba.” (Rodríguez Galbarro, 2021).

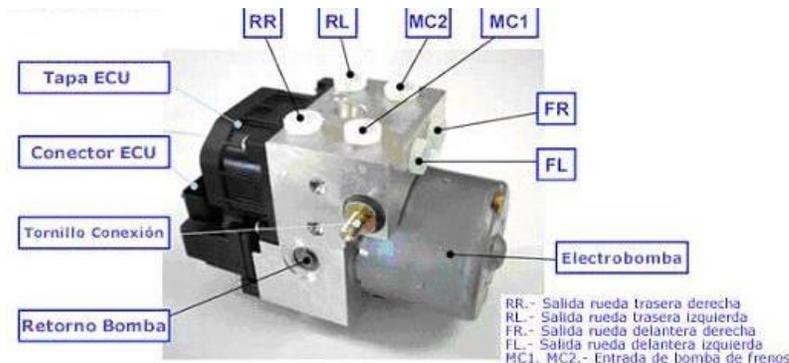


Figura 1.9 Acumulador de baja presión

Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2021)

1.7.2.6 Interruptor de luces de freno

Es el que lleva la señal eléctrica a las luces de freno cuando el pedal de freno está presionado, cuando la ECU recibe esta información de freno accionado se pone en acción el sistema antibloqueo, mientras la ECU no registre la señal eléctrica de uso de pedal de freno, no se efectuará el trabajo del sistema ABS.

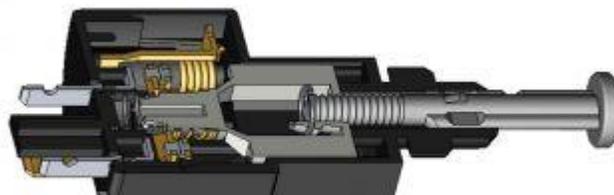


Figura 1.10 Interruptor de luz de freno

Fuente: (FAE, 2021)

1.8 Tipos de seguridad

El automóvil es una herramienta fantástica a nivel funcional, ha facilitado muchas tareas y dado confort a los usuarios de gran manera, pero de igual forma ha sido protagonista de varios accidentes que han tenido precios altos, tanto así que se han llevado vidas en las

carreteras, hoy en día la seguridad de un vehículo no se compara a nada a la seguridad que se tenía hace varios años atrás, donde lo más seguro para el pasajero y los ocupantes era el cinturón de seguridad que poco o mucho ayudaban en la colisión de un vehículo.

La tecnología ha avanzado de manera espléndida a día de hoy, tanto que ahora en los vehículos tenemos categorías de seguridad en los mismos. Clasificado en seguridad activa y seguridad pasiva, los cuales se pueden diferenciar de manera muy fácil.

- **Seguridad Activa:** Son todos los elementos o ayudas que tiene el vehículo para prevenir antes de un accidente,
- **Seguridad Pasiva:** Son todos los elementos que se ponen en uso cuando el accidente o colisión ya se ha dado.

En este caso el sistema de frenos anti bloqueo ABS es un tipo de seguridad activa ya que “Vale la pena considerar que los sistemas de accionamiento eléctrico de los sistemas de seguridad activa son una parte integral del sistema de frenado del vehículo que influye en la seguridad del tráfico durante la operación” (Dígalo, Keller, & Evtiukov, 2020).

Entre las ventajas que se puede hacer énfasis es que el sistema de frenos ABS nos brinda un aporte “antes de” y “en medio de” un posible accidente ya que este permite maniobrar el vehículo en un posible impacto o colisión, ayudando a tener el control del vehículo, siendo una creación garantizada que hoy en día más del 60% de los vehículos a nivel mundial portan este mecanismo de seguridad activa, aportando con la seguridad vial y la de los conductores y pasajeros.

1.9 Problemas en el sistema ABS

El sistema ABS al ser un sistema electrónico se debe tener mayor precaución al momento de realizar cualquier tipo de mantenimiento en los frenos, debido a que una mala acción

puede afectar a este sistema, provocando fallos al momento del frenado. Algunas de las averías más comunes que se pueden generar en este sistema son:

1.9.1 Burbujas de aire

Cuando existe aire en el sistema ABS, este tiende a fallar, para evitar esto es necesario realizar una purga de aire, esto consiste en accionar el freno varias veces, luego mantenerlo presionado mientras se abre el tornillo de purga (Loctite Teroson, 2021).

En vehículos modernos, esta acción se lo puede realizar con ayuda de un escáner.

1.9.2 Cables en mal estado

Con el paso del tiempo, los cables suelen deteriorarse y más aún si se en estos sensores se realizan trabajos bruscos, pelando o rasgando los cables. Si esto sucede lo recomendable es corregir lo antes posible estos fallos para el funcionamiento correcto del sensor y garantizar un buen frenado (Loctite Teroson, 2021).

1.9.3 Averías en la ECU

El fallo del sistema de frenos ABS en ocasiones puede causarse debido a que existe algún desperfecto en la Unidad de Control del vehículo. Lo que puede provocar que los datos que recibe la ECU se procesen de manera errónea, por ende, la información que reenvíe la centralita no es la correcta, provocando el funcionamiento incorrecto del ABS (Loctite Teroson, 2021).

1.9.4 Falla en el sensor

Como es de conocimiento, cuando el vehículo está en movimiento las ruedas están en todo momento en funcionamiento, soportando golpes, agua, polvo, etc. Esto provoca que los sensores que se encuentran en las ruedas, en especial el sensor ABS, con el paso del tiempo

sufran daños, precisamente por lo antes mencionado, el agua, el polvo, los golpes, etc (Loctite Teroson, 2021).

El cuidado, el correcto diagnóstico y una buena reparación, son los puntos fundamentales para que el sistema ABS de los frenos funcione correctamente. Al ser este sensor un elemento de seguridad, es primordial que este se encuentre en buen estado y funcionando de la mejor manera.

1.10 Funcionamiento del sistema ABS

El sistema ABS básicamente es el encargado de impedir que las ruedas pierdan tracción al momento de frenar el vehículo. El ABS consta de dos sistemas, el hidráulico el cual funciona por medio de una válvula que regula la presión del líquido de frenos, y electrónico el cual consta de sensores que se ubican en las ruedas, accionándose gracias a una rueda dentada que las ruedas tienen incorporadas (Pecolt et al., 2021).

1.10.1 Fases de funcionamiento

1.10.1.1 Primera fase: sin acción de frenada

En esta fase no se realiza ninguna acción de frenado, por lo tanto, la electroválvula de entrada se encuentra abierta, mientras que la electroválvula de salida permanece cerrada. Con esto, cuando se realice una frenada normal, el sistema funciona con la bomba convencional (Borja, 2009).

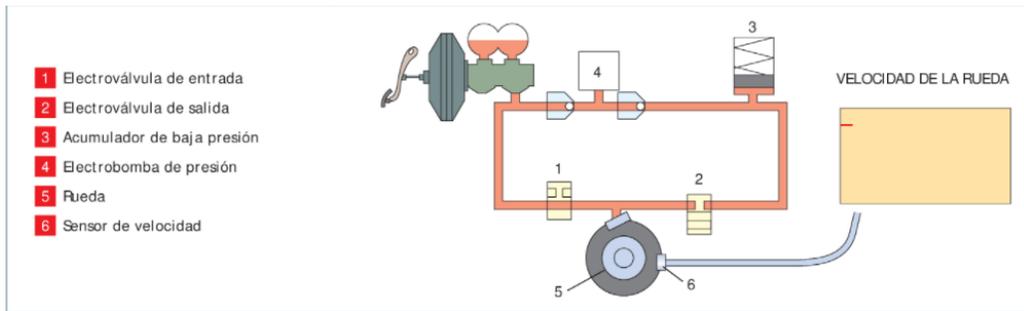


Figura 1.11 Primera fase de funcionamiento del sistema ABS

Fuente: (Borja, 2009)

1.10.1.2 Segunda fase: frenada sin bloqueo de ruedas

En esta fase el pedal de freno es accionado, en ese momento, el interruptor que tiene el sistema ABS informa a la Unidad de Control que se está procediendo a realizar el frenado. La ECU recibe la información de los sensores, detectando la desaceleración que sufre el vehículo, en este caso, al analizar que la frenada no es brusca, la centralita no activa al sensor ABC, accionando el freno convencional (Borja, 2009).

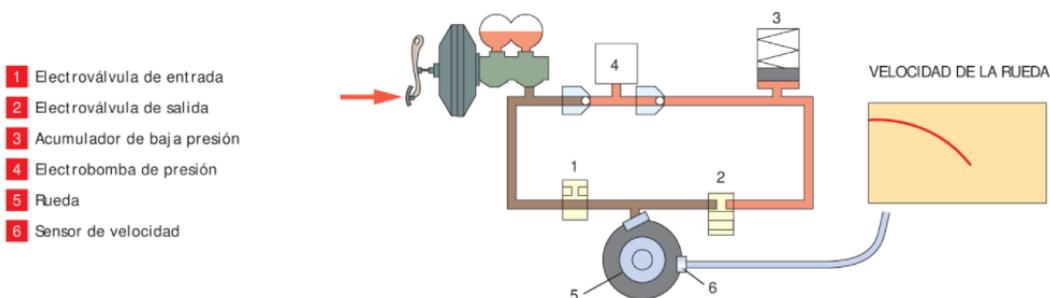


Figura 1.12 Segunda fase de funcionamiento del sistema ABS

Fuente: (Borja, 2009)

1.10.1.3 Tercera fase: bloqueo de ruedas

Cuando una rueda es bloqueada, se necesita disminuir la presión del frenado, por lo tanto, la electroválvula de entrada permanecerá cerrada, y la electroválvula de salida se abre, liberando el líquido para reducir la frenada y evitando la bloqueada de la rueda (Borja, 2009).

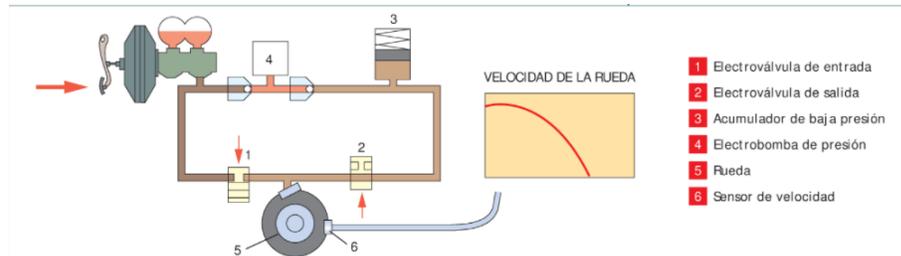


Figura 1.13

Tercera fase de funcionamiento del sistema ABS

Fuente: (Borja, 2009)

1.10.1.4 Cuarta fase: degradación de la presión

En esta fase, el conductor realiza una frenada brusca, obligando a los frenos a actuar con fuerza sobre las ruedas. La ECU se encarga de cerrar la electroválvula de salida, luego abre la electroválvula de entrada, conectando una electrobomba de presión, logrando un aumento de la presión hidráulica para extender la frenada en las ruedas (Borja, 2009).

