



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
Powered by Arizona State University

**FACULTAD DE INGENIERIAS APLICADAS Y
DESARROLLO INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Diagnóstico del Comportamiento del Módulo de Control
del Sistema SRS Mediante Instrumentación Electrónica
No Invasiva en un Mazda 3**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Autor: Peralta Quiroga, Jostyn Adonis

Tutor: Noroña Merchan, Marco Vinicio

GUAYAQUIL
2026

Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Yo, Marco Vinicio Noroña Merchan, en calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Diagnóstico del comportamiento del módulo de control del sistema SRS mediante instrumentación electrónica no invasiva en un Mazda 3 realizado por Jostyn Adonis Peralta Quiroga ha sido orientado y revisado en todas sus partes y considero que cumple los requisitos establecidos por la institución. En virtud de ello doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Ing. Marco Vinicio Noroña Merchan, MSc.

Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Declaración de autoría y cesión de derechos

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

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

Jostyn Adonis Peralta Quiroga

C.I.: 0955395900

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado, ante todo, a Dios, por concederme la fortaleza y la sabiduría necesarias para llegar hasta esta etapa.

A mis padres y a mi familia, por su cariño, sus esfuerzos y su respaldo constante a lo largo de mi formación. Este logro también es fruto de su apoyo.

Asimismo, me lo dedico a mí mismo, por la perseverancia y el compromiso de seguir adelante hasta alcanzar mi meta de ser ingeniero automotriz.

Agradecimiento

Expreso mi gratitud a Dios por concederme la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia para finalizar esta importante etapa.

A mis padres y familiares, por su respaldo, comprensión y confianza durante toda mi formación profesional. También agradezco a mi tutor y docentes, quienes, con sus conocimientos y orientación, contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

De igual manera, agradezco a todas las personas que brindaron su apoyo y fueron parte del cumplimiento de esta meta.

Índice de contenido

Carátula	I
Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	V
Índice de contenido	VI
Índice de figuras	X
Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo I	5
Antecedentes	5
1.1 Tema	5
1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema	5
1.2.1 Planteamiento del problema.....	5
1.2.2 Formulación del problema.....	6
1.2.3 Sistematización del problema	6
1.3 Objetivos de la investigación	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos	7
1.4 Justificación y delimitación de la investigación	7
1.4.1 Justificación teórica.....	8
1.4.2 Justificación metodológica	8
1.4.3 Justificación práctica.....	8
1.4.4 Delimitación temporal.....	8
1.4.5 Delimitación geográfica.....	9
1.4.6 Delimitación del contenido.....	9

Capítulo II	10
Marco referencial	10
2.1 Marco teórico	10
2.1.1 Conceptos preliminares	10
2.1.2 Módulo de control del sistema SRS.....	10
2.1.3 Instrumentación electrónica no invasiva aplicada al diagnóstico del sistema SRS.....	11
2.2 Marco conceptual.....	13
2.2.1 Sistema de sujeción suplementaria (SRS)	13
2.2.2 Sensores de impacto	14
2.2.3 Airbag.....	15
2.2.4 Instrumentación Electrónica	16
2.2.5 Instrumentación electrónica no invasiva	17
2.2.6 Señales electrónicas automotrices.....	18
2.2.7 Diagnóstico electrónico automotriz.....	18
Capítulo III Diagnóstico del Comportamiento del Módulo de Control del Sistema SRS	20
3.1 Especificaciones técnicas del vehículo prueba Mazda 3 2009 1.6L	20
3.2 Características del sistema SRS del Mazda 3 1.6 2009	20
3.2.1 Partes principales del sistema SRS.....	21
3.2.2 Funcionamiento general del sistema SRS	22
3.2.3 Diagrama funcional del sistema SRS	23
3.3 Identificación de equipos para el diagnóstico	23
3.3.1 Escáner automotriz.....	23
3.3.2 Osciloscopio launch	24
3.3.3 Multímetro digital DT9208A	25
3.4 Diagnóstico del módulo SRS del Mazda 3.....	26
3.4.1 Estado inicial del sistema.....	27

3.4.1.1 Escaneo del vehículo	27
3.4.1.2 Códigos de error DTC identificados	28
3.4.1.3 Inspección visual de los componentes	28
3.4.2 Registro de señales electrónicas del módulo	32
3.4.2.1 Verificación del sensor de impacto	32
3.4.2.2 Verificación del pretensor del cinturón de seguridad	33
3.4.2.3 Verificación de alimentación y masa del módulo SRS	34
3.4.2.4 Verificación de señal CAN Low y CAN High del módulo SRS.....	35
3.4.2.5 Verificación de los actuadores del sistema	36
Capítulo IV Análisis de resultados del comportamiento del módulo SRS	41
4.1 Síntesis de hallazgos preliminares del diagnóstico srs	41
4.2 Evaluación eléctrica del módulo: alimentación, masa y red CAN	42
4.3 Análisis final.....	44
4.4 Verificación final del sistema SRS mediante escáner de diagnóstico	45
Conclusiones	48
Recomendaciones	50
Referencias	51
Anexo 1. Diagrama eléctrico del sistema de sujeción suplementaria (SRS) del Mazda 3 2009.....	54

Índice de tablas

Tabla 1 Especificaciones técnicas generales del vehículo de prueba	20
Tabla 2 Especificaciones técnicas generales del vehículo de prueba	21
Tabla 3 Códigos DTC registrados en el módulo SRS	28
Tabla 4 Matriz de síntesis de hallazgos preliminares del sistema SRS	42
Tabla 5 Evaluación eléctrica de alimentación, masa y comunicación del módulo SRS	43
Tabla 6 Análisis de la actividad CAN observada con osciloscopio	43
Tabla 7 Comparación de resistencias antes y después de la simulación.	45

Índice de figuras

Figura 1 Esquema funcional del módulo de control del sistema SRS y su interacción con sensores y actuadores.....	11
Figura 2 Captura de forma de onda CAN-H y CAN-L empleada en el diagnóstico no invasivo del sistema SRS.	12
Figura 3 Componentes y señales de entrada del sistema de sujeción suplementaria (SRS).....	13
Figura 4 Sensores de impacto del sistema SRS.....	14
Figura 5 Funcionamiento general del airbag.....	15
Figura 6 Instrumentación electrónica automotriz	16
Figura 7 Instrumentación electrónica no invasiva	17
Figura 8 Diagnóstico electrónico automotriz	19
Figura 9 Diagrama eléctrico del sistema de bolsa de aire	22
Figura 10 Escáner automotriz Launch utilizado para el diagnóstico del sistema SRS.....	24
Figura 11 Osciloscopio automotriz Launch utilizado para la verificación de señales eléctricas del sistema SRS.	24
Figura 12 Multímetro digital utilizado para la verificación de alimentación, masa y continuidad eléctrica del sistema SRS.....	25
Figura 13 Diagnóstico del módulo SRS en vehículo Mazda 3 mediante osciloscopio automotriz.	26
Figura 14 Topología de comunicación del vehículo.....	27
Figura 15 Inspección visual de componentes de sistema SRS	29
Figura 16 Inspección visual del pretensor del cinturón de seguridad	30
Figura 17 Evaluación del estado del módulo del airbag del conductor	30
Figura 18 Vista del sensor de impacto del sistema SRS durante la inspección.....	31
Figura 19 Identificación de los terminales del módulo de control del sistema SRS.	32
Figura 20 Señal eléctrica del sensor de impacto del sistema SRS durante la prueba de diagnóstico 33	
Figura 21 Señal de supervisión eléctrica del pretensor del cinturón de seguridad del sistema SRS durante la prueba de diagnóstico.....	34
Figura 22 Medición de alimentación del módulo SRS	35
Figura 23 Medición de masa del módulo SRS.....	35
Figura 24 Señal CAN Low y CAN High del módulo SRS observada con osciloscopio Launch	36

Figura 25 Verificación de los valores de resistencia de los circuitos del sistema SRS mediante escáner automotriz.....	37
Figura 26 Colocación de una resistencia de 2,7 Ω en el conector del sistema SRS.....	39
Figura 27 Respuesta del módulo RCM tras la simulación de carga en el sistema SRS.	40
Figura 28 Comparación del estado inicial y final de las resistencias del sistema SRS	45
Figura 29 Topología de comunicación del vehículo durante la verificación final del sistema SRS mediante escáner de diagnóstico.	47
Figura 30 Verificación final del módulo RCM (Airbag) sin códigos de diagnóstico (DTC) registrados.	47

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo analizar el comportamiento del módulo de control del Sistema de Sujeción Suplementaria (SRS) mediante instrumentación electrónica no invasiva en un vehículo Mazda 3, modelo 2009 con motor de 1.6 L. El estudio responde a la necesidad de comprender el funcionamiento eléctrico y electrónico del sistema SRS mediante procedimientos seguros que no alteren la integridad de sus componentes pirotécnicos ni modifiquen las condiciones originales de operación del vehículo.

La metodología empleada se desarrolla bajo un enfoque experimental y descriptivo, utilizando un escáner automotriz Launch X-431, un osciloscopio Launch O2-2 ScopeBox y un multímetro digital DT9208A para efectuar el diagnóstico del sistema. El procedimiento comprende una inspección visual de los componentes, la lectura de códigos de diagnóstico (DTC), el registro de señales eléctricas del sensor de impacto, la verificación de la alimentación y masa del módulo SRS, el análisis de la comunicación mediante la red CAN y la simulación de cargas eléctricas mediante resistencias equivalentes para evaluar la respuesta del módulo de control.

Los resultados evidencian la presencia de códigos de falla asociados a circuitos de alta resistencia en los airbags y pretensores del cinturón de seguridad, además de una condición anómala relacionada con la cinta espiral del volante. Asimismo, las mediciones eléctricas confirman que el módulo recibe una alimentación adecuada, mantiene continuidad de masa y conserva comunicación estable con la red CAN del vehículo. La simulación mediante resistencias equivalentes permite restablecer las condiciones eléctricas supervisadas por el módulo, eliminar los códigos de avería registrados y comprobar el funcionamiento correcto del sistema.

Se concluye que la instrumentación electrónica no invasiva constituye una metodología segura, confiable y eficaz para caracterizar el comportamiento eléctrico del módulo SRS, permitiendo identificar fallas sin intervenir directamente en los dispositivos pirotécnicos ni comprometer la seguridad del vehíc

Abstract

This research aims to analyze the behavior of the Supplemental Restraint System (SRS) control module through non-invasive electronic instrumentation in a 2009 Mazda 3 equipped with a 1.6 L gasoline engine. The study addresses the need to understand the electrical and electronic operation of the SRS by applying safe diagnostic procedures that preserve the integrity of its pyrotechnic components and maintain the original operating conditions of the vehicle.

The methodology follows an experimental and descriptive approach using a Launch X-431 automotive scanner, a Launch O2-2 ScopeBox automotive oscilloscope, and a DT9208A digital multimeter. The diagnostic procedure includes visual inspection of the system components, retrieval of Diagnostic Trouble Codes (DTCs), acquisition of impact sensor electrical signals, verification of the control module power supply and ground circuits, analysis of CAN network communication, and simulation of electrical loads using equivalent resistors to evaluate the response of the control module.

The results reveal fault codes associated with high-resistance circuits in the airbags and seat belt pretensioners, as well as an abnormal condition related to the steering wheel clock spring. Electrical measurements confirm proper power supply, ground continuity, and stable communication through the CAN network. In addition, the simulation with equivalent resistive loads restores the electrical conditions monitored by the control module, eliminates the stored fault codes, and confirms the correct operation of the SRS.

It is concluded that non-invasive electronic instrumentation represents a safe, reliable, and effective methodology for characterizing the electrical behavior of the SRS control module. This approach enables accurate fault identification without direct intervention in pyrotechnic devices or compromising vehicle safety. Furthermore, the proposed procedure contributes to improving electronic diagnostic practices for automotive passive safety systems.

Introducción

La evolución de la industria automotriz impulsa el desarrollo de sistemas electrónicos orientados a incrementar la seguridad de los ocupantes del vehículo. Entre estos sistemas se encuentra el Sistema de Sujeción Suplementaria (Supplemental Restraint System, SRS), el cual complementa la función del cinturón de seguridad mediante la activación controlada de airbags y pretensores durante una colisión. Su funcionamiento depende de un módulo electrónico que procesa continuamente la información proveniente de sensores de impacto y otros dispositivos, ejecutando estrategias de control que permiten proteger a los ocupantes cuando las condiciones del accidente lo requieren.

Debido a la importancia que representa el sistema SRS para la seguridad pasiva, su diagnóstico exige procedimientos técnicamente adecuados que permitan evaluar su funcionamiento sin poner en riesgo la integridad de los componentes pirotécnicos. En muchos procesos de mantenimiento automotriz, el análisis del sistema se limita únicamente a la lectura de códigos de diagnóstico mediante un escáner, situación que reduce la posibilidad de comprender el comportamiento eléctrico del módulo de control y la interacción existente entre sensores, actuadores y la red de comunicación del vehículo. En este contexto, la instrumentación electrónica no invasiva constituye una alternativa que permite registrar señales eléctricas y analizar el funcionamiento del sistema sin modificar sus características originales.

La presente investigación tiene como finalidad analizar el comportamiento del módulo de control del sistema SRS mediante instrumentación electrónica no invasiva en un vehículo Mazda 3, modelo 2009 con motor de 1.6 L. Para ello, se emplean un escáner automotriz Launch X-431, un osciloscopio Launch O2-2 ScopeBox y un multímetro digital DT9208A, equipos que permiten efectuar la inspección visual del sistema, registrar códigos de diagnóstico, verificar la alimentación y masa del módulo, analizar las señales del sensor de impacto, evaluar la comunicación de la red CAN y comprobar el comportamiento eléctrico del sistema bajo condiciones normales de funcionamiento.

Como parte del proceso experimental, el estudio identifica fallas relacionadas con circuitos de alta resistencia en los airbags y pretensores del cinturón de seguridad, además de una condición asociada a la cinta espiral del volante. Posteriormente, la simulación de cargas mediante resistencias equivalentes permite evaluar la respuesta del módulo SRS, verificar el restablecimiento de las condiciones eléctricas supervisadas por la unidad de control y confirmar la eliminación de los códigos de avería registrados.

Finalmente, la investigación demuestra que la aplicación de instrumentación electrónica no invasiva constituye una herramienta técnica eficaz para el diagnóstico del sistema SRS, ya que permite caracterizar el comportamiento eléctrico del módulo de control sin alterar el funcionamiento original del vehículo. Asimismo, los resultados obtenidos aportan una metodología de diagnóstico que fortalece los procesos de mantenimiento e investigación en sistemas electrónicos de seguridad pasiva, sirviendo como referencia para futuras aplicaciones en el ámbito de la ingeniería automotriz.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema

Diagnóstico del comportamiento del módulo de control del sistema SRS mediante instrumentación electrónica no invasiva en un Mazda 3.

1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema

Los vehículos modernos, los sistemas electrónicos de seguridad cumplen un papel fundamental en la protección de los ocupantes. Entre estos sistemas se encuentra el Sistema de Sujeción Suplementaria (SRS), encargado de controlar la activación de los airbags y otros dispositivos de seguridad mediante un módulo electrónico que procesa información proveniente de diferentes sensores del vehículo.

En modelos como el Mazda 3, el correcto funcionamiento del módulo SRS es esencial para garantizar una respuesta adecuada ante eventos de impacto. Sin embargo, el análisis de su comportamiento presenta dificultades técnicas, debido a que la manipulación directa del sistema puede generar riesgos de activación accidental o daños en sus componentes.

Esta situación limita el estudio experimental del sistema en entornos académicos y de diagnóstico automotriz, dificultando la comprensión de su funcionamiento electrónico. Por ello, surge la necesidad de aplicar métodos de instrumentación electrónica no invasiva que permitan analizar y registrar las señales del módulo SRS sin alterar su operación ni comprometer la seguridad del vehículo, con el fin de caracterizar su comportamiento y contribuir al estudio y diagnóstico de los sistemas de seguridad electrónica automotriz.

1.2.1 Planteamiento del problema

Los sistemas electrónicos cumplen un papel fundamental en la seguridad activa y pasiva del automóvil. Entre ellos se encuentra el Supplemental Restraint System (SRS), responsable de gestionar dispositivos como airbags, sensores de impacto y pretensores de cinturón de seguridad con el propósito de reducir las lesiones de los ocupantes durante una colisión. Este sistema es controlado por un módulo electrónico que recibe información de

diversos sensores y, mediante algoritmos de control, determina la activación de los dispositivos de protección. En modelos como el Mazda 3, el módulo SRS también realiza procesos de autodiagnóstico para detectar fallas en sensores, circuitos o componentes asociados, registrando códigos de diagnóstico y activando la luz de advertencia del airbag cuando se presenta alguna anomalía.

A pesar de la relevancia de este sistema para la seguridad vehicular, el estudio experimental de su comportamiento eléctrico y funcional es limitado en el ámbito académico, ya que generalmente se restringe al uso de herramientas de diagnóstico que solo permiten visualizar códigos de falla. Además, la manipulación directa de los componentes pirotécnicos del sistema implica riesgos de activación accidental, lo que dificulta su análisis práctico.

1.2.2 Formulación del problema

¿De qué manera puede caracterizarse experimentalmente el comportamiento del sistema de control del módulo SRS mediante instrumentación electrónica no invasiva en un vehículo Mazda 3?

1.2.3 Sistematización del problema

- ¿Cuál es la arquitectura y el principio de funcionamiento del módulo SRS en el Mazda 3?
- ¿Qué señales eléctricas del módulo SRS pueden medirse mediante instrumentación electrónica no invasiva?
- ¿Cómo se comporta el módulo SRS durante el encendido y la operación del vehículo?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Analizar el comportamiento del módulo de control del sistema SRS mediante instrumentación electrónica no invasiva en un Mazda 3.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar la arquitectura funcional y principios de operación del módulo de control del sistema SRS en el Mazda 3.
- Registrar las señales eléctricas del módulo SRS mediante instrumentación electrónica no invasiva utilizando osciloscopio y escáner automotriz.
- Evaluar el comportamiento eléctrico del módulo SRS durante el encendido y operación del vehículo correlacionando señales con estrategias de control.

1.4 Justificación y delimitación de la investigación

La presente investigación de los sistemas electrónicos de seguridad automotriz es fundamental en el campo de la ingeniería automotriz debido al papel que desempeñan en la protección de los ocupantes del vehículo. Entre estos sistemas destaca el Supplemental Restraint System (SRS), encargado de gestionar dispositivos como airbags y pretensores de cinturón de seguridad durante situaciones de impacto. Comprender el funcionamiento del módulo de control de este sistema permite fortalecer los procesos de diagnóstico, mantenimiento y análisis técnico de los sistemas de seguridad pasiva presentes en los vehículos modernos.

Desde el punto de vista académico y técnico, el análisis del sistema SRS presenta ciertas limitaciones, principalmente por los riesgos asociados a la manipulación directa de los dispositivos pirotécnicos que forman parte del sistema. Por esta razón, resulta necesario emplear metodologías que permitan estudiar su funcionamiento sin intervenir directamente en estos componentes. En este contexto, la utilización de instrumentación electrónica no invasiva, como osciloscopios y herramientas de diagnóstico automotriz, permite registrar y analizar las señales eléctricas del sistema de forma segura, facilitando la comprensión de su comportamiento eléctrico y funcional.

En este sentido, la presente investigación se orienta a caracterizar experimentalmente el comportamiento del sistema de control del módulo SRS en un vehículo Mazda 3 mediante el uso de instrumentación electrónica no invasiva. El estudio se delimita al análisis de la arquitectura funcional del módulo, la medición de señales eléctricas asociadas a su

funcionamiento y la evaluación de su comportamiento durante las fases de encendido y operación del vehículo. Asimismo, la investigación no contempla la activación directa de los dispositivos pirotécnicos del sistema, como airbags o pretensores de cinturón de seguridad, debido a las condiciones de seguridad requeridas para su manipulación.

1.4.1 Justificación teórica

Esta investigación contribuye al estudio de la electrónica automotriz al analizar el comportamiento del Supplemental Restraint System (SRS) mediante instrumentación electrónica no invasiva. Este enfoque permite comprender las señales y procesos de control del sistema de seguridad pasiva sin intervenir directamente en sus componentes. El análisis se realiza tomando como referencia el Mazda 3.

1.4.2 Justificación metodológica

La investigación se sustenta metodológicamente en la aplicación de técnicas de medición y registro de señales eléctricas mediante instrumentación electrónica no invasiva, lo que permite analizar el comportamiento del módulo SRS sin alterar su funcionamiento. El uso de herramientas como osciloscopio y equipo de diagnóstico automotriz facilita la obtención de datos experimentales confiables para evaluar el funcionamiento del sistema en el Mazda 3.

1.4.3 Justificación práctica

La investigación tiene relevancia práctica porque permite comprender el comportamiento del módulo SRS mediante el análisis de sus señales eléctricas utilizando instrumentación no invasiva. Los resultados obtenidos apoyan procesos de diagnóstico y evaluación de sistemas de seguridad automotriz.