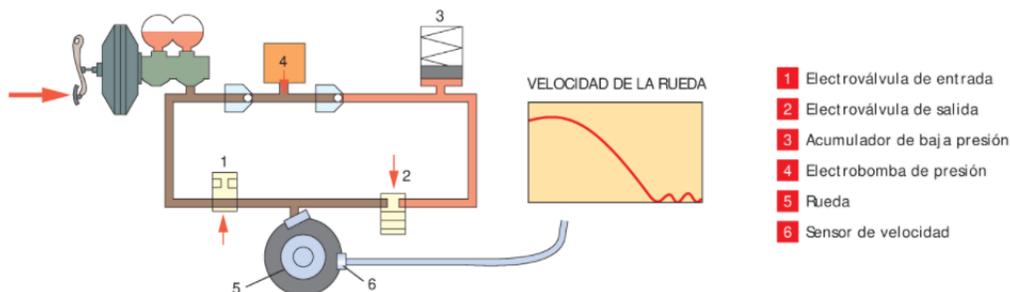


Figura 1.14 Cuarta fase de funcionamiento del sistema ABS

Fuente: (Borja, 2009)

1.11 Innovación del sistema ABS

Si bien el sistema ABS es más conocido por estar presentes en vehículo, algunas empresas de innovación, especialmente Bosh, ha querido implementar este sistema en otros medios de transporte, en específico ha estado desarrollando una bicicleta eléctrica que cuenta con el frenado asistido.

Bosh eBike ABS es el primer sistema de frenos con antibloqueo que se ha fabricado en serie especialmente para bicicletas eléctricas. Así la empresa alemana continúa destacando entre su competencia, logrando implementar el ABS en vehículos de dos ruedas (Bosch, 2020).



Figura 1.15 Bosh eBike ABS

Fuente: (Bosch, 2020)

1.11.1 ABS para la rueda delantera

Cuando el freno de la bicicleta es accionado fuertemente, el Bosh eBike ABS regula esta fuerza, permitiendo tener estabilidad en el instante del manejo, especialmente cuando la pista esté en condiciones resbaladizas (Bosch, 2020).



Figura 1.16 ABS en ruedas delanteras

Fuente: (Bosch, 2020).

1.11.2 Regulador de elevación de la rueda trasera

Este tipo de regulador disminuye la posible elevación que puede sufrir la rueda trasera en caso de una frenada brusca con el freno delantero. Gracias a este regulador se reduce la posibilidad de vuelco y permite tener un accionamiento del freno delantero más efectivo (Bosch, 2020).



Figura 1.17 Regulador de elevación de la rueda trasera

Fuente: (Bosch, 2020).

1.12 Equipo de medición Bosh FSA-740

El FSA 740 es un módulo de medición con comprobación rápida y precisa que ayuda en la lectura de sistemas electrónicos de los vehículos con un sistema informático completo que ayuda a la comprobación de componentes eléctricos y electrónicos vehiculares.

Cuenta con osciloscopio de 2 canales Premium de alta precisión, entregando una excelente tasa de muestreo de imágenes y captura de las mismas, facilitando a los técnicos a la lectura de las señales a medir resolviendo de manera más sencilla y rápida los problemas eléctricos y electrónicos de los vehículos, consta de algunas ventajas como:

- Comprueba los componentes eléctricos o electrónicos sin la necesidad de desmontarlos
- Generador de señales para la comprobación de los sensores instalados
- Conectividad inalámbrica facilitando la movilidad del diagnóstico.



Figura 1.18 Equipo de medición BOSCH FSA740
Fuente: (BOSCH, 2020)

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Método de Investigación

Para el presente trabajo de grado se utilizaron tres tipos de metodologías, la metodología documental, la metodología experimental y la metodología analítica

Metodología Documental. – Se optó por la metodología documental para la recopilación de información en los distintos medios de búsqueda como artículos científicos, libros, tesis, páginas webs confiables, que sostengan el tema de tesis a desarrollar con principal atención en los antecedentes y resultados que nos ayudaran a finalizar el trabajo de grado.

Metodología Experimental.- También se utilizó la metodología experimental puesto que pudimos manipular diferentes variantes de las pruebas con el equipo BOSCH FSA 740 que cuenta con diferentes software para el análisis y visualización de funcionamiento de los sensores, con el fin del estudio en las posibles relaciones que obtengamos de cada una de ellas, observando el comportamiento del sistema en cada etapa de las pruebas, comparando y describiendo los resultados obtenidos en cada simulación de falla del sistema de frenos ABS.

Metodología Analítica. - Esta metodología se aplicó en base a los datos obtenidos en las anteriores metodologías ya que nos proporciona ir de lo general a lo específico en el desarrollo de las conclusiones y recomendaciones de la metodología experimental con base en la metodología documental, con el fin de concretar con argumentos sólidos todo nuestro trabajo de grado.

2.1.1 Enfoque investigativo

El principal enfoque del trabajo de grado es evaluar el sistema de frenos ABS del vehículo propuesto, obteniendo datos de cómo es su comportamiento en diferentes pruebas y simulación de fallas provocadas con intención, recopilando datos y comparándolos para su posterior análisis e identificación de los rangos de funcionamiento prestando principal atención a la evaluación de la gestión electrónica del trabajo del sistema de frenos ABS.

2.2 Materiales y equipos

Para la extracción de datos necesarios en la realización del trabajo de grado fue primordial contar con un vehículo con sistema OBD-II, adicionalmente se necesitó herramientas para desmontaje y evaluación del sistema mecánico de frenado y herramientas electrónicas.

2.2.1 Equipos

En la tabla 2.1 se describe los equipos que se utilizó en el trabajo.

Tabla 2.1 Equipos
Descripción
Bosch FSA 740
Volkswagen Amarok
FSA 720
KTS 560
Conectores lagarto y aguja
Juego de llaves y dados

2.2.1.1 Equipo de diagnóstico FSA-740

Es un sistema bastante detallado que tiene distintas y sofisticadas funciones de medición de datos electrónicos, prueba de sensores, diagnóstico de unidades de comando y analizador de gases de varios vehículos y diferentes marcas vehiculares.



Figura. 2.1 BOSCH FSA 740

Fuente: (BOSCH, FSA 740 – equipo de medición con KTS, 2020)

En la tabla 2.2 se detalla los datos técnicos de este equipo de diagnóstico, el BOSH FSA740 tiene una serie de funciones que facilita los análisis electrónicos de los vehículos en diferentes marcas. Esta máquina es de gran ayuda a la hora de diagnosticar alguna falla en los autos, debido a que cuenta con un software en el cual se encuentra mucha información sobre los sensores y los parámetros en los que estos deben trabajar, así como también las gráficas de funcionamiento que permiten realizar un diagnóstico más detallado.

Tabla 2.2 Datos técnicos del Bosch FSA 740

Osciloscopio de 2 canales	Tasa de escaneado 50 MS/s
Generador de señales	10 to 12 V con 4 formas de señal, 1 Hz a 1 kHz
Rango de medición de voltaje	0 a 60 V
Rango de medición de corriente	0 a 1000 A
Rango de medición de resistencia	0 a 1 MΩ
Rango de medición del voltaje de encendido	hasta ± 50 kV
Rango de medición de la velocidad de rotación	100 a 12 000 1/min
Rango de medición de la temperatura del aceite	-20 °C a 150 °C
Rango de medición de la temperatura del aire	-20 °C a 100 °C
Rango de medición de la presión (atmosférica)	-800 hPa a 1500 hPa
Rango de medición de la presión de líquido	0 a 1000 kPa
Número de pruebas de componentes	50 pre configuradas
Número de procedimientos de prueba guiados	18 (con valores establecidos)
Número de señales del sensor visibles simultáneamente	6
Almacenaje de secuencias de señales	SI
Fuente de alimentación	220 V AC - 240 V AC, 50 / 60 Hz, 700 W
Rango de temperatura de funcionamiento	5 °C a 40 °C
Dimensiones (al x an x pr)	1780 x 860 x 760 mm
Peso	91 kg

Fuente: (BOSCH, 2022)

2.2.1.2 Equipo de diagnóstico FSA-720

“Es un módulo que dispone de un amplio equipamiento de sensores para un trabajo productivo. Con 10 ranuras de sensores, una de ellas disponible para sensores de nuevas tecnologías, este sistema de medición tiene todo lo necesario para realizar un amplio rango de pruebas. La versatilidad del FSA 720 ofrece una medición y comprobación cómodas de las señales del motor en todos los componentes.” (BOSCH, 2022)

- 50 pruebas de componentes montados en el vehículo

- Osciloscopio con 2 canales de alto rendimiento
- Software SystemSoft y comprobación del sistema vehicular
- Combinación con módulos KTS para visualización de valores reales de diagnósticos de ECU.



Figura 2.2 FSA 720
Fuente: (BOSCH, 2022)

2.2.1.3 Equipo de diagnóstico KTS 560

“Bosch KTS 560 es un equipo de diagnóstico que permite identificar cualquier vehículo por su número VIN. Cuenta con una interfaz llamada Diagnostics over Internet Protocol (Diagnóstico sobre protocolo de internet) (DoIP), basada en conexión Ethernet, permitiendo que se pueda transferir datos de una manera más grande, consiguiendo una mejor fuente de información, cosa que se ha vuelto indispensable en la actualidad debido a que la mayoría de automóviles cuentan con tecnología más avanzada, por ejemplo, permite analizar los sistemas de asistencia al conductor (ADAS).” (MotorOK, 2020).



Figura 2.3 KTS 560
Fuente: (BOSCH, 2022)

Tabla 2.3 Datos técnicos KTS 560

KTS 560	Multímetro de 1 canal
Voltaje de funcionamiento	8V CC-28V CC
Consumo eléctrico a través de la batería o la fuente de alimentación	< 10 vatios
Conexiones al PC	USB 2.0, Bluetooth
Ancho de banda del multímetro	100 kHz
Protocolos del vehículo	ISO 15031, ISO 22900, SAE J2534-1 y -2 (PassThru), ISO 9141-2 (K y L), SAE J1850 VPW y PWM, CAN Alta velocidad ISO 11898, ISO 15765-4 (OBD), CAN Single Wire, CAN Baja velocidad, ISO 13400 (Diagnósticos sobre IP), y otros protocolos específicos del vehículo

Fuente: (BOSCH, 2022)

2.2.1.4 Software ESI [tronic] 2.0

Este software de la marca alemana BOSCH integrado en el FSA 740 tiene varias ventajas a la hora de realizar un diagnóstico del vehículo ya que brinda valores en tiempo real y adicional a esto otorga los manuales de mantenimiento de los elementos del vehículo, pasos a seguir para el mantenimiento, diagramas de circuitos eléctricos y ubicación de sensores y actuadores, Guías de posibles fallos y reparaciones. Esto de un amplio listado de marcas de

vehículos brindando soluciones adecuadas para la reparación y mantenimiento de los mismos. Tiene una relación directa con los valores que proporciona el vehículo en tiempo real con valores teóricos propuestos del manual del vehículo para su fácil y eficaz comprobación.

El ESI [tronic] 2.0 procesa absolutamente todos los pasos que se realizaron en el diagnóstico para posterior a el mismo guardar e imprimir el protocolo realizado dando detalles y parámetros de calidad.