1.4.4 Delimitación temporal

El proyecto se desarrolló durante 4 meses, empezando en marzo de 2026 y finalizando en septiembre de 2026.

1.4.5 Delimitación geográfica

El proyecto se desarrolla en la provincia del Guayas, lugar donde se llevan a cabo las pruebas, observaciones y mediciones correspondientes en el vehículo seleccionado para el estudio.

1.4.6 Delimitación del contenido

La investigación se enfoca en el estudio del comportamiento del módulo de control del sistema Supplemental Restraint System, conocido como SRS, en un vehículo Mazda 3. Para ello, se considera la identificación de su arquitectura funcional, el registro de las señales eléctricas relacionadas con su operación y la observación de su respuesta durante el encendido y el funcionamiento normal del vehículo. El análisis se desarrolla mediante instrumentación electrónica no invasiva, lo que permite obtener información técnica del sistema sin modificar el circuito original ni alterar su funcionamiento. De esta manera, el alcance del estudio se limita a la lectura, registro e interpretación de señales mediante herramientas de diagnóstico automotriz y equipos de medición electrónica, evitando la intervención directa en componentes pirotécnicos como airbags o pretensores de cinturón, debido a los riesgos que implica su manipulación.

Capítulo II

Marco referencial

2.1 Marco teórico

El marco teórico presenta los fundamentos del Sistema de Sujeción Suplementaria o (SRS) por sus siglas en inglés (*Supplemental Restraint System*), considerando su relación con la seguridad pasiva, la electrónica automotriz y el diagnóstico no invasivo. Este sistema integra airbags, pretensores, sensores, cableado y un módulo de control encargado de supervisar las señales eléctricas y detectar posibles fallas.

El SRS no debe entenderse únicamente como un airbag, sino como un conjunto electrónico que complementa al cinturón de seguridad y contribuye a reducir las lesiones de los ocupantes durante una colisión (Mobility, s. f.)

2.1.1 Conceptos preliminares

La seguridad automotriz moderna integra elementos mecánicos y electrónicos, como sensores, módulos de control, redes de comunicación y sistemas de diagnóstico.

Dentro de este contexto, el SRS pertenece a la seguridad pasiva, ya que busca reducir las lesiones de los ocupantes durante una colisión. Su funcionamiento comprende airbags, pretensores, sensores de impacto, señales eléctricas y circuitos supervisados electrónicamente, los cuales deben analizarse mediante procedimientos seguros y no invasivos (Administration, s. f.)

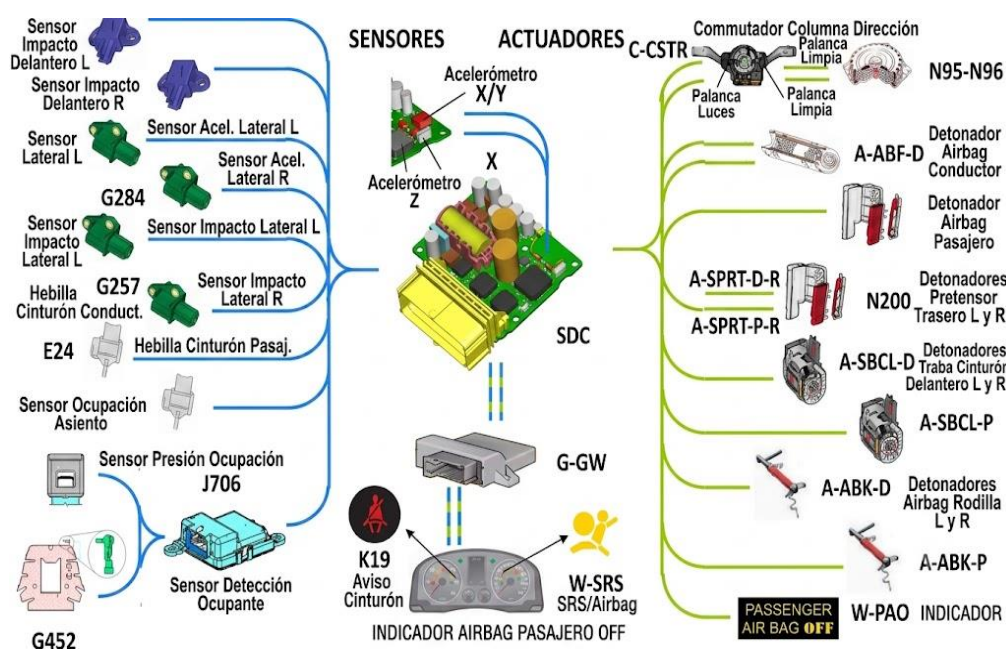
2.1.2 Módulo de control del sistema SRS

El módulo de control del sistema SRS es la unidad electrónica encargada de recibir y procesar las señales procedentes de los sensores de impacto, aceleración y presión. A partir de esta información, analiza la intensidad, dirección y características de una colisión mediante algoritmos internos, con el propósito de determinar si es necesario activar los airbags y los pretensores del cinturón. Además, incorpora circuitos de disparo e interfaces que permiten controlar los distintos dispositivos de protección de acuerdo con la configuración del vehículo. La figura 1 muestra el esquema funcional del módulo SRS y la interacción que mantiene con los sensores y actuadores del sistema.

Además de intervenir ante un impacto, el módulo supervisa continuamente el estado de los sensores, airbags, pretensores, cableado y luces de advertencia. Esta comprobación comienza cuando se enciende el vehículo y continúa durante la conducción. Cuando se detecta una anomalía eléctrica o una interrupción en alguno de los circuitos supervisados, el sistema activa el testigo SRS para advertir que puede existir una falla que afecte su funcionamiento. Por esta razón, el módulo cumple funciones de control, decisión y autodiagnóstico, convirtiéndose en el elemento principal para evaluar el comportamiento electrónico del sistema SRS, tal como se observa en la figura 1. (Härtl, Vogt, & Huber, 1990)

Figura 1

Esquema funcional del módulo de control del sistema SRS y su interacción con sensores y actuadores



Fuente: (Automotriz, 2020)

2.1.3 Instrumentación electrónica no invasiva aplicada al diagnóstico del sistema SRS

La instrumentación electrónica no invasiva permite examinar el sistema SRS sin cortar conductores, alterar conexiones ni activar sus componentes pirotécnicos. Para ello, se utilizan principalmente el escáner automotriz, el osciloscopio y el multímetro, aplicados únicamente en puntos de medición seguros. (Arévalo Riccio & Mendoza Ramírez, 2023)

El escáner permite comprobar la comunicación con el módulo, consultar códigos de

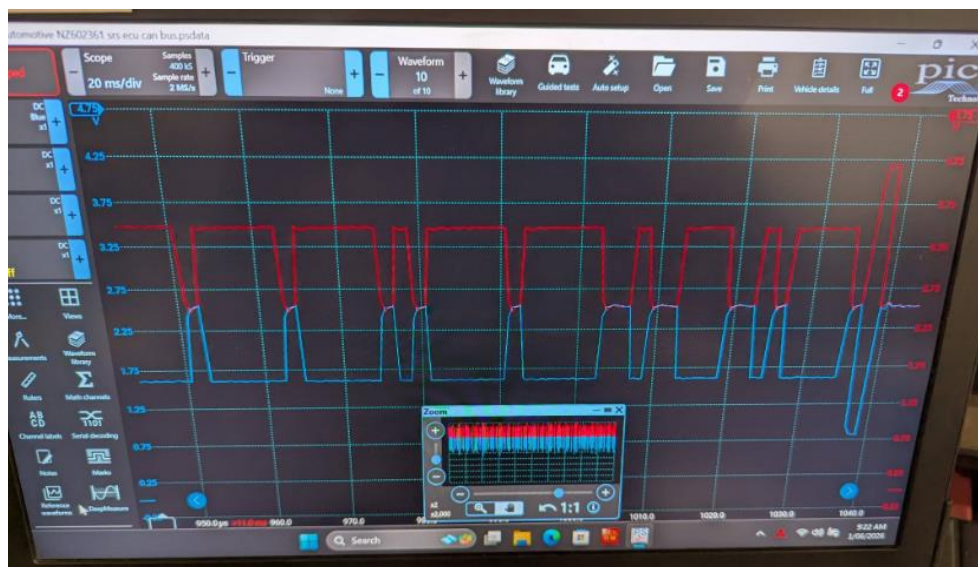
diagnóstico y observar parámetros disponibles; mientras que el osciloscopio facilita el análisis de la alimentación, las masas y las señales de comunicación. Por ejemplo, la integridad física de la red CAN puede evaluarse mediante la observación de los voltajes de las líneas CAN-H y CAN-L, como se muestra en la figura 2, donde se aprecia la forma de onda característica utilizada para verificar el estado de la comunicación en la red CAN (Technology, s. f.)

El procedimiento comienza con la revisión del diagrama eléctrico y las indicaciones del fabricante, seguida de una inspección visual de conectores, cableado y estado de la batería. Posteriormente, se registran los códigos de falla y se realizan mediciones específicas para relacionar la información del escáner con las señales eléctricas observadas.

Debido a que el módulo SRS procesa datos de sensores de presión y aceleración para controlar airbags y pretensores, deben evitarse las pruebas directas sobre detonadores y circuitos de activación, Asimismo, no se recomienda medir la resistencia de los componentes del airbag, ya que la corriente del instrumento podría provocar una activación accidental (Motors, 2017)

Figura 2

Captura de forma de onda CAN-H y CAN-L empleada en el diagnóstico no invasivo del sistema SRS.



Fuente: (Technology, Automotive Waveform Library, s. f.)

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Sistema de sujeción suplementaria (SRS)

El Sistema de Sujeción Suplementaria (SRS) es un conjunto de seguridad pasiva diseñado para complementar la protección proporcionada por el cinturón de seguridad y reducir las lesiones de los ocupantes durante una colisión. Está compuesto por una unidad de control electrónica (RCM), sensores de impacto, sensores de posición del asiento, sensor del broche del cinturón, airbags, pretensores y el cableado de interconexión. Como se observa en la figura 3, estos componentes trabajan de manera coordinada para recopilar información sobre las condiciones del impacto y el estado del ocupante, permitiendo al módulo de control determinar la activación de los dispositivos de protección. (Administration, Vehicle safety features: Air bags, s. f.)