Figura 2.4 ESI [tronic] 2.0
Fuente: (BOSCH, 2022)

2.2.1.5 Multímetro

Elemento eléctrico portátil que permite acceder a las magnitudes eléctricas del vehículo realizando pruebas eléctricas estándar y específicas como voltios. Ohmios, continuidad de corriente, amperios, etc. Equipo ideal para pruebas básicas de sensores ya actuadores y de fácil manejo para pruebas automotrices.



Figura 2.5. Multímetro

Fuente: (BOSCH, 2022)

2.2.2 Vehículo utilizado

El vehículo que se seleccionó para el estudio, pruebas y análisis fue la camioneta Volkswagen Amarok del año 2010 puesto que cuenta con entrada OBD – II y tiene el sistema de frenos ABS en las 4 ruedas, teniendo las especificaciones necesarias para la obtención de datos y pruebas realizadas.



Figura 2.6 Volkswagen Amarok

Tabla 2.4 Datos técnicos

Descripción	
Cilindrada	1968cc
# de cilindros	4 cilindros en línea
Potencia Máxima	163/4000rpm
Par Máximo	400/1750rpm
Combustible	Diésel
Transmisión	Manuela de 6 velocidades
Normativa	Euro 5
Seguridad	
Frenos Anti Bloqueo ABS	4 ruedas
Control De estabilidad	Funcional

Fuente: Volkswagen

2.3 Metodología

En la figura 2.7 se muestra el flujograma el cual sirvió de apoyo en la elaboración del presente trabajo. Mediante este el mismo se muestra un resumen detallado y sintetizado en general del trabajo.

El flujograma hace énfasis en la importancia de la recopilación bibliográfica de la investigación a realizarse la cual se utilizó como apoyo y complemento de la parte teórica del presente trabajo, adicionalmente con la base de datos del equipo FSA 740 en conjunto con los parámetros originales del vehículo.

Adicionalmente se menciona el proceso de selección de vehículo y los pasos para la evaluación de la gestión de funcionamiento del sistema ABS en conjuntos con su estado inicial y con su posterior mantenimiento.

Finalmente se analizará los resultados que se obtuvo en las diferentes pruebas corroborando su buen estado de los elementos del sistema ABS y su correcto funcionamiento.

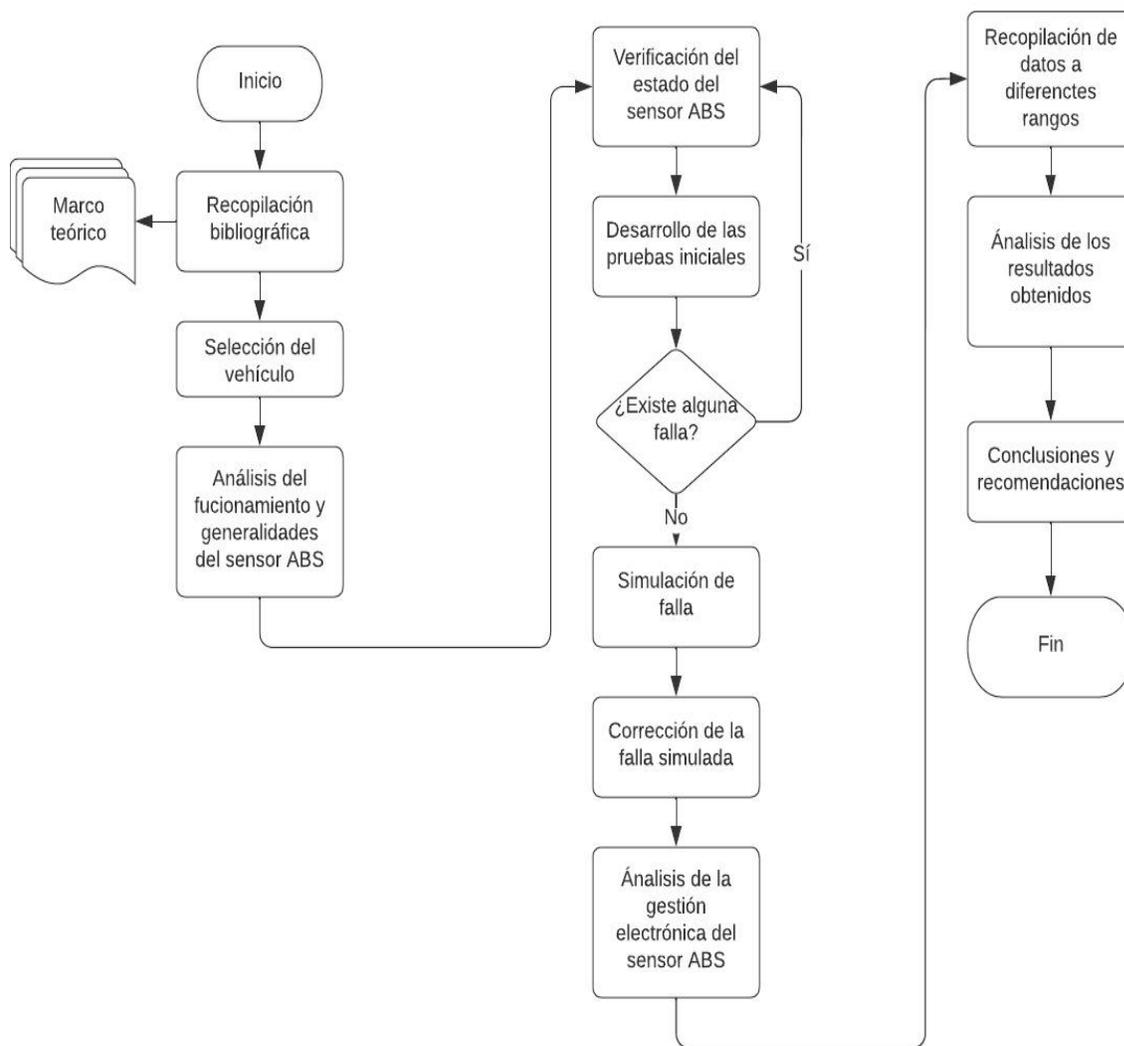


Figura 2.7. Flujograma

2.3.1. Selección de vehículo

El vehículo ha sido seleccionado con base a los requerimientos detallados en los objetivos, que cumpla con las condiciones de tener el sistema de frenos ABS y que cuente con un puerto OBD II para el acceso de la máquina de diagnóstico Bosh FSA 740. El vehículo requerido para las pruebas y diagnóstico fue una camioneta Volkswagen Amarok del año 2010.

La camioneta utilizada para realizar el análisis del sistema de frenos ABS, fue facilitada por la coordinación de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad técnica del Norte.

2.3.2. Análisis del funcionamiento y generalidades del sensor ABS

Previo a la revisión del sensor se realizó una investigación bibliográfica para conocer la ubicación, tipo de sensor y valores teóricos de funcionamiento para el estudio del mismo. También se investigó el procedimiento para el correcto desmontaje y comprobación de funcionamiento con las diferentes herramientas de comprobación de alimentación y señal del sensor.

2.3.3. Verificación del estado del sensor ABS

Se procedió a realizar un análisis visual el cual consta de revisión del cableado de la unidad de control electrónico hasta los sensores de las 4 ruedas del vehículo, consecutivamente se procedió a desconectar los sensores de las ruedas y realizar una inspección visual del estado físico del sensor descartando rupturas, suciedad acumulada y sulfatación en los bornes de conexión del socket.

Adicionalmente se realizó pruebas con herramientas de medición de corriente que en este caso fue el multímetro y el comprobador Bosch FSA 740.

2.3.4. Desarrollo de pruebas iniciales

Para comenzar las pruebas reales experimentales se tomó como referencia los datos obtenidos del manual del vehículo versus los datos reales efectuados en las pruebas, Inicialmente se tomó en cuenta los valores de resistencia en ohmios con el multímetro de cada sensor desconectado para corroborar su funcionamiento, con el multímetro se tomó en

cuenta los valores de señal en voltios para comprobar la alimentación en el terminal de conexión del sensor para comprobar que llegue la señal correcta desde la unidad de mando electrónico hasta el terminal de conexión del sensor, finalmente con ayuda del osciloscopio incorporado en el equipo de diagnóstico Bosch FSA740, con el sensor conectado en sistema de frenos ABS se procedió a girar la rueda y comprobar la señal cuadrática en cada una de las ruedas obteniendo los datos necesarios para el proyecto a realizarse.

2.3.5. Simulación de falla

Comprobando que el sistema ABS está en óptimas condiciones de funcionamiento y sacando los datos necesarios se procedió a simular fallas de funcionamiento con el fin de ver el comportamiento del sistema y compararlos con los datos obtenidos del sistema en buen estado.

Como primera simulación de falla se utilizó un sensor dañado que marcaba valores de resistencia con el multímetro demostrando un defecto en el sistema.

Como segunda simulación de falla se procedió a cubrir en sensor con cinta aislante y comprobar en el osciloscopio la gráfica de funcionamiento.

2.3.6. Corrección de la falla simulada

Analizando las fallas previamente simuladas, se procedió a corregir las mismas para que el funcionamiento normal que venía teniendo el sensor ABS no se vea afectado. Luego de corregir las fallas se comprobó el funcionamiento correcto del sensor en las 4 ruedas del vehículo.

Corrección de la primera falla. - Se procedió a reemplazar y conectar nuevamente el sensor de velocidad de la rueda en buen estado (que cuente con los valores de resistencia en ohmios) al sistema de frenos de la camioneta.

Corrección de la segunda falla – Se retiró la cinta aislante del contorno del sensor de velocidad de la rueda y continuamente se puso dicho sensor en su sitio en condiciones normales de funcionamiento.

2.3.7. Análisis de la gestión electrónica del sensor ABS

Una vez realizadas las investigaciones sobre el sensor ABS y gracias a esa información, se pudo realizar el análisis de la gestión electrónica con ayuda del scanner y osciloscopio, verificando el valor de voltaje y comprobando que llegue la señal correcta. Con el osciloscopio se identificó las gráficas del sensor, que este caso se pudo observar que eran señales cuadráticas de los 4 sensores presentes en el vehículo modelo.

2.3.8. Recopilación de datos a diferentes rangos

Concluidas las pruebas en el sistema de frenos ABS se procedió a la recopilación de datos obtenidos, esta información sirvió para comprobar el correcto funcionamiento de los sensores y los rangos de trabajo con el sistema en buen estado y con simulación de fallas analizando las gráficas obtenidas, con el fin de tener una idea de cómo es el comportamiento del mismo en sus diferentes métodos de trabajo.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vale la pena recalcar que las pruebas prácticas que se realizaron a continuación se dieron cita en los interiores del taller principal de la carrera de Ingeniería Automotriz. De la Universidad Técnica del Norte, campus Olivo.

3.1. Inspección visual general.

Esta inspección visual se realizó con el objetivo de asegurarse que el cableado del sistema de frenos ABS no tenga cortes, rupturas, desconexiones que interfieran con las pruebas posterior a realizarse, también se inspeccionó los elementos mecánicos (bomba de freno, pastillas de freno, pedal de freno y líquido de frenos) que se encuentren en buen estado y funcionales, y el resultado que se tuvo fue el siguiente:

- Cableado del sistema totalmente sellado y sin ninguna imperfección.
- Bomba de frenos en perfectas condiciones.
- Pastillas de freno en buen estado.
- Reservorio de líquido de frenos sin fugas y con nivel óptimo de funcionamiento.