Durante el funcionamiento del vehículo, el módulo SRS recibe continuamente las señales provenientes de los sensores de impacto frontales, del sensor de posición del asiento y del sensor del broche del cinturón, tal como se muestra en la figura 3. Con esta información evalúa la intensidad y dirección de una colisión, así como las condiciones de ocupación del asiento y el uso del cinturón de seguridad, para determinar la activación de los airbags y los pretensores. Si detecta una anomalía en alguno de los componentes o en el cableado, registra un código de falla y enciende el testigo SRS en el tablero para advertir al conductor (Mobility, Airbag control unit, s. f.)

Figura 3

Componentes y señales de entrada del sistema de sujeción suplementaria (SRS).



Fuente: (Whitten, 2010)

2.2.2 Sensores de impacto

Los sensores de impacto son dispositivos que detectan cambios bruscos en el movimiento de un vehículo durante una colisión. Su función principal es alertar al módulo SRS en caso de accidente grave o desaceleración brusca. Estos sensores envían información al módulo de control para que este pueda evaluar la gravedad del impacto y decidir si debe activar los dispositivos de seguridad, en lugar de desplegar automáticamente el airbag, como se observa en la figura 4 (Mobility, Airbag control unit, s. f.)

Dependiendo de la parte del vehículo que deban supervisar, los sensores de impacto de los coches actuales pueden ser sensores frontales, laterales o de presión. Según Bosch, un sensor de aceleración periférico mide las aceleraciones durante una colisión para proporcionar información sobre la dirección y la intensidad del impacto. Además, NXP señala que los sistemas de airbag utilizan acelerómetros para detectar cambios bruscos en la aceleración y enviar esa información a la unidad electrónica principal. Estos sensores son fundamentales para evitar que el sistema SRS se active demasiado tarde o de forma innecesaria.

Figura 4

Sensores de impacto del sistema SRS



Fuente: (CarSensorHub, 2024)

2.2.3 Airbag

El airbag es un dispositivo de seguridad pasiva diseñado para reducir el riesgo de lesiones en caso de choque. No reemplaza al cinturón de seguridad, sino que trabaja junto con él. Su función es crear una superficie de amortiguación entre el ocupante y partes rígidas del vehículo, como el volante, el tablero, las puertas o los pilares laterales. En una colisión severa, el módulo SRS activa el inflado del airbag en fracciones muy cortas de tiempo, permitiendo que el cuerpo del ocupante tenga una desaceleración más controlada como se observa en la figura 5.

La NHTSA indica que los airbags frontales y laterales ofrecen beneficios de seguridad cuando se usan junto con el cinturón, y recalca que el cinturón sigue siendo la principal línea de defensa para los ocupantes. El manual de KIA también explica que, cuando el módulo SRS detecta un impacto frontal suficientemente fuerte, despliega automáticamente los airbags frontales; luego, el airbag comienza a desinflarse para permitir visibilidad y control del vehículo. En ese sentido, el airbag debe entenderse como un sistema complementario que ayuda a disminuir lesiones, pero cuyo funcionamiento depende de sensores, módulo de control, cableado, alimentación eléctrica y estado general del sistema SRS (Corporation, Owner's manual, 2023)

Figura 5

Funcionamiento general del airbag



Fuente: (RoadRider, 2023)

2.2.4 Instrumentación Electrónica

La instrumentación electrónica en el campo automotriz se refiere al uso de equipos, sensores y herramientas que permiten medir, observar y analizar señales eléctricas del vehículo. En un automóvil moderno, muchos sistemas funcionan mediante señales de voltaje, corriente, resistencia, frecuencia o comunicación digital. Por eso, para diagnosticar una falla no basta con observar físicamente los componentes, sino que también es necesario interpretar cómo se comportan sus señales. (Vinicio, 2018)

En el caso del sistema SRS, la instrumentación electrónica permite revisar condiciones eléctricas generales, continuidad de circuitos, alimentación, tierra, comunicación entre módulos y señales de advertencia. Sin embargo, por tratarse de un sistema de seguridad con componentes pirotécnicos, el diagnóstico debe realizarse con procedimientos seguros y respetando el manual del fabricante. Tektronix señala que el uso de osciloscopios en diagnóstico automotriz permite visualizar formas de onda eléctricas y detectar irregularidades, fallas o comportamientos anormales en diferentes sistemas del vehículo, como se observa en la figura 6. Esto muestra que la instrumentación electrónica es importante porque permite pasar de una revisión visual a una revisión técnica basada en datos medibles (Tektronix, s. f.)

Figura 6

Instrumentación electrónica automotriz



Fuente: (Embajadores, 2014)

2.2.5 Instrumentación electrónica no invasiva

La instrumentación electrónica no invasiva consiste en medir o analizar señales del vehículo sin cortar cables, perforar arneses ni alterar el sistema original. Este enfoque es importante porque evita dañar conectores, modificar la resistencia del circuito o generar fallas adicionales. En sistemas sensibles como el SRS, la medición no invasiva resulta aún más relevante, ya que una mala manipulación puede afectar el funcionamiento del sistema o activar códigos de falla.

Este tipo de instrumentación puede apoyarse en escáner automotriz, osciloscopio, pinzas amperimétricas, puntas de prueba adecuadas, conectores de diagnóstico y adaptadores, equipos que se muestran en la figura 7. Su propósito es obtener información del sistema sin intervenir directamente de forma agresiva. Por ejemplo, el diagnóstico con osciloscopio permite observar señales eléctricas sin depender únicamente de códigos de falla, mientras que herramientas de análisis de red permiten revisar señales CAN o CAN FD. Tektronix explica que los osciloscopios pueden ayudar en la decodificación y análisis de señales CAN, mostrando la comunicación como forma de onda y como tabla de eventos. Por eso, la instrumentación no invasiva es una forma más segura y profesional de estudiar señales electrónicas automotrices (Tektronix, Automotive testing solutions, s. f.)

Figura 7

Instrumentación electrónica no invasiva



Fuente: (SuperAuto, 2025)

2.2.6 Señales electrónicas automotrices

Las señales electrónicas automotrices son la forma en que los sensores, módulos y actuadores intercambian información dentro del vehículo. Estas señales pueden ser analógicas, digitales, pulsadas o de comunicación en red. Una señal analógica puede variar de forma continua, como ocurre en algunos sensores de presión o posición.

Una señal digital cambia entre estados definidos, normalmente encendido/apagado. También existen señales PWM, usadas para controlar actuadores mediante ciclos de trabajo, y señales de red como CAN, utilizadas para la comunicación entre módulos electrónicos.

En el diagnóstico automotriz, comprender estas señales es fundamental, porque una falla no siempre significa que el componente esté dañado; también puede existir un problema de alimentación, tierra, comunicación, interferencia o cableado. PicoScope señala que el análisis de señales PWM permite comprender el voltaje efectivo aplicado a un componente y obtener información que un multímetro tradicional no siempre muestra .

En sistemas de seguridad como el SRS, las señales deben analizarse con especial cuidado, ya que el módulo interpreta datos de sensores para tomar decisiones críticas durante un accidente. Por eso, el estudio de señales electrónicas automotrices permite entender mejor cómo se comunican los componentes y cómo se puede diagnosticar una falla de manera técnica (Technology, Pulse Width Modulation (PWM), s. f.)

2.2.7 Diagnóstico electrónico automotriz

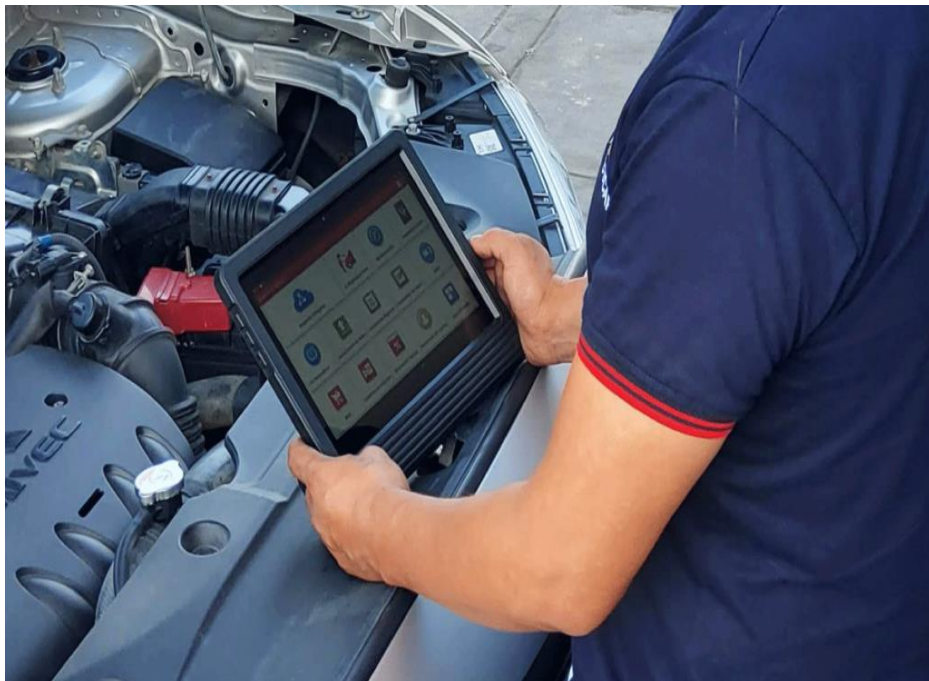
El diagnóstico electrónico automotriz es el proceso mediante el cual se identifican fallas en los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo. Este diagnóstico puede realizarse mediante escáner, lectura de códigos de falla, análisis de datos en vivo, pruebas de actuadores, mediciones eléctricas y revisión de señales con osciloscopio. Su objetivo no es solamente borrar códigos, sino comprender qué está causando la falla y confirmar si el problema está en el sensor, módulo, cableado, alimentación, tierra o comunicación.

Como se muestra en la figura 8, el escáner automotriz constituye una de las principales herramientas para el diagnóstico electrónico, ya que permite establecer comunicación con las unidades de control del vehículo y obtener información sobre el estado

de funcionamiento de los diferentes sistemas. En los vehículos actuales, los módulos electrónicos registran códigos de falla cuando detectan anomalías en los sensores, actuadores o circuitos supervisados. Esta información facilita la localización de la avería y orienta el proceso de diagnóstico sin necesidad de desmontar componentes innecesariamente (Launch Tech Co., s. f.)

Figura 8

Diagnóstico electrónico automotriz



Fuente: (Pervagas, 2023)

CAPÍTULO III

Diagnóstico del comportamiento del módulo de control del sistema SRS

3.1 Especificaciones técnicas del vehículo prueba Mazda 3 2009 1.6L

El vehículo utilizado para el desarrollo del diagnóstico corresponde a un Mazda 3, año 2009, motor 1.6 L gasolina, empleado como unidad de prueba para el análisis del sistema de retención suplementaria SRS. Este vehículo permite evaluar el comportamiento eléctrico del módulo de control de airbags, los pretensores de cinturón, la cinta espiral del volante, el sensor de impacto, la red de comunicación CAN y las líneas de alimentación y masa del módulo.

Tabla 1

Especificaciones técnicas generales del vehículo de prueba

Características	Especificación
Marca	Mazda
Modelo	Mazda 3
Año	2009
Cilindrada	1.6 L / 1598 cm ³
Tipo de motor	Gasolina, 4 cilindros en línea
Potencia máxima aprox.	77 kW / 105 hp a 6000 rpm
Torque máximo aprox.	143 – 145 Nm a 4000 rpm
Sistema de comunicación	Red CAN del vehículo
Sistema de seguridad pasiva	Airbags frontales, pretensores delanteros y modulo SRS

Nota. La información presentada se fundamenta en las especificaciones generales del motor MZR de 1.6 L del Mazda 3, empleadas como referencia técnica.

3.2 Características del sistema SRS del Mazda 3 1.6 2009

El sistema SRS, conocido como Supplemental Restraint System, es el sistema de retención suplementaria del vehículo. Su función principal es complementar el trabajo de los cinturones de seguridad durante una colisión. En el Mazda 3, el sistema integra airbags, pretensores, sensores de impacto, módulo de control y cableado especializado de seguridad. El manual de Mazda describe que el SRS está compuesto por dos subsistemas básicos: el sistema de airbags con infladores y bolsas, y el sistema eléctrico formado por sensores de choque y módulo de diagnóstico.

En el vehículo analizado, el sistema SRS presenta airbags instalados y físicamente intactos. Sin embargo, durante el proceso de diagnóstico se identifica una falla relacionada con circuitos de alta resistencia en pretensores y airbags frontales. También se verifica que la cinta espiral o clock spring, ubicada en la columna de dirección y encargada de mantener la conexión eléctrica entre el volante y el arnés principal, no se encuentra en buen estado, lo cual se relaciona principalmente con el circuito del airbag del conductor.

3.2.1 Partes principales del sistema SRS

El sistema SRS del Mazda 3 1.6 2009 está compuesto por los siguientes elementos:

Tabla 2

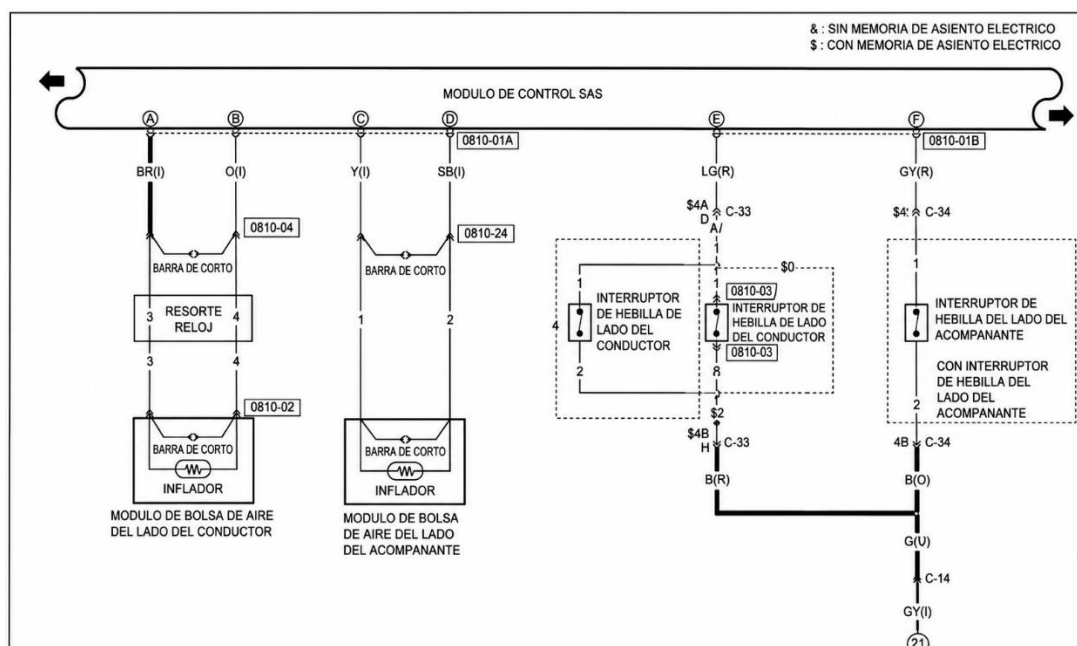
Especificaciones técnicas generales del vehículo de prueba

Características	Función dentro del sistema
Módulo SRS o módulo SAS	Controla el sistema, registra fallas y se comunica por CAN.
Airbag del conductor	Protege al conductor en impactos frontales.
Airbag del pasajero	Se ubica en el panel frontal del lado del acompañante.
Pretensores de cinturón delanteros	Tensan el cinturón durante una colisión.
Cinta espiral o clock spring	Mantiene la conexión eléctrica del airbag del volante.
Sensor de impacto	Detecta colisiones y envía la señal al módulo SRS.
Luz testigo SRS	Indica fallas o el estado del sistema.
Árnés SRS	Conecta eléctricamente los componentes del sistema.
Red CAN	Comunica el módulo SRS con otros módulos y el escáner.

Nota. Mazda indica que los airbags pueden estar ubicados en el centro del volante, tablero del pasajero, costados de los asientos delanteros y pilares o bordes del techo, según el equipamiento de la unidad.

Figura 9

Diagrama eléctrico del sistema de bolsa de aire



Fuente: (Corporation M. M., 2010)

3.2.2 Funcionamiento general del sistema SRS

El funcionamiento del sistema SRS inicia cuando el módulo de control recibe alimentación, masa y comunicación con la red del vehículo. Al colocar el interruptor de encendido en posición ON, el módulo realiza una autocomprobación de sus circuitos internos y externos. Durante esta verificación, supervisa la continuidad eléctrica, la resistencia de los pretensores, la resistencia de los infladores de airbag, el estado de sensores de impacto, la comunicación CAN y el funcionamiento del testigo SRS.

Cuando el sistema detecta una resistencia fuera de rango, un circuito abierto, un cortocircuito o una comunicación anormal, almacena un código DTC y mantiene encendida la luz de advertencia del airbag. Mazda señala que una falla se indica cuando la luz SRS queda encendida, no enciende al colocar contacto o presenta un comportamiento anormal; en esas condiciones, el sistema puede no operar correctamente en un accidente. (Mazda Canada)

3.2.3 Diagrama funcional del sistema SRS

El diagrama funcional del sistema SRS del Mazda 3 1.6, año 2009, muestra la forma en que se encuentran interconectados los principales componentes del sistema de seguridad suplementaria del vehículo. Este sistema tiene como finalidad complementar la protección brindada por los cinturones de seguridad, mediante el accionamiento de las bolsas de aire y los pretensores cuando se produce una colisión que supera los parámetros establecidos por el fabricante. Este diagrama se observa en el Anexo 1.

3.3 Identificación de equipos para el diagnóstico

Para el diagnóstico del sistema SRS se utilizan tres equipos principales: escáner automotriz, osciloscopio y multímetro. Estos instrumentos permiten realizar una evaluación más completa del sistema, ya que cada uno cumple una función específica dentro del proceso de verificación. En el caso del sistema SRS, el diagnóstico no debe limitarse únicamente a observar si la luz de airbag permanece encendida en el tablero, sino que debe comprobarse la comunicación con el módulo, el estado de los circuitos, las señales eléctricas y las condiciones básicas de alimentación.

3.3.1 Escáner automotriz

El escáner utilizado para el diagnóstico del sistema SRS fue un equipo compatible con la plataforma Launch X-431, herramienta de diagnóstico automotriz que permite acceder a diferentes sistemas electrónicos del vehículo mediante comunicación OBD2. Este equipo se emplea para ingresar al módulo SRS, realizar el escaneo del sistema, leer códigos de avería, revisar los datos disponibles del módulo y borrar códigos de falla cuando la condición ha sido corregida.

La figura 10 muestra el escáner automotriz utilizado durante el desarrollo de la investigación. En el presente trabajo, este equipo se utilizó para acceder al módulo SRS del Mazda 3 1.6, año 2009, con la finalidad de identificar los códigos almacenados y analizar la condición eléctrica registrada por la unidad de control.

Figura 10

Escáner automotriz Launch utilizado para el diagnóstico del sistema SRS



3.3.2 Osciloscopio launch

El osciloscopio Launch se utiliza para observar señales eléctricas del sistema, especialmente señales de comunicación y variaciones de voltaje que no pueden analizarse correctamente solo con un multímetro. Como se muestra en la figura 11, el equipo empleado en esta investigación corresponde al osciloscopio Launch O2-2 ScopeBox, un módulo compatible con la serie X-431, orientado al análisis de fallas eléctricas en sensores, actuadores y circuitos, con capacidad para registrar y reproducir formas de onda.

En este caso, el osciloscopio se utiliza para obtener la señal CAN Low del módulo SRS y verificar la presencia de comunicación hacia otros módulos del vehículo.

Figura 11

Osciloscopio automotriz Launch utilizado para la verificación de señales eléctricas del sistema SRS.



3.3.3 Multímetro digital DT9208A

El multímetro digital se emplea para realizar comprobaciones básicas de voltaje, continuidad de líneas no pirotécnicas, alimentación positiva y masa del módulo SRS. Como se muestra en la figura 12, el equipo utilizado en esta investigación corresponde al multímetro digital DT9208A, empleado para confirmar que el módulo recibe energía y una referencia de tierra adecuada antes de interpretar los códigos de falla internos o desmontar componentes.

En el sistema SRS no se realizan pruebas directas sobre infladores de airbag o detonadores de pretensor con métodos inseguros. Mazda advierte que modificar cableado o usar dispositivos de prueba sobre el sistema de pretensores puede activar accidentalmente el sistema o dejarlo inoperativo. Por eso, las mediciones se orientan a alimentación, masa, comunicación, arnés y conectores, manteniendo el análisis como diagnóstico electrónico no invasivo.

Figura 12

Multímetro digital utilizado para la verificación de alimentación, masa y continuidad eléctrica del sistema SRS.



3.4 Diagnóstico del módulo SRS del Mazda 3

El diagnóstico del módulo SRS se desarrolla con la finalidad de identificar el estado general del sistema de retención suplementaria del Mazda 3 1.6 del año 2009. En esta etapa inicial, la evaluación se orienta principalmente a la inspección visual y física de los elementos que forman parte del sistema airbag, con el propósito de reconocer posibles señales de deterioro, manipulación, desconexión, desgaste o daño en los componentes relacionados con la seguridad pasiva del vehículo.