3.2. Inspección visual del sensor ABS.

Se procedió a sacar los sensores de rueda delanteros y traseros para la inspección visual de los mismos, con la ayuda del multímetro automotriz se realizó las pruebas de resistencia en cada uno de los sensores de rueda del vehículo, de igual forma con el mismo multímetro se realizó la prueba de alimentación en Voltios en el terminal de conexión del sensor para comprobar la señal de alimentación y estos fueron los resultados:



Figura 3.1 Resistencia y señal rueda posterior izquierda

La prueba realizada al sensor de la rueda trasera izquierda figura 3.1. dio un valor de resistencia de 0Ω y un voltaje de alimentación de 11.53 V lo que indica que está en perfecto estado.



Figura 3.2 Resistencia y señal rueda posterior derecha

La prueba realizada al sensor de la rueda trasera izquierda figura 3.2. dio un valor de resistencia de 0Ω y un voltaje de alimentación de 11.46 V lo que indica que está en perfecto estado.



Figura 3.3 Resistencia y señal rueda delantera derecha

La prueba realizada al sensor de la rueda trasera izquierda figura 3.3. dio un valor de resistencia de 0Ω y un voltaje de alimentación de 11.45 V lo que indica que está en perfecto estado.



Figura 3.4 Resistencia y señal rueda delantera izquierda

La prueba realizada al sensor de la rueda trasera izquierda figura 3.4. dio un valor de resistencia de 0Ω y un voltaje de alimentación de 11.44 V lo que indica que está en perfecto estado.

Adicionalmente se realizó pruebas de señal medida con la velocidad a la que se encuentra la rueda y el voltaje de alimentación con el que se encuentra en tiempo real con la ayuda del equipo de diagnóstico Bosh FSA 740 en el software ESI [tronic] 2.0 con la interfaz del KTS 560 el cual es un escáner que permite analizar los sistemas electrónicos del vehículo por su conexión del OBD II. A diferencia de las pruebas anteriores, donde se realizaron con el sensor desconectado, en esta ocasión las pruebas fueron realizadas con el sensor conectado a la rueda, la cual estaba en completo, esto para que se pueda comprobar el funcionamiento en el software, y estos fueron los resultados:

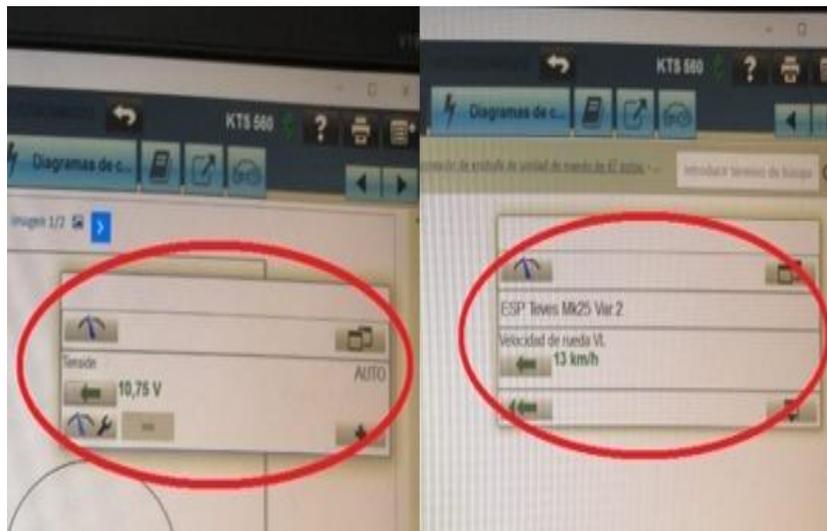


Figura 3.5. Alimentación y señal rueda delantera izquierda

En la figura 3.5. se puede observar mediante el software ESI [tronic] 2.0 la comprobación de alimentación del sensor de la rueda delantera izquierda que está en funcionamiento, su valor real es de 10.75V. La señal del sensor en funcionamiento es de 13km/h.

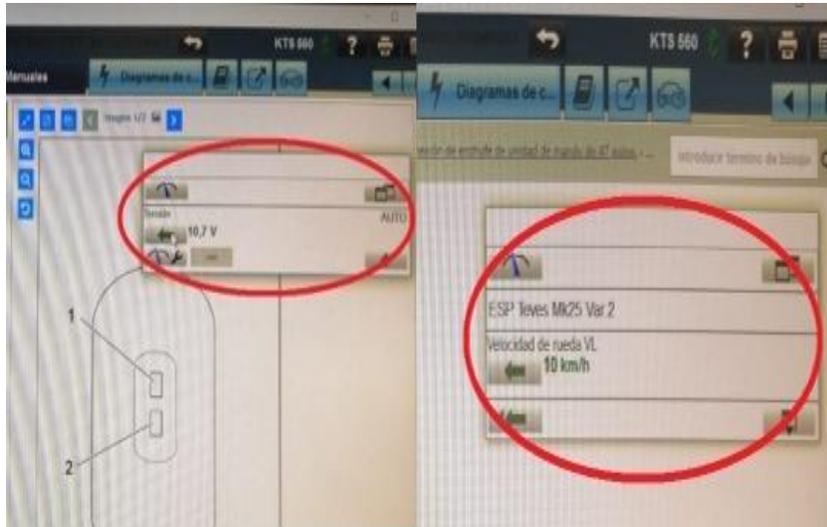


Figura 3.6 Alimentación y señal rueda delantera derecha

En la figura 3.6. se puede observar mediante el software ESI [tronic] 2.0 la comprobación de alimentación del sensor de la rueda delantera izquierda que está en funcionamiento, su valor real es de 10.7V. La señal del sensor en funcionamiento es de 10km/h.

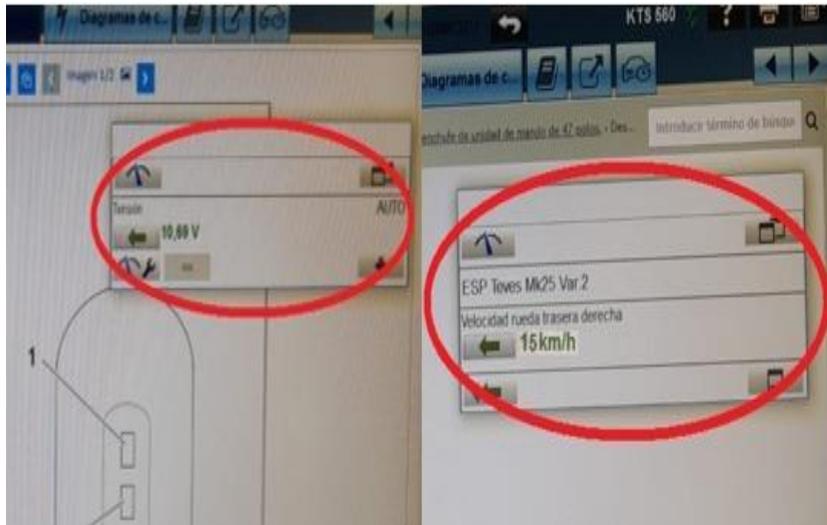


Figura 3.7 Alimentación y señal rueda trasera derecha

En la figura 3.7. se puede observar mediante el software ESI [tronic] 2.0 la comprobación de alimentación del sensor de la rueda delantera izquierda que está en funcionamiento, su valor real es de 10.69V. La señal del sensor en funcionamiento es de 15km/h.

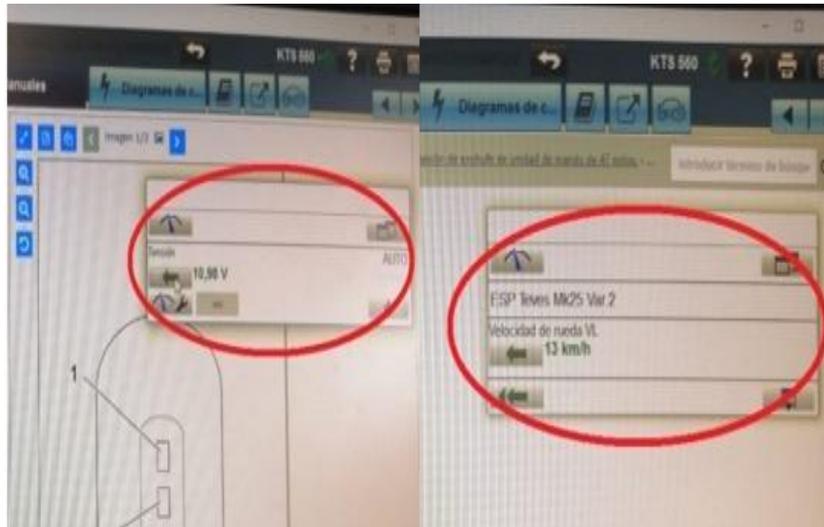


Figura 3.8 Alimentación y señal rueda trasera izquierda

En la figura 3.8. se puede observar mediante el software ESI [tronic] 2.0 la comprobación de alimentación del sensor de la rueda delantera izquierda que está en funcionamiento, su valor real es de 10.98V. La señal del sensor en funcionamiento es de 13km/h.

3.3 Gestión electrónica del sensor ABS.

Para el análisis de la gestión electrónica se utilizó como herramienta principal al osciloscopio que viene incorporado en el analizador Bosch FSA740. El análisis se realizó en las 4 ruedas de la camioneta utilizada para el presente estudio.

Antes de proceder a analizar los sensores en cada rueda, con la ayuda del ESI [tronic] se pudo tener una referencia del tipo de gráfica que brinda el sensor ABS del vehículo utilizado.

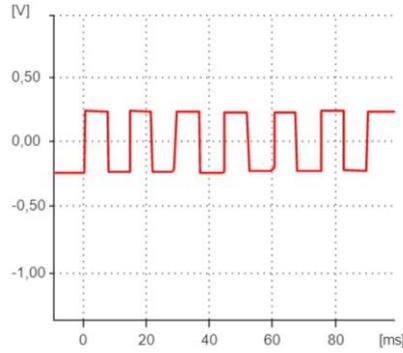


Figura 3.9 Imagen referencial del tipo de gráfica del sensor ABS

3.3.1 Rueda delantera derecha

En la Figura 3.18 se puede observar la señal que emitió el osciloscopio al momento de conectar en el sensor de la rueda delantera derecha. En la gráfica que se obtuvo se puede notar que el valor mínimo de voltaje es de 10.6V, mientras que el valor máximo de voltaje es de 11.0V.