Posteriormente, como se muestra en la figura 13, se instala el equipo de diagnóstico compuesto por el escáner automotriz y el osciloscopio para evaluar el comportamiento eléctrico del módulo SRS y verificar la comunicación con el vehículo. La revisión comprende la observación del tablero de instrumentos, el estado de la luz de advertencia SRS, la condición física de los airbags, los conectores visibles, el cableado accesible, los pretensores de los cinturones de seguridad y los componentes ubicados en la zona del volante y del tablero. Esta inspección permite obtener una primera aproximación al problema antes de realizar pruebas electrónicas más específicas.

Figura 13

Diagnóstico del módulo SRS en vehículo Mazda 3 mediante osciloscopio automotriz.



3.4.1 Estado inicial del sistema

Antes de realizar el escaneo electrónico, se registró la condición inicial del sistema de retención suplementaria SRS del vehículo Mazda 3. En esta etapa, el sistema aún no había sido intervenido ni evaluado mediante el equipo de diagnóstico, por lo que se consideró necesario establecer un punto de partida para identificar posteriormente las fallas almacenadas en el módulo.

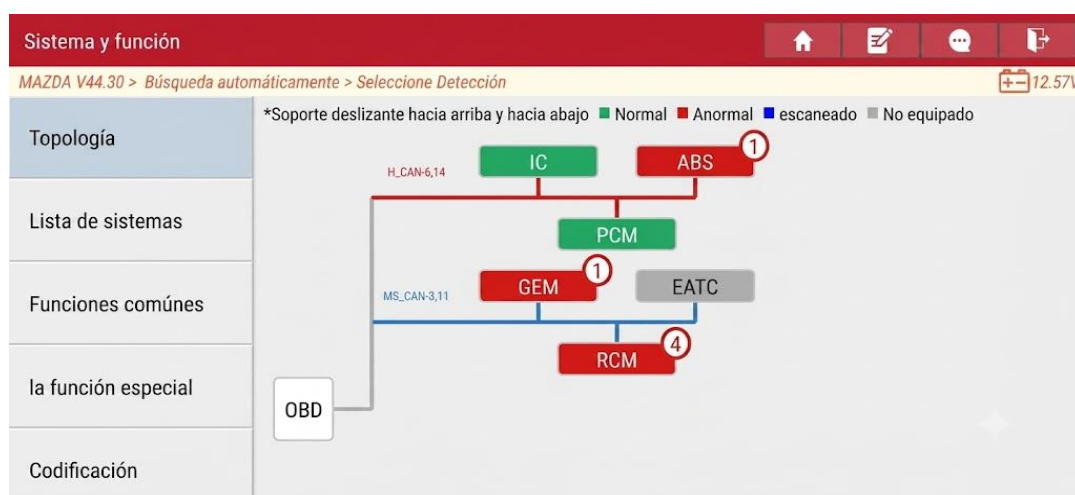
El vehículo se encontraba en condición estable para la prueba, con alimentación eléctrica disponible y con el sistema preparado para establecer comunicación mediante el puerto OBDII. A partir de esta condición inicial, se procedió con el diagnóstico electrónico, con la finalidad de conocer si el módulo SRS presentaba códigos de falla relacionados con airbags, pretensores u otros elementos del sistema de seguridad pasiva.

3.4.1.1 Escaneo del vehículo

El escaneo se realiza con el equipo Launch X-431, ingresando al sistema SRS o como se visualiza la figura 14, el escaner reconoce a este módulo como RCM del Mazda 3. El equipo establece comunicación con el módulo y permite leer los códigos de falla almacenados. En esta etapa se confirma que el módulo SRS responde al escáner, por lo que existe comunicación diagnóstica entre el conector OBDII, la red del vehículo y el módulo de retención suplementaria.

Figura 14

Topología de comunicación del vehículo



3.4.1.2 Códigos de error DTC identificados

Estos códigos orientan el diagnóstico hacia fallas de continuidad eléctrica, alta resistencia o conexión deficiente. En el caso del módulo SRS o RCM se encontraron 4 códigos de error, como se muestra en la figura 14. Uno de los códigos es el B1932, el hallazgo de una cinta espiral defectuosa refuerza la relación entre el código y el circuito del airbag del conductor. En cambio, los códigos B1877 y B1881 requieren revisar la ruta eléctrica de los pretensores delanteros, especialmente conectores y arneses ubicados en la zona inferior de los asientos.

Tabla 3

Códigos DTC registrados en el módulo SRS

Código DTC	Descripción técnica	Interpretación en el vehículo
B1877	Alta resistencia en circuito del pretensor del cinturón del conductor	Posible falso contacto, conector defectuoso, arnés abierto o pretensor con resistencia fuera de rango.
B1881	Alta resistencia en circuito del pretensor del cinturón del pasajero	Posible falla en conector, cableado bajo asiento o pretensor del lado acompañante.
B1932	Alta resistencia en circuito del airbag del conductor, inflador N.º 1	Se relaciona directamente con airbag del volante, cinta espiral, conector o arnés del conductor.
B1933	Alta resistencia en circuito del airbag del pasajero, inflador N.º 2	Se relaciona con airbag frontal del acompañante, conector o arnés hacia el tablero.

Nota. Los códigos DTC presentados corresponden a las fallas registradas durante el diagnóstico del módulo SRS del Mazda 3 mediante el escáner automotriz Launch X-431. La interpretación técnica se elaboró con base en la información proporcionada por el equipo de diagnóstico y el manual de servicio del fabricante.

3.4.1.3 Inspección visual de los componentes

Verificación del airbag del volante: Durante la inspección se realiza el desmontaje parcial de los componentes relacionados con el airbag del volante. Como se muestra en la figura 15, se retira el módulo del airbag para acceder a la cinta espiral y verificar visualmente

el estado de sus conexiones y componentes. Se verifica que la cinta espiral no presente daños visibles, deformaciones o indicios de manipulación.

Esta condición es relevante porque la cinta espiral permite la conexión eléctrica entre el arnés del vehículo y el airbag del conductor.

Figura 15

Inspección visual de componentes de sistema SRS



Verificación de los pretensores de los cinturones de seguridad: En la revisión de los pretensores se observaron problemas en las líneas de cableado. Como se muestra en la figura 16, se realizó la inspección del pretensor del cinturón de seguridad y de su conector eléctrico, donde se identificaron irregularidades en el cableado. Las líneas no se encontraban en una condición adecuada, lo que puede generar interrupciones eléctricas, falsos contactos o aumento de resistencia en el circuito.

Este hallazgo fue relevante porque los pretensores forman parte del sistema SRS y deben mantener comunicación directa con el módulo. Al existir irregularidades en los cables, el módulo puede registrar fallas aunque el pretensor no esté físicamente activado.

Figura 16

Inspección visual del pretensor del cinturón de seguridad



Verificación de los airbags: Se realizó la inspección visual de los airbags del vehículo para comprobar si presentaban señales de activación previa. Como se muestra en la figura 17, se verificó el estado físico del módulo del airbag del volante y de su conector eléctrico, comprobando que no presentaban evidencias de despliegue, ruptura, quemaduras, deformaciones o daños visibles.

Figura 17

Evaluación del estado del módulo del airbag del conductor



Verificación del sensor de impacto: Se realizó la verificación visual del sensor de impacto del sistema SRS, revisando su condición física, su fijación y el estado externo de su conector. Como se muestra en la figura 18, durante la inspección se comprobó que el sensor permanecía correctamente instalado y conectado al arnés del vehículo. Durante la inspección no se observaron daños visibles en el cuerpo del sensor, como golpes, fisuras, deformaciones, desprendimientos o señales de una instalación inadecuada.

También se verificó que el sensor no presentara evidencia externa de manipulación, sulfatación o daño estructural que pudiera afectar su comunicación con el módulo SRS.

Figura 18

Vista del sensor de impacto del sistema SRS durante la inspección



Verificación del módulo SRS: Se inspeccionó el módulo SRS y sus conectores. Durante esta revisión se observó que faltaban pines en los conectores del módulo, condición considerada crítica dentro del diagnóstico.

Durante esta revisión se observó que faltaban pines en los conectores del módulo, condición considerada crítica dentro del diagnóstico. Como se muestra en la figura 19, esta anomalía puede visualizarse claramente, donde las flechas señalan la ubicación de los pines faltantes.

Figura 19

Identificación de los terminales del módulo de control del sistema SRS.



3.4.2 Registro de señales electrónicas del módulo

3.4.2.1 Verificación del sensor de impacto

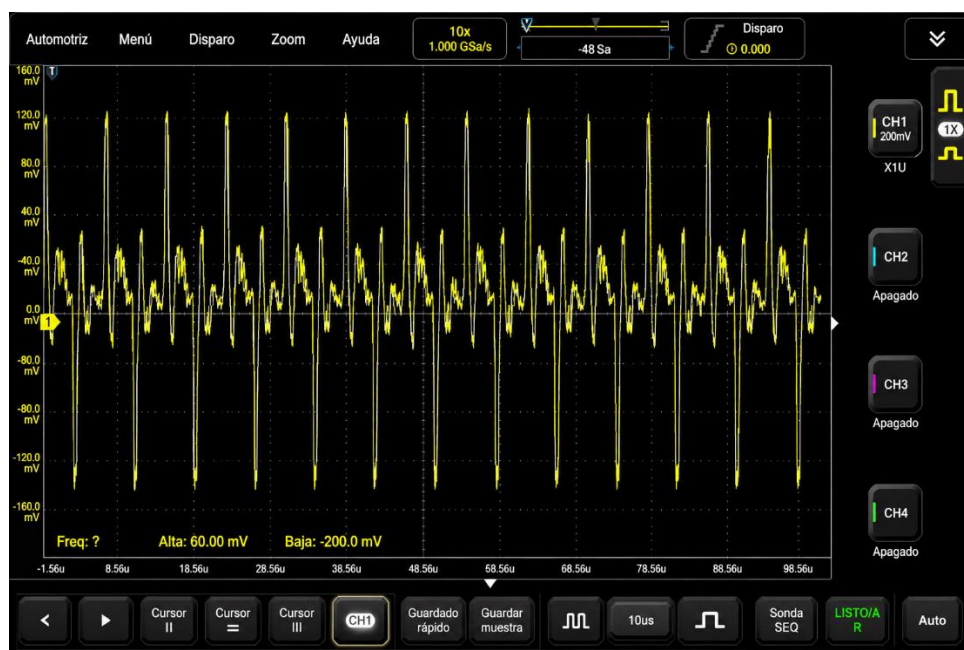
Se verificó el sensor de impacto mediante un osciloscopio automotriz, evaluando la respuesta de su señal eléctrica en el punto de prueba correspondiente. Como se muestra en la figura 20, la forma de onda obtenida presenta una señal pulsante y periódica, característica de la comunicación entre el sensor y el módulo de control del sistema SRS.