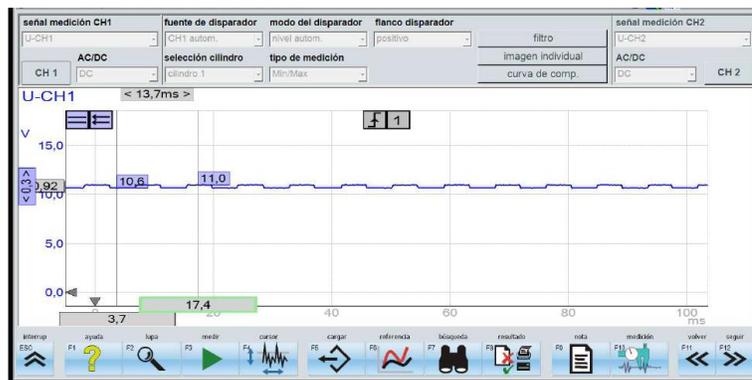


Figura 3.10 Gráfica del sensor ABS

Para notar la diferencia en las gráficas, se ha tomado muestras a velocidades diferentes.

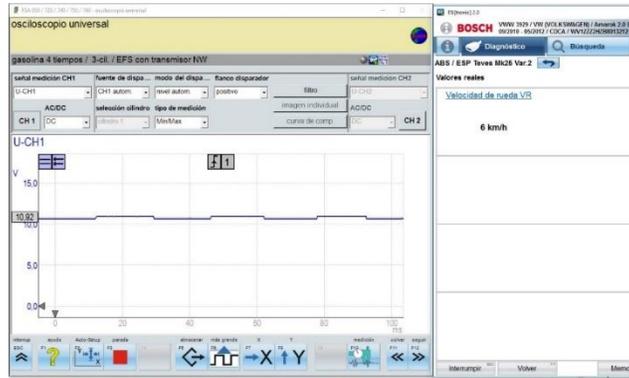


Figura 3.11 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.

En la Figura 3.19 se puede ver la gráfica de la señal del sensor ABS cuando la rueda delantera derecha se encuentra a una velocidad de 6 km/h. Se puede notar que la gráfica tiene una amplitud prolongada.

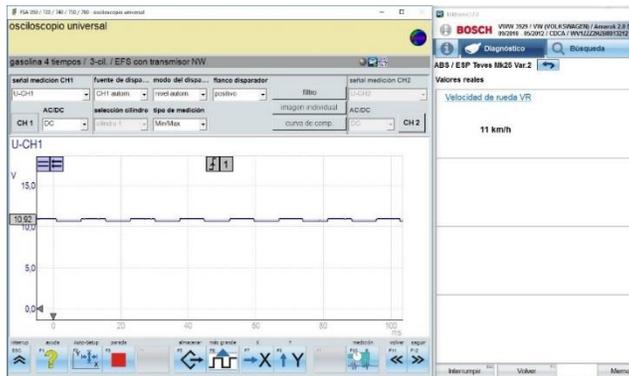


Figura 3.12 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.

En la figura 3.20 se puede ver la gráfica de la señal del sensor ABS cuando la rueda delantera derecha se encuentra a una velocidad de 11 km/h. A comparación con la figura 3.19, se puede notar una disminución en la amplitud de la gráfica.

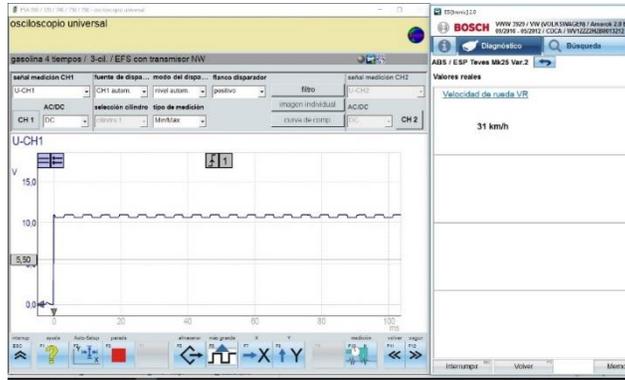


Figura 3.13 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.

En la figura 3.21 se puede ver la gráfica de la señal del sensor ABS cuando la rueda delantera derecha se encuentra a una velocidad de 31 km/h. Si comparamos la señal de la figura 3.21 con la señal que emitió la figura 3.19 y 3.20 se puede notar claramente que a mayor velocidad la amplitud de la gráfica es más corta.

3.3.2 Rueda delantera izquierda

En la Figura 3.22 se puede observar la señal que emitió el osciloscopio al momento de conectar en el sensor de la rueda delantera izquierda. En la gráfica que se obtuvo se puede notar que el valor mínimo de voltaje es de 10.8 V, mientras que el valor máximo de voltaje es de 11.1 V. La diferencia de voltaje entre el pico más alto y el pico más bajo es de 0.3 V.

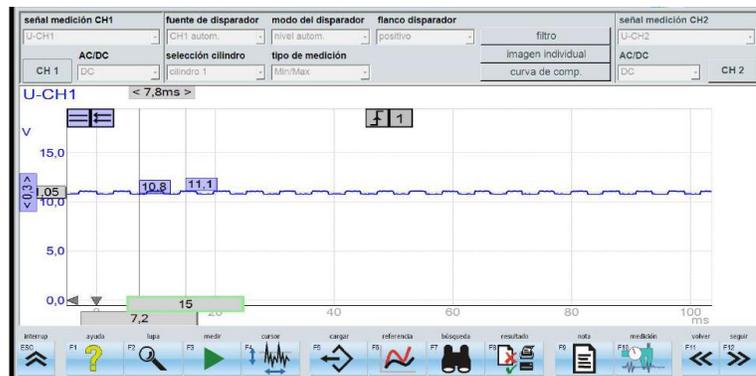


Figura 3.14 Gráfica del sensor ABS

Al igual que en el caso anterior, para un mejor análisis se tomó las gráficas con diferentes velocidades de la rueda delantera izquierda.

En la figura 3.23 se puede ver la gráfica de la señal del sensor ABS cuando la rueda delantera izquierda está a una velocidad de 11 km/h.

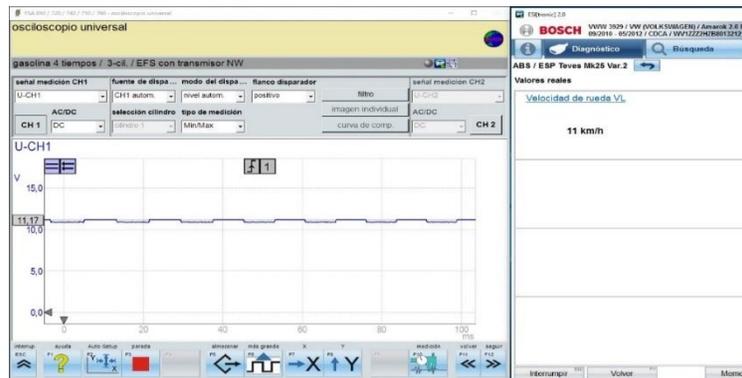


Figura 3.15 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.

En la figura 3.24 se puede ver la gráfica de la señal del sensor ABS cuando la rueda delantera izquierda se encuentra a una velocidad de 17 km/h. Se puede notar que si se compara las gráficas de la figura 3.23 y 3.24, la que presenta mayor velocidad tiene una mayor amplitud en su gráfica.

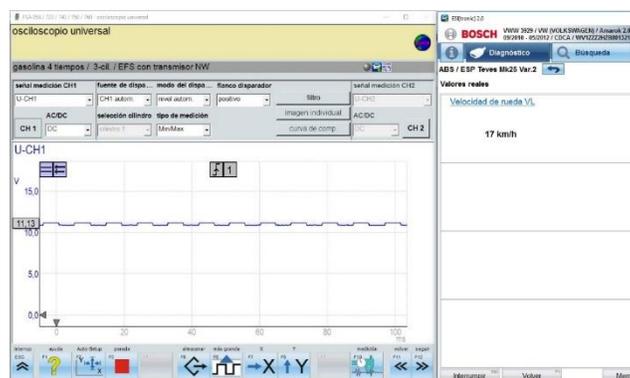


Figura 3.16 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.

En la figura 3.25 se puede ver la gráfica de la señal del sensor ABS cuando a la rueda delantera izquierda tiene una velocidad de 29 km/h. Como es notorio, en este caso la amplitud de la gráfica es más corta, esto debido a que a mayor velocidad la amplitud también será mayor.

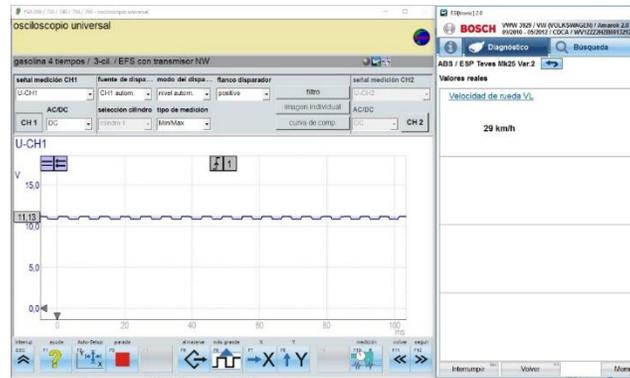


Figura 3.17 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.

3.3.3 Rueda trasera derecha

En la Figura 3.26 se puede observar la señal que emitió el osciloscopio al momento de conectar en el sensor de la rueda trasera derecha. En la gráfica que se obtuvo se puede notar que el valor mínimo de voltaje es de 12.9 V, mientras que el valor máximo de voltaje es de 13.4 V.

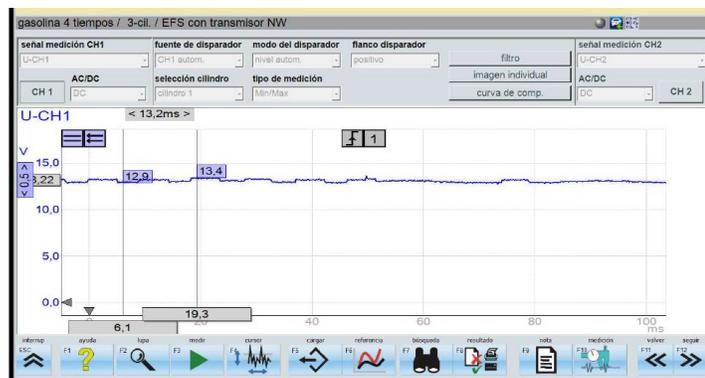


Figura 3.18 Gráfica del sensor ABS

Como se ha venido realizando, se va analizar al sensor ABS de la rueda trasera derecha a diferentes velocidades.

En la figura 3.27 se puede ver la gráfica de la señal del sensor ABS cuando la rueda trasera derecha esta con una velocidad de 19 km/h.

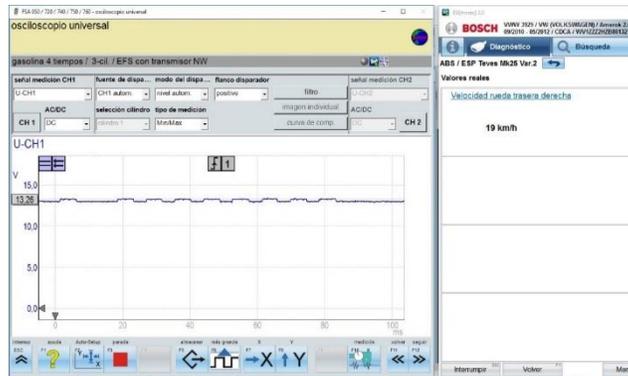


Figura 3.19 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.

En la figura 3.28 se puede ver la gráfica de la señal del sensor ABS cuando la rueda trasera derecha está con una velocidad de 25 km/h. Al comparar a la gráfica de la figura 3.27 y la 3.28 se puede ver que en esta última la amplitud es mayor, debido a que tiene una velocidad mayor.

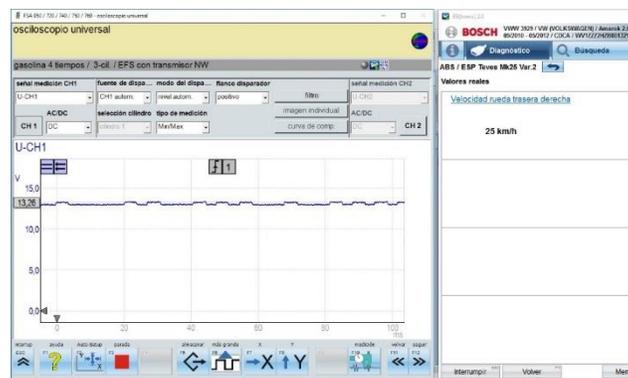


Figura 3.20 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.

3.3.4 Rueda trasera izquierda

En la Figura 3.29 se puede observar la señal que emitió el osciloscopio al momento de conectar en el sensor de la rueda trasera izquierda. En la gráfica que se obtuvo se puede notar que el valor mínimo de voltaje es de 12.8 V, mientras que el valor máximo de voltaje es de 13.1 V.

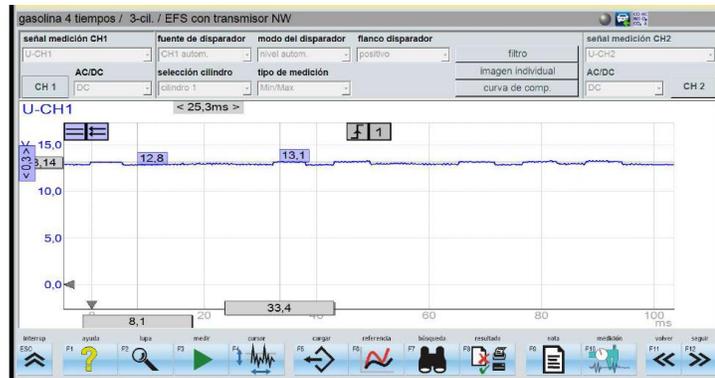


Figura 3.21 Gráfica del sensor ABS

A continuación, se realizó el análisis del sensor ABS de la rueda trasera izquierda a diferentes velocidades.

En la figura 3.30 se puede ver la gráfica de la señal del sensor ABS cuando la rueda trasera izquierda esta con una velocidad de 10 km/h.

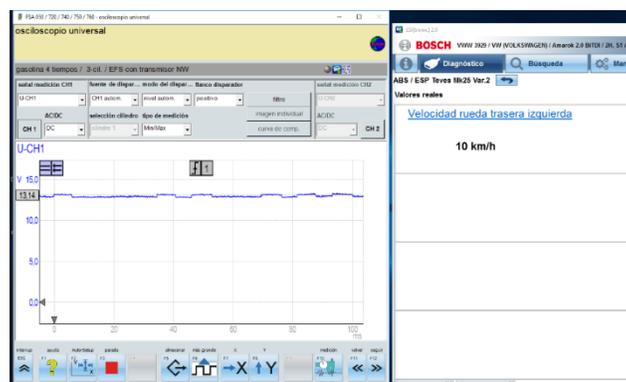


Figura 3.22 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.

En la figura 3.31 se puede ver la gráfica de la señal del sensor ABS cuando la rueda trasera izquierda esta con una velocidad de 15 km/h.

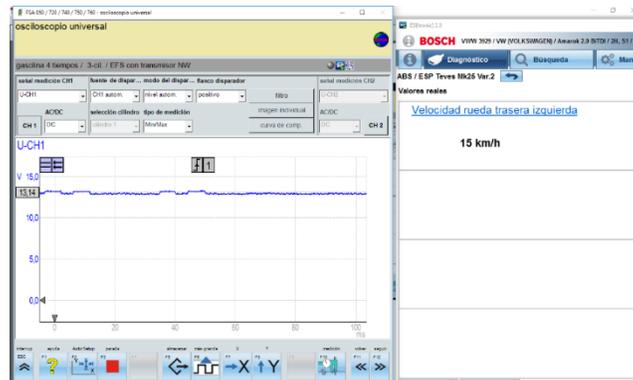


Figura 3.23 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.

En la figura 3.32 se puede ver la gráfica de la señal del sensor ABS cuando la rueda trasera izquierda esta con una velocidad de 43 km/h. Si se compara la gráfica de la figura 3.32 con las anteriores, se puede ver claramente que en este caso la gráfica tiene una amplitud menor a las demás, debido a que la rueda se encuentra girando a mayor velocidad.

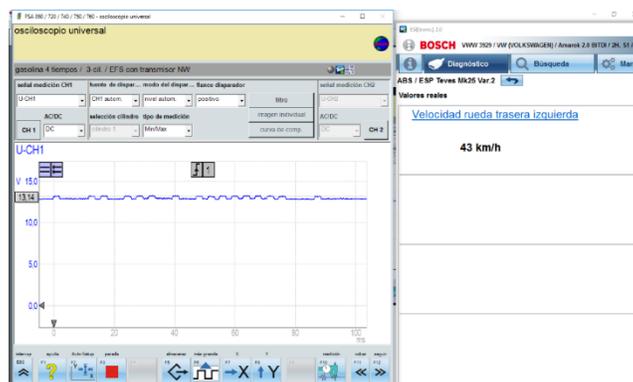


Figura 3.24 Relación de la gráfica con la velocidad de la rueda.

3.4. Simulación de falla

En esta parte de la investigación se realizó dos simulaciones de falla para verificar el comportamiento del sistema ABS en el osciloscopio del FSA 740. Las dos simulaciones fueron:

- Utilizar un sensor que marcaba valores de Ohmios, dando a entender que el sensor está defectuoso.
- Usando un sensor en buen estado pero recubierto su parte exterior con cinta aislante.

3.4.1. Sensor defectuoso.

Al ser un sensor de velocidad Magneto resistivo su comprobación de buen estado del mismo se lo realiza con un multímetro en valores de ohmios, el cual no tiene que marcar ningún valor de resistencia, en el caso de que marcara un valor de resistencia quiere decir que el sensor tiene alguna falla. Por lo cual se adquirió un sensor de velocidad defectuoso para verificar el comportamiento en el equipo de diagnóstico. Como se muestra en la figura 3.34 el sensor de velocidad marca valores de ohmios.



Figura 3.25 Sensor de velocidad defectuoso.

Se procedió a conectar el sensor defectuoso a la rueda y a conectarlo en el osciloscopio del FSA740 para comprobar su funcionamiento.



Figura 3.26 Grafica del sensor de velocidad defectuosos.

En la imagen 3.34 se puede apreciar que el valor de señal en el osciloscopio es nulo, debido a que el sensor de rueda es defectuoso, adicionalmente como se muestra en la figura 3.35 se encendió la luz testigo del ABS en el tablero indicando que el sistema del vehículo ha detectado una falla en el sistema ABS.



Figura 3.27 Luz testigo de frenos ABS

Adicionalmente se procedió a comprobar en el sistema del ESI[tronic] 2.0 el cual nos brinda los códigos de falla que están afectando al sistema de frenos ABS brindando una guía para el mantenimiento del mismo.



ESI[tronic] 2.0
2022-08-01

 **BOSCH**

VW (Volkswagen) / Amarok / Amarok 2.0 BiTDI / 2 l / 120 - 132 kW / 09/2010 - 05/2012 / CDCA

Desarrollo de comprobación - Sensor número revoluc. rueda del. izq.

Descripción de funciones [Visualizar las informaciones](#)

Posibles códigos de averías:

- 0E93 / Transmisor núm. rev. adelante izq.
- 0087 / Transmisor núm. rev. adelante izq.
- 011B / Transmisor núm. rev. adelante izq.
- 068F / Velocidad de rueda VL
- 0EFA / Transmisor núm. rev. adelante izq.
- 0EFF / Transmisor núm. rev. adelante izq.
- C101A01 / Transmisor núm. rev. adelante izq. / Fallo eléctrica
- C101A07 / Transmisor núm. rev. adelante izq. / Fallo mecánico
- C101A11 / Transmisor núm. rev. adelante izq. / Conexión a masa
- C101A12 / Transmisor núm. rev. adelante izq. / Cierre a positivo
- C101A14 / Transmisor núm. rev. adelante izq. / Interrupción/contacto a masa
- C101A29 / Transmisor núm. rev. adelante izq. / Señal no plausible
- C101A4A / Transmisor núm. rev. adelante izq.
- P1711 / Sensor número revoluc. rueda del. izq. / Señal no plausible
- P171100 / Sensor número revoluc. rueda del. izq. / Señal no plausible

Figura 3.28 Lectura de códigos de falla del sistema ABS

3.4.2. Sensor con cinta aislante

En esta prueba se cubrió el sensor con cinta aislante, como se muestra en la figura 3.37. con el fin de lograr una interferencia de señal en el sensor con la rueda dentada del sistema ABS y verificar el comportamiento en el sistema de diagnóstico FSA 740.

Para ello se desmontó un sensor de una de las ruedas, en este caso fue la rueda delantera izquierda, luego en la parte imantada del sensor se colocó la cinta aislante como se muestra en la figura 3.37. una vez realizado se puso el sensor en su lugar para seguido de ello realizar la prueba.



Figura 3.29 Sensor recubierto por cinta de aislar

Seguido del recubrimiento con cinta aislante el sensor de velocidad en la rueda delantera izquierda del vehículo se procedió conectar nuevamente en el sistema y también se conectó el osciloscopio para verificar el funcionamiento y las posibles variaciones de señal que tenía al trabajar con esta prueba.

Con el sistema ya conectado se giró girar la rueda y al ver la señal que emitía en el osciloscopio en la figura 3.38 se puede apreciar que la señal no se pierde ni varia en ningún sentido y se mantiene actuando con normalidad con un voltaje entre los 10.6V a 11.0V.