La señal registrada presenta pulsos con una amplitud aproximada entre -60 mV y $+60\text{ mV}$, manteniendo un comportamiento estable durante el tiempo de adquisición, sin pérdidas de señal ni distorsiones apreciables. Este resultado evidencia continuidad en la transmisión de la señal eléctrica entre el sensor y el módulo de control.

La medición permitió verificar la presencia de actividad eléctrica y comunicación del sensor dentro del sistema SRS. No obstante, esta prueba únicamente evalúa el comportamiento eléctrico del circuito y no reproduce las condiciones de una colisión real, cuya verificación requiere procedimientos y equipos específicos establecidos por el fabricante.

Figura 20

Señal eléctrica del sensor de impacto del sistema SRS durante la prueba de diagnóstico



3.4.2.2 Verificación del pretensor del cinturón de seguridad

Se verificó el circuito del pretensor del cinturón de seguridad mediante un osciloscopio automotriz, evaluando la actividad eléctrica presente en el punto de prueba correspondiente. Como se muestra en la figura 21, la forma de onda registrada presenta una línea base estable con pequeños pulsos periódicos de comprobación enviados por el módulo SRS.

La señal obtenida presenta pulsos de baja amplitud, aproximadamente entre -12 mV y $+12$ mV, con una frecuencia cercana a 10 Hz. Este comportamiento corresponde a una señal de supervisión eléctrica del circuito, utilizada por el módulo para verificar la continuidad y la resistencia del pretensor sin activar el componente pirotécnico.

La medición permitió comprobar la presencia de actividad eléctrica de diagnóstico en el circuito del pretensor del cinturón de seguridad. Este resultado evidenció que el módulo SRS realizaba la supervisión del circuito; sin embargo, la prueba no representa la activación real del pretensor, ya que su disparo solo ocurre bajo condiciones de colisión establecidas por el fabricante.

Figura 21

Señal de supervisión eléctrica del pretensor del cinturón de seguridad del sistema SRS durante la prueba de diagnóstico.



3.4.2.3 Verificación de alimentación y masa del módulo SRS

Como parte del registro de señales electrónicas del módulo, se realizó la verificación de la alimentación y la masa del módulo SRS mediante el uso de un multímetro. Como se muestra en la figura 22, se efectuó la medición del voltaje de alimentación en el conector del módulo SRS, obteniéndose un valor de 12,26 V, correspondiente al voltaje suministrado por el sistema eléctrico del vehículo.

Posteriormente, como se observa en la figura 23, se verificó la referencia de masa del módulo SRS, registrándose un valor de 0,5 V. Este resultado evidenció la presencia de una referencia de tierra durante la prueba y permitió continuar con las mediciones eléctricas del sistema.

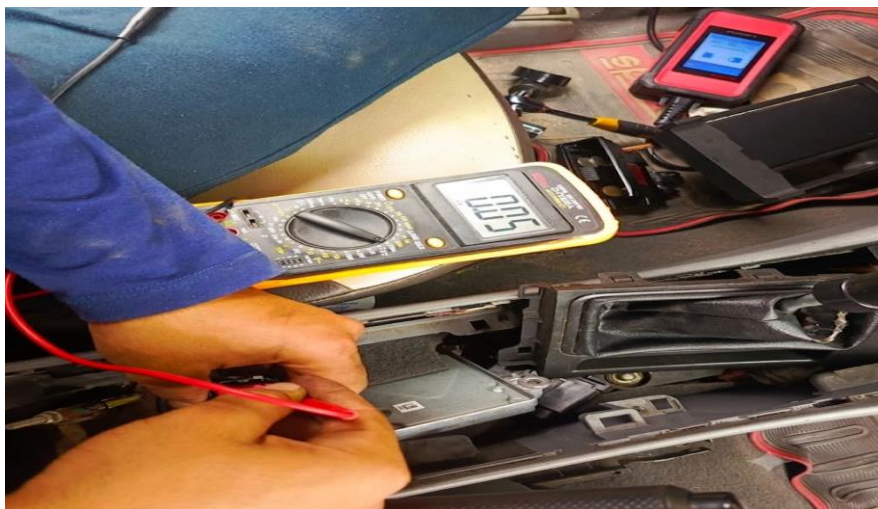
Los valores registrados durante las verificaciones de alimentación y masa constituyeron una referencia para evaluar las condiciones eléctricas del módulo SRS antes de continuar con el diagnóstico de las señales de comunicación y de los demás componentes del sistema.

Figura 22

Medición de alimentación del módulo SRS

**Figura 23**

Medición de masa del módulo SRS



3.4.2.4 Verificación de señal CAN Low y CAN High del módulo SRS

Se realiza la verificación de las señales CAN High y CAN Low asociadas al módulo SRS mediante el uso del osciloscopio Launch. La medición se efectúa en el conector del módulo, con la finalidad de comprobar la presencia de actividad en la red de comunicación del sistema.

En la figura 24 se observan dos formas de onda correspondientes a las líneas de

comunicación CAN. La señal representada en color amarillo corresponde a una de las líneas de la red, mientras que la señal en color celeste corresponde a la línea complementaria. Ambas presentan variaciones opuestas durante la transmisión de datos, lo cual es característico de una comunicación diferencial CAN.

Figura 24

Señal CAN Low y CAN High del módulo SRS observada con osciloscopio Launch



3.4.2.5 Verificación de los actuadores del sistema

Obtención de señal de la activación con osciloscopio de pretensores y airbag: La verificación de los actuadores del sistema SRS se realizó tomando en cuenta que los airbags y pretensores son componentes pirotécnicos, por lo que no deben activarse directamente durante una prueba de diagnóstico. Por esta razón, el uso del osciloscopio se orientó a revisar el comportamiento eléctrico de las líneas de señal del sistema, sin aplicar corriente directa al actuador ni provocar su funcionamiento. Durante esta comprobación se inspeccionaron los conectores del sistema SRS, identificados normalmente por su color amarillo, verificando que no existan señales irregulares, falsos contactos o interrupciones en el circuito. Esta prueba

permite observar si el módulo mantiene comunicación eléctrica con los actuadores y si existe una condición anormal que pueda relacionarse con una resistencia elevada o circuito abierto.

En la evaluación no se realizó la activación real del airbag ni del pretensor, debido a que estos elementos solo deben accionarse en condiciones de impacto. Por ello, la prueba con osciloscopio se complementó con la lectura del escáner automotriz y con una simulación mediante resistencia, con el fin de diagnosticar el circuito de forma segura.

Medición por medio del escáner con el vehículo encendido: Luego del escaneo inicial del sistema SRS, como se muestra en la figura 25, se realizó la lectura de datos en vivo del módulo mediante el equipo de diagnóstico Launch X-431. La información obtenida permitió registrar los valores de resistencia que el módulo interpretaba en los diferentes circuitos del sistema de retención suplementaria.

Durante la toma de datos, el escáner registró valores de $9,9 \Omega$ en varios circuitos del sistema, mientras que el rango de referencia indicado por el equipo era de 0 a 5Ω . Estos resultados evidenciaron una condición de alta resistencia en los circuitos supervisados por el módulo SRS.

Figura 25

Verificación de los valores de resistencia de los circuitos del sistema SRS mediante escáner automotriz

Nombre	Valor	Rango estándar	Inglés	Métrico
Resistencia del Airbag de impacto del lado del conductor	9.9	0 - 5	ohm	
Resistencia del Airbag de impacto del lado del pasajero	9.9	0 - 5	ohm	
Resistencia del circuito del pretensor del pasajero	9.9	0 - 5	ohm	
Resistencia del módulo del Airbag lateral del pasajero	9.9	0 - 5	ohm	
RESISTENCIA MODULO AIRBAG LATERAL CONDUCTOR	9.9	0 - 5	ohm	

Luego de encender el vehículo, se ingresó al módulo RCM o módulo de airbag mediante el escáner automotriz, seleccionando la opción de flujo de datos del sistema SRS. En esta lectura se observaron los valores de resistencia correspondientes a los circuitos de airbag y pretensores.

El escáner registró valores de 9,9 ohm en diferentes circuitos, como el airbag de impacto del lado del conductor, airbag de impacto del lado del pasajero, pretensor del pasajero y módulos de airbag lateral. Según el rango estándar mostrado por el equipo, estos circuitos deberían encontrarse entre 0 y 5 ohm, por lo que el valor obtenido se encuentra fuera del rango permitido.

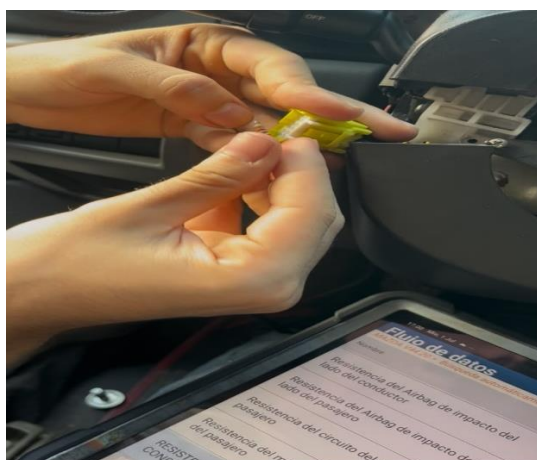
Este resultado indica una condición de resistencia elevada dentro del sistema SRS. En la práctica, este tipo de lectura puede deberse a un conector desconectado, falso contacto, terminales flojos, sulfatación, cableado interrumpido, espiral del volante defectuosa o ausencia de carga del actuador. Por ese motivo, el escáner muestra los valores en color rojo, indicando que el módulo detecta una anomalía en los circuitos evaluados.

Medición por medio del escáner con simulación: Para verificar la respuesta del circuito del sistema SRS, se realizó una simulación mediante la colocación de una resistencia de $2,7 \Omega$ en el conector correspondiente. Como se muestra en la figura 26, la resistencia se instaló en el conector del sistema SRS para simular la carga eléctrica del actuador.

Sustituyendo temporalmente el componente pirotécnico sin intervenir directamente sobre él. Este procedimiento permitió evaluar la respuesta del módulo RCM y comprobar el valor de resistencia interpretado por el sistema durante el diagnóstico.