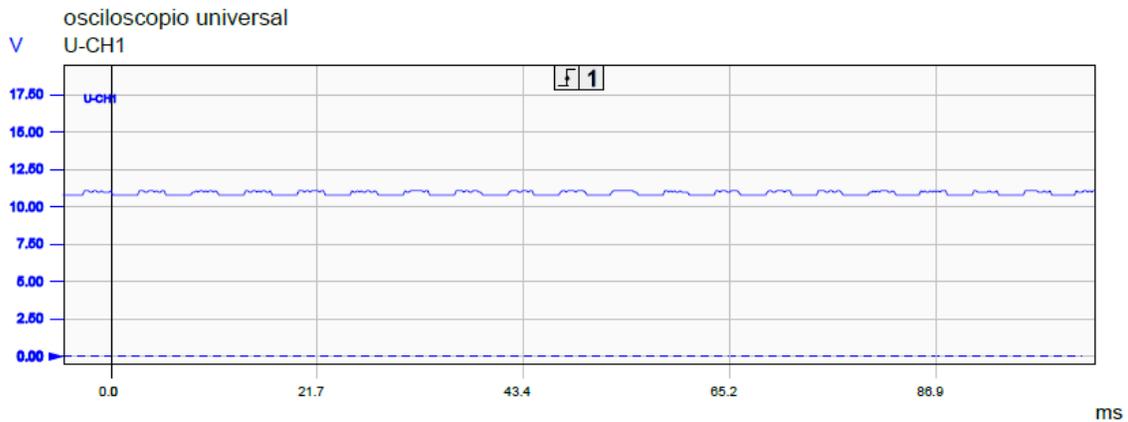


Figura 3.30 Grafica del sensor de velocidad con cinta de aislar

3.5 Diagnóstico del Módulo ABS

El módulo ABS contiene en su interior dos sistemas, el electrónico y el hidráulico. los cuales realizan funciones distintas, pero para un mismo propósito que es el de librería presión de líquido de frenos para un frenado seguro.

El sistema electrónico es una computadora que recibe la señal del sensor de velocidad de cada una de las ruedas prestando atención a si alguna de ellas se llegase a bloquear, esta información se recepta mediante señal electrónica.

El sistema hidráulico lleva en su interior 8 electroválvulas (4 de entrada y 4 de salida) que cumplen con la función de abrir y cerrar el paso del líquido de frenos.

Dentro de estas electroválvulas para cada rueda se dividen 2 válvulas, una normalmente abierta y una normalmente cerrada, estas trabajan mediante pulsos eléctricos comandados por la ECU que en caso de un bloque de la rueda procede a abrir la válvula liberando presión y evitando el bloqueo de la rueda.

Este módulo de control de freno suele tener su propio diagnóstico de averías y fallos, los más comunes en suceder son:

- **Bloqueo de frenos**

Si al frenar se nota que las ruedas se bloquean mientras conduce, esto obviamente significa que el módulo de control ABS está defectuoso o dañado. Si un neumático echa humo o está bloqueado constantemente, es posible que se necesite verificar el módulo para asegurarse de que no tiene un calipers atascado.

- **Luz ABS encendida**

Si su módulo de control ABS está en mal estado, la luz del tablero debería encenderse. Si la luz de advertencia del ABS está iluminada en el grupo de indicadores del vehículo,

eso significa que el sistema antibloqueo se ha desactivado debido a una falla de funcionamiento.

- **El pedal de freno no responde**

Al pisar el pedal del freno y el auto no reduce la velocidad en absoluto como lo hace normalmente, esto es obviamente una señal de que hay un problema. El módulo de control ABS puede ser el uno de los posibles problemas.

- **Pedal de freno duro**

Un pedal de freno no debería requerir una cantidad significativa de presión. Debería poder presionar ligeramente el pie en el pedal del freno para que funcione el frenado. Si se tiene que aumentar el esfuerzo solo para realizarlo, entonces el módulo de control ABS puede estar defectuoso.

3.6 Mantenimiento del sensor ABS

El sistema de frenos ABS, al ser un sistema electrónico puede ser vulnerable ante cualquier mala práctica ya sea en el mantenimiento o en la manipulación de este sensor.

Alguno de los fallos frecuentes puede ser:

- Presencia de aire en las cañerías que se conecta desde la bomba de freno hasta los frenos en cada rueda.
- Fugas de líquido de freno en cualquiera de las cañerías de conexión.
- Cables del sensor defectuosos o cortados.
- Desgaste o interferencia en el disco reductor.

Entre otras fallas que con el tiempo y por el funcionamiento frecuente que se da a este sensor, pueden ir apareciendo.

Para prevenir que estos fallos aparezcan, realizar un mantenimiento frecuente a este sensor puede ayudar a alargar su funcionamiento. Debido a que cualquier mínimo fallo puede afectar drásticamente el funcionamiento. Algunas de las actividades para el mantenimiento del sensor ABS son:

- Cambiar el líquido de freno en un tiempo determinado, con esto se logra evitar que un líquido en mal estado pueda afectar el funcionamiento del sistema de frenos.
- Revisar el estado de las pastillas de frenos, si se encuentran en muy mal estado es necesario cambiar, para que el frenado sea efectivo.
- Revisar que no haya interferencia para la señal del sensor, ya sea cables en mal estado o sensor golpeado. Si este es el caso es necesario reemplazar las partes dañadas.
- Si el vehículo ha estado circulando por terreno lleno de polvo o lodo, es necesario limpiar el sensor para que la señal no se vea afectada y garantizar el correcto funcionamiento del sensor.

El sensor ABS, es un sensor que ayuda a prevenir accidentes es por eso que se lo debe tener en un estado óptimo para que esté funcionando correctamente todo el tiempo de uso del vehículo.

3.7. Resumen de resultados

En las siguientes tablas comparativas se redactará un resumen de los resultados obtenidos en las pruebas de diagnóstico y pruebas de simulación en el sistema de frenos ABS.

Tabla 3.1. Valores de la rueda trasera Izquierda

RUEDA TRASERA IZQUIERDA

Resistencia (Ω)	0 Ω
Voltaje (V) Multímetro	11.53 V
Voltaje (V) FSA 740	10.94V
Pico de señal más alto	13.1V
Pico de señal más bajo	12.8V

En la tabla 3.1 se puede observar los resultados obtenidos en la rueda trasera izquierda, donde se refleja una resistencia de 0 Ω en el sensor, lo que informa que se encuentra en buen estado. Se puede ver dos valores de voltaje, uno medido con un multímetro cuando el sensor se encuentra desmontado donde muestra un valor de 11.53V, y el otro valor de voltaje es medido con el FSA 740 que, a diferencia del caso anterior, aquí se midió el valor del voltaje con el sensor en funcionamiento teniendo como resultado un valor de 10.94V. Los últimos dos valores que se muestran, dan a conocer el voltaje máximo y mínimo que alcanzó el sensor.

Tabla 3.2. Valores de la rueda trasera derecha

RUEDA TRASERA DERECHA	
Resistencia (Ω)	0 Ω
Voltaje (V) Multímetro	11.46 V
Voltaje (V) FSA 740	10.69V
Pico de señal más alto	13.4V
Pico de señal más bajo	12.9V

En la tabla 3.2 se puede observar los resultados obtenidos en la rueda trasera derecha, donde se refleja una resistencia de 0Ω en el sensor, lo que informa que se encuentra en buen estado. Se puede ver dos valores de voltaje, uno medido con un multímetro cuando el sensor se encuentra desmontado donde muestra un valor de 11.46V, y el otro valor de voltaje es medido con el FSA 740 que, a diferencia del caso anterior, aquí se midió el valor del voltaje con el sensor en funcionamiento teniendo como resultado un valor de 10.69V. Los últimos dos valores que se muestran, dan a conocer el voltaje máximo y mínimo que alcanzó el sensor.

Tabla 3.3. Valores de la rueda delantera derecha

RUEDA DELANTERA DERECHA	
Resistencia (Ω)	0 Ω
Voltaje (V) Multímetro	11.45 V
Voltaje (V) FSA 740	10.7V
Pico de señal más alto	11.0 V
Pico de señal más bajo	10.6 V

En la tabla 3.3 se puede observar los resultados obtenidos en la rueda delantera derecha, donde se refleja una resistencia de 0Ω en el sensor, lo que informa que se encuentra en buen estado. Se puede ver dos valores de voltaje, uno medido con un multímetro cuando el sensor se encuentra desmontado donde muestra un valor de 11.45V, y el otro valor de voltaje es medido con el FSA 740 que, a diferencia del caso anterior, aquí se midió el valor del voltaje con el sensor en funcionamiento teniendo como resultado un valor de 10.7V. Los últimos dos valores que se muestran, dan a conocer el voltaje máximo y mínimo que alcanzó el sensor.

Tabla 3.4. Valores de la rueda delantera izquierda

RUEDA DELANTERA IZQUIERDA	
Resistencia (Ω)	0 Ω
Voltaje (V) Multímetro	11.44 V
Voltaje (V) FSA 740	10.75V
Pico de señal más alto	11.1 V
Pico de señal más bajo	10.8V

En la tabla 3.4 se puede observar los resultados obtenidos en la rueda delantera izquierda, donde se refleja una resistencia de 0 Ω en el sensor, lo que informa que se encuentra en buen estado. Se puede ver dos valores de voltaje, uno medido con un multímetro cuando el sensor se encuentra desmontado donde muestra un valor de 11.44V, y el otro valor de voltaje es medido con el FSA 740 que, a diferencia del caso anterior, aquí se midió el valor del voltaje con el sensor en funcionamiento teniendo como resultado un valor de 10.75V. Los últimos dos valores que se muestran, dan a conocer el voltaje máximo y mínimo que alcanzó el sensor.

Tabla 3.5. Valores del sensor con cinta aislante

SENSOR CON CINTA AISLANTE	
Resistencia (Ω)	0 Ω
Voltaje (V) Multímetro	11.45 V
Voltaje (V) FSA 740	10.7V
Pico de señal más alto	11.0 V
Pico de señal más bajo	10.6 V

En la tabla 3.5 se puede observar los resultados obtenidos cuando el sensor estaba con cinta aislante para simular una falla, donde se refleja una resistencia de 0Ω en el sensor, lo que informa que se encuentra en buen estado. Se puede ver dos valores de voltaje, uno medido con un multímetro cuando el sensor se encuentra desmontado donde muestra un valor de 11.45V, y el otro valor de voltaje es medido con el FSA 740 que, a diferencia del caso anterior, aquí se midió el valor del voltaje con el sensor en funcionamiento teniendo como resultado un valor de 10.7V. Los últimos dos valores que se muestran, dan a conocer el voltaje máximo y mínimo que alcanzó el sensor.

Tabla 3.6. Valores del sensor con valor de resistencia

SENSOR EN MAL ESTADO	
Resistencia (Ω)	3.65 Ω
Voltaje (V) Multímetro	0 V
Voltaje (V) FSA 740	0 V
Pico de señal más alto	Sin Señal
Pico de señal más bajo	Sin Señal

En la tabla 3.6 se da a conocer los valores de un sensor en mal estado, eso se puede confirmar debido a que el valor de resistencia marca 3.65Ω y no muestra ningún valor de voltaje.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Después de haber comprendido el funcionamiento del sistema ABS, se concluyó que este sistema es muy importante en cuanto a seguridad de los ocupantes del vehículo se refiere, debido a que permite tener mayor control del automóvil ante una frenada brusca.
- Después de haber realizado la inspección visual y técnica del sistema de frenos mecánico y electrónico de la camioneta Volkswagen Amarok se concluyó que está en perfectas condiciones de funcionamiento, sin necesidad de corregir algún daño.
- Para el análisis electrónico del sensor ABS en el vehículo seleccionado se utilizó la máquina Bosch FSA 740, donde se logró obtener los siguientes resultados: en las ruedas delanteras el valor de voltaje va entre los 10.6V hasta los 11.1V, mientras que en las ruedas traseras el valor del voltaje va entre los 12.8V hasta los 13.4V, corroborando que están en óptimas condiciones de trabajo.
- La diferencia de voltaje que se obtuvo en la rueda delantera derecha fue de 0.4V, en la rueda delantera izquierda la diferencia de voltaje fue de 0.3V, en la rueda trasera derecha la diferencia de voltaje fue de 0.5V y en la rueda trasera izquierda la diferencia de voltaje fue de 0.3. Con estos resultados y tomando como referencia la información obtenida en el ESI[tronic] donde dice que la diferencia de voltaje debe ser de máximo 0.5V, se concluyó que las 4 ruedas estuvieron trabajando dentro de los parámetros establecidos.

- Para la simulación de la falla en el sensor ABS, se logró conseguir un sensor el cual al medir la resistencia marcó un valor de 3.6 ohmios con lo que se concluyó que el sensor no estaba en óptimas condiciones de funcionamiento, para constatar eso se conectó el sensor al osciloscopio del FSA 720, donde no se obtuvo ninguna señal de voltaje. Por otro lado, en la siguiente simulación de falla se cubrió al sensor con cinta aislante para verificar si había algún tipo de interferencia en la señal, pero al momento de analizar la gráfica se observó que el sensor estaba trabajando normalmente con una diferencia de voltaje que estaba dentro de los parámetros antes mencionado.

4.2 Recomendaciones

- Es importante capacitarse previo al uso y manejo del equipo FSA 740 y sus funciones para una correcta manipulación de los programas, software y herramientas integradas.
- Realizar una investigación similar a la presente, pero en un vehículo de gama alta, para comparar el funcionamiento del sistema de frenos ABS, y analizar las diferencias existentes.
- Al momento de finalizar las pruebas de simulación de falla es necesario volver a conectar los elementos en buen estado y borrar los códigos de falla que se han generado, para no afectar el funcionamiento del sistema de frenos ABS.
- Guiarse por los manuales integrados en software ESI tronic para la medición y obtención de datos y realizar un buen diagnóstico del sistema de frenos ABS

- Es recomendable utilizar equipos de medición y diagnóstico independientes al FSA 740 para corroborar la información que nos está proporcionado el equipo de diagnóstico y tener más seguridad del procedimiento de diagnóstico realizado.

Bibliografía

- Accion, M. en. (2019). Sistema de frenos ABS - EPS. https://www.academia.edu/16536679/Libro_Sistema_Frenos_ABS
- Ayala Ayala, L. G., & Vallejo Orbe, J. P. (2011). Adaptación de un sistema de frenos ABS a un vehículo Fiat, para mejorar la seguridad del frenado. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2257/1/TESIS_FRENOS_ABS_1.pdf
- Automotorez, M. (s.f.). Partes de un disco de freno. Obtenido de <http://mecanicaautomotores.blogspot.com/2014/05/partes-de-un-disco-de-freno.html>
- Automotriz, I. Y. (02 de 03 de 2020). ¿Qué es el sensor ABS y cómo funciona? Obtenido de <https://www.ingenieriamecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-abs-y-como-funciona/>
- Avendaño, G. (29 de 08 de 2018). Los frenos ABS cumplen 30 años: revisión a su historia y funcionamiento. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4489148>
- Azuara, D. (06 de 03 de 2021). Qué es el servofreno y cómo funciona. Obtenido de <https://automexico.com/mantenimiento/servofreno-que-es-y-como-funciona-aid11737>
- Bardahl. (2018). Los Orígenes de los Frenos ABS. Obtenido de <https://www.bardahl.com.mx/historia-frenos-abs/>
- Borja, J. C. (2009). Sistema de transmisión y frenado . Macmillan Iberia, S.A.
- Bosch. (2020). FSA 740 – equipo de medición. Obtenido de <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/analisis/analisis-de-sistemas-del-veh%C3%ADculo/fsa-740-sin-kts-560/#:~:text=El%20m%C3%B3dulo%20de%20medici%C3%B3n%20FSA,y%20un%20sistema%20inform%C3%A1tico%20completo.>
- Bosch. (2020). FSA 740 – equipo de medición con KTS. Obtenido de <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/analisis/analisis-de-sistemas-del-veh%C3%ADculo/fsa-740-con-kts-560/>
- Bosch. (2022). Obtenido de FSA 720 – módulo de medición portátil de alto rendimiento: <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/analisis/analisis-de-sistemas-del-veh%C3%ADculo/fsa-720/>
- Bosch. (2022). ESI[tronic] 2.0 Online. Obtenido de <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/diagnosis/software-esitronic/software-esitronic-2-0-online/>
- Bosch. (2022). FSA 720 módulo de medición portátil de alto rendimiento. Obtenido de <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/analisis/analisis-de-sistemas-del-veh%C3%ADculo/fsa-720/>
- Bosch. (2020). FSA 740 – equipo de medición con KTS. Obtenido de <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/analisis/analisis-de-sistemas-del-veh%C3%ADculo/fsa-740-con-kts-560/>
- Bosch. (2022). Obtenido de FSA 720 – módulo de medición portátil de alto rendimiento: <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/analisis/analisis-de-sistemas-del-veh%C3%ADculo/fsa-720/>

- Bosch. (2022). FSA 720 módulo de medición portátil de alto rendimiento. Obtenido de <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosic/analisis/analisis-de-sistemas-del-veh%C3%ADculo/fsa-720/>
- Clavero, D. (09 de 09 de 2018). Así nacieron los frenos ABS hace 40 años, en un Mercedes Clase S de 1978. Obtenido de DIARIOMOTOR: <https://www.diariomotor.com/noticia/frenos-abs-aniversario-mercedes-clase-s/>
- Central Recambio Original. (2017). Los últimos avances en sistemas de frenos. 01 Julio. <https://www.recambiooriginal.com/blog/recambios-originales/mecanica/los-ultimos-avances-sistemas-frenos/>
- Chia-Hung, T., Chun-Liang, L., Meng-Yao, Y., & En-Ping, C. (2016). Un novedoso sistema de frenos antibloqueo para vehículos eléctricos. <https://www.preprints.org/manuscript/201608.0053/v1/download>
- Daimler. (2018). Racing ABS. El Sistema de Frenos Antibloqueo En El Automovilismo. <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Racing-ABS-The-anti-lock-braking-system-in-motorsport.xhtml?oid=41511066>
- Dígalo, V., Keller, A., & Evtiukov, S. (14 de 10 de 2020). Monitorización de los sistemas de seguridad activa de los vehículos en funcionamiento. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146520307596>
- e-auto. (2021). Frenos - Diagnóstico 2 - Inspección. Obtenido de <https://www.e-auto.com.mx/enew/index.php/85-boletines-tecnicos/6399-frenos-diagnostico-2>
- FAE. (2021). Interruptores Luz de Stop. Obtenido de <http://www.fae.es/es/productos/interruptor-luz-stop>
- Franco, A. (01 de 05 de 2017). Historia del Jensen Interceptor FF (y la historia de la marca Jensen). Obtenido de <http://www.autosdeculto.com.ar/clasicos-jensen-ff/>
- Frenkit. (2019). Que es una bomba de freno o cilindro maestro y para que sirve. Obtenido de <https://blog.frenkit.es/es/que-es-una-bomba-de-freno>
- Gaona Muñoz, C. O. (2014). Relación entre el sistema de frenos ABS y la prevención de accidentes de tránsito de los conductores en la empresa turística ciudad mitad del mundo, parroquia san Antonio de pichincha, cantón quito y la elaboración de una guía de capacitación. Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5630/1/T-UCE-0010-752.pdf>
- Hartman, D. (21 de Julio de 2017). Historia del Sistema ABS. Obtenido de <https://motoradiesel.com/dev/2017/06/historia-del-sistema-abs/>
- Hella. (2020). UNIDADES DE CONTROL ABS. Obtenido de <https://www.hella.com/partnerworld/es/Gama-de-productos/Electronica/Unidades-de-control-ABS-13060/>
- Loctite Teroson. (25 de Enero de 2021). Obtenido de Ruta 401: <https://blog.reparacion-vehiculos.es/10-averias-mas-frecuentes-sistema-frenos-abs>
- MotorOK. (04 de 11 de 2020). La diagnosis KTS 560 de Bosch, con todo incluido hasta 2022. Obtenido de <https://www.motorok.com/noticias/bosch-kts-560-promocion-todo-incluido-2022/>
- Pecolt, S., Błażejowski, A., & Pecolt, S. (2021). ScienceDirect ScienceDirect Systems System failures using wavelet Investigation of Anti-Lock Braking Investigation of Anti-Lock Braking System failures using wavelet. *Procedia Computer Science*, 192(2020), 3262–3271. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.099>

- Pérez, A. (23 de 08 de 2018). El origen y la historia del sistema de frenos antibloqueo ABS. Obtenido de <https://periodismodelmotor.com/historia-sistema-frenos-antibloqueo-abs/201957/>
- Rodríguez Galbarro, H. (2021). Sistemas de. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn75.html>
- Saavedra Sanango, Á. G. (2016). Elaboración de un manual del sistema de frenos abs y su aplicación en el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes del segundo año de bachillerato de la unidad educativa "chunchi" en el año 2016. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3457/1/UNACH-FCEHT-M.IND.AT-2017-000002.pdf>
- Schuon, M. (2021). Acerca de los coches; Los pros y los contras de los frenos antibloqueo. New York Times. <https://www.nytimes.com/1994/02/06/sports/about-cars-the-pros-and-cons-of-antilock-brakes.html>
- Schwenke, T. (26 de 06 de 2020). Qué es el servofreno y para que se utiliza. Obtenido de <https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/consejos-de-conduccion/servofreno-utilidad/>
- Secretaria Nacional de Planificacion, E. (2021). Plan-de-Creación-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado. En Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 (pp. 43-48-85-90). file:///C:/Users/PC-CARO/Documents/Plan-de-Creación-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf%0Ahttps://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-de-desarrollo-2017-2021-toda-una-vida-de-ecuador
- Smart, J. (2020). ¿Problemas con el sistema de frenos antibloqueo (ABS)? Guía Para Comprender, Solucionar Problemas y Diagnosticar Su ABS. <https://www.mobil.com/en/lubricants/for-personal-vehicles/auto-care/vehicle-maintenance/anti-lock-braking-system-abs-problems>
- TrackDays. (2018). ¿Qué son los sistemas de frenos antibloqueo (ABS)? - Noticias. <https://www.trackdays.co.uk/news/anti-lock-braking-system-abs/>
- Tural, E. (2020). Estudio experimental sobre el rendimiento de frenado y estabilidad durante el frenado a baja velocidad con ABS en condiciones críticas de la carretera. Ciencia y Tecnología de La Ingeniería, Una Revista Internacional, 0(0), 1-15. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215098621000306>
- Volkswagen. (2015). Volkswagen Amarok 2.0 TDi 4Motion Highline 2010. Obtenido de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Volkswagen_Amarok_2.0_TDi_4Motion_Highline_2010.jpg
- Zapatería, O. (2017). Sistema Antibloqueo de Frenos (A.B.S.). El Principio Del A.B.S. http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R4_A5.pdf
- Zheng, T., & Wang, L. (2016). Investigación sobre el método de identificación de carreteras en el sistema de frenos antibloqueo. Ingeniería de Procedimientos. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811015402>