Figura 26

Colocación de una resistencia de $2,7\ \Omega$ en el conector del sistema SRS.



La resistencia empleada de $2,7\ \Omega$ se encuentra dentro del rango estándar indicado por el escáner, el cual establece valores permitidos entre 0 y 5 ohm. Por ello, al conectar dicha resistencia, el sistema debería dejar de registrar una resistencia elevada y mostrar un valor aceptable en el flujo de datos. Esta prueba permite verificar la respuesta del módulo sin activar el airbag ni el pretensor, manteniendo la seguridad durante el diagnóstico.

de colocar la resistencia el escáner registraba un valor de $9,9\ \Omega$, correspondiente a una condición de alta resistencia ocasionada por la ausencia de carga en el circuito del actuador. Esta condición se relacionó con la desconexión del componente y fue la causa del registro de la falla por parte del módulo SRS.

Posteriormente, al colocar la resistencia de $2,7\ \Omega$, se simuló la carga eléctrica del actuador y el módulo RCM reconoció un valor de resistencia dentro del rango esperado. Este resultado confirmó el correcto funcionamiento del módulo RCM, del cableado y de la comunicación eléctrica hasta el punto de prueba, determinándose que la anomalía se encontraba en el actuador original o en su conexión directa.

En síntesis, la simulación con una resistencia de $2,7\ \Omega$ permitió evaluar el circuito del sistema SRS de forma segura, sin activar los componentes pirotécnicos. Esta

prueba fue útil para diferenciar si la falla provenía del actuador o del circuito eléctrico asociado, ya que el valor de la resistencia utilizada se encuentra dentro del rango aceptado por el sistema.

Figura 27

Respuesta del módulo RCM tras la simulación de carga en el sistema SRS.

Nombre	Valor	Rango estándar	Unidad	Estado	Gráfico
Resistencia del Airbag de impacto del lado del conductor	2.7	0 - 5	ohm	✓	
Resistencia del Airbag de impacto del lado del pasajero	2.6	0 - 5	ohm	✓	
Resistencia del circuito del pretensor del pasajero	2.5	0 - 5	ohm	✓	
Resistencia del módulo del Airbag lateral del pasajero	2.6	0 - 5	ohm	✓	
RESISTENCIA MODULO AIRBAG LATERAL CONDUCTOR	2.5	0 - 5	ohm	✓	

Estas mismas comprobaciones se realizaron en cada uno de los actuadores, dándonos medición del escaner, por lo que se evidencia que el modulo envia las señales a los mismos.

CAPÍTULO IV

Análisis de resultados del comportamiento del módulo SRS

El presente capítulo expone los resultados obtenidos durante el diagnóstico del módulo de control del Sistema de Sujeción Suplementaria (SRS) del Mazda 3 1.6, año 2009, mediante instrumentación electrónica no invasiva. El análisis se basa en la lectura de códigos de diagnóstico con escáner automotriz, la verificación de alimentación y masa con multímetro, la observación de señales CAN con osciloscopio y la evaluación de señales asociadas al sensor de impacto. Además, se deja incorporada una matriz editable para completar las pruebas de resistencia que se encuentran pendientes, evitando registrar valores no medidos.

A diferencia de un diagnóstico limitado al encendido del testigo SRS, este capítulo integra las mediciones eléctricas y la información del escáner para determinar si la falla corresponde a alimentación, masa, comunicación, sensor, arnés, cinta espiral, pretensores o airbags. Por tratarse de un sistema de seguridad pasiva con componentes pirotécnicos, los resultados se interpretan bajo el criterio de diagnóstico no invasivo y sin activación de airbags o pretensores.

4.1 Síntesis de hallazgos preliminares del diagnóstico SRS

Como síntesis de los hallazgos preliminares, se observó que el vehículo presentaba advertencia activa del sistema SRS. Los airbags se encontraban físicamente instalados e intactos, sin evidencia de despliegue. Sin embargo, el módulo registró códigos de falla permanentes asociados a resistencia elevada en circuitos de pretensores y airbags frontales. También se identificó una condición anómala en la cinta espiral o clock spring, elemento que mantiene la conexión eléctrica entre el volante y el arnés principal del vehículo.

Esta síntesis permite establecer que el problema no corresponde a una ausencia total de comunicación con el módulo SRS, sino a fallas específicas dentro de circuitos supervisados por el módulo. Esta condición es coherente con el encendido permanente del testigo de airbag, ya que el módulo reconoce continuidad eléctrica fuera de rango o resistencia elevada en dispositivos relacionados con la seguridad pasiva.

Tabla 4*Matriz de síntesis de hallazgos preliminares del sistema SRS*

Elemento evaluado	Resultado observado
Testigo SRS en tablero	Advertencia activa
Airbags del vehículo	Instalados y sin despliegue visible
Comunicación con escáner	Comunicación establecida con equipo Launch X-431
Cinta espiral del volante	Se observa en mal estado durante la revisión
Pretensores delanteros	Códigos de alta resistencia registrados
Airbag del pasajero	Código de alta resistencia registrado

Nota. Los resultados corresponden a la inspección y diagnóstico inicial descrito en el capítulo metodológico.

4.2 Evaluación eléctrica del módulo: alimentación, masa y red CAN

Para complementar la lectura de códigos, se verificaron las condiciones eléctricas básicas del módulo SRS. Esta etapa permitió diferenciar si la advertencia provenía de una pérdida de alimentación, un problema de masa, una falla de comunicación o una condición localizada en circuitos específicos. El módulo registró alimentación positiva de 12,26 V, valor que confirma presencia de tensión suficiente para su funcionamiento inicial.

En la verificación de masa se obtuvo un valor de 0,58 V. Este resultado debe interpretarse con precaución según la forma exacta de conexión del multímetro: si corresponde a una medición de referencia, permite evidenciar presencia de masa; si fue una prueba de caída de tensión, conviene repetirla con el circuito bajo carga, debido a que una masa ideal debe aproximarse a 0 V. A pesar de ello, la comunicación diagnóstica y la actividad CAN demuestran que el módulo no se encuentra completamente desenergizado ni aislado de la red.

Con el osciloscopio Launch se observaron señales CAN High y CAN Low con comportamiento diferencial. Las formas de onda presentaron pulsos repetitivos y complementarios, característica propia de una red CAN activa. Este resultado permite descartar una interrupción total de la red en el punto evaluado y orientar el diagnóstico hacia los circuitos de alta resistencia reportados por los DTC.

Tabla 5*Evaluación eléctrica de alimentación, masa y comunicación del módulo SRS*

Parámetro evaluado	Equipo utilizado	Valor / condición obtenida	Criterio de interpretación	Resultado
Alimentación del módulo SRS	Multímetro digital	12,26 V	Tensión suficiente para el funcionamiento del módulo.	Conforme
Masa del módulo SRS	Multímetro digital	0,05 V	Valor que requiere confirmación como referencia de masa o caída de tensión.	Revisar/confirmar
Comunicación diagnóstica	Escáner Launch X-431	Comunicación establecida	El módulo responde correctamente al escáner.	Conforme
Señales CAN High y CAN Low	Osciloscopio Launch	Pulsos complementarios observados	Existe actividad diferencial en la red CAN.	Conforme

Nota. Los valores deben registrarse junto con la condición de prueba: contacto ON, batería conectada, punto de medición y referencia utilizada.

Tabla 6*Análisis de la actividad CAN observada con osciloscopio*

Aspecto observado	Descripción del resultado	Interpretación
Actividad de señal	Se observan pulsos repetitivos durante la adquisición.	Existe intercambio de información entre módulos.
Comportamiento diferencial	Las señales CAN High y CAN Low varían de forma complementaria.	La forma de onda es coherente con comunicación CAN automotriz.
Continuidad de comunicación	No se observa ausencia total de señal en el punto medido.	La falla principal no corresponde a red CAN totalmente abierta.
Relación con DTC	Los códigos se concentran en circuitos de pretensores y airbags.	La comunicación presente orienta el diagnóstico a fallas localizadas de resistencia o conexión.

Nota. Si se requiere mayor precisión, se recomienda complementar con medición de voltaje promedio de CAN-H/CAN-L y resistencia de terminación en el conector DLC, siempre con el procedimiento seguro correspondiente.

4.3 Análisis final

Con base en la tabla comparativa y el gráfico elaborado en Excel, se evidencia que durante la primera medición del sistema SRS todos los componentes evaluados presentaron un valor de $9,9 \Omega$, superando el rango estándar mostrado por el escáner de 0 a 5Ω . Esta condición indica que, en el estado inicial o fase de encendido, el módulo SRS detectaba una condición anormal generalizada en los circuitos supervisados, principalmente asociada a alta resistencia, posible circuito abierto, falsos contactos o deficiencias en conectores y arneses. Este comportamiento coincide con el principio de funcionamiento del sistema, ya que al colocar el interruptor en posición ON el módulo realiza una autocomprobación de continuidad, resistencia de pretensores, resistencia de infladores de airbag, sensores de impacto, comunicación CAN y testigo SRS.

En la segunda medición, correspondiente a la operación posterior del vehículo, se observa una mejora en tres de los cinco componentes evaluados. El pretensor del pasajero disminuyó de $9,9 \Omega$ a $2,4 \Omega$, el módulo del airbag lateral del pasajero disminuyó de $9,9 \Omega$ a $2,5 \Omega$, y el módulo del airbag lateral del conductor disminuyó de $9,9 \Omega$ a $3,0 \Omega$. Estos tres valores se ubican dentro del rango estándar de operación, lo que indica que dichos circuitos recuperaron una condición eléctrica aceptable para el módulo SRS.

Sin embargo, el gráfico también demuestra que los circuitos correspondientes al airbag de impacto del lado del conductor y al airbag de impacto del lado del pasajero se mantuvieron en $9,9 \Omega$ tanto en la medición inicial como en la posterior. Esto significa que ambos componentes continúan fuera del rango permitido y siguen siendo interpretados por el módulo como fallas activas o permanentes. En el caso del airbag del conductor, este resultado se relaciona directamente con la condición de la cinta espiral o clock spring, ya que este componente mantiene la conexión eléctrica entre el arnés principal y el airbag del volante; cuando presenta apertura interna, falso contacto o daño en sus pistas, el módulo puede registrar alta resistencia o circuito abierto.

El comportamiento observado confirma que la falla del sistema SRS no corresponde a una pérdida total de alimentación ni a una ausencia completa de comunicación, debido a

que el módulo responde al escáner y permite visualizar los parámetros de resistencia. Además, el documento indica que el escaneo con el equipo Launch X-431 estableció comunicación con el módulo SRS, permitiendo la lectura de códigos de falla almacenados.

Tabla 7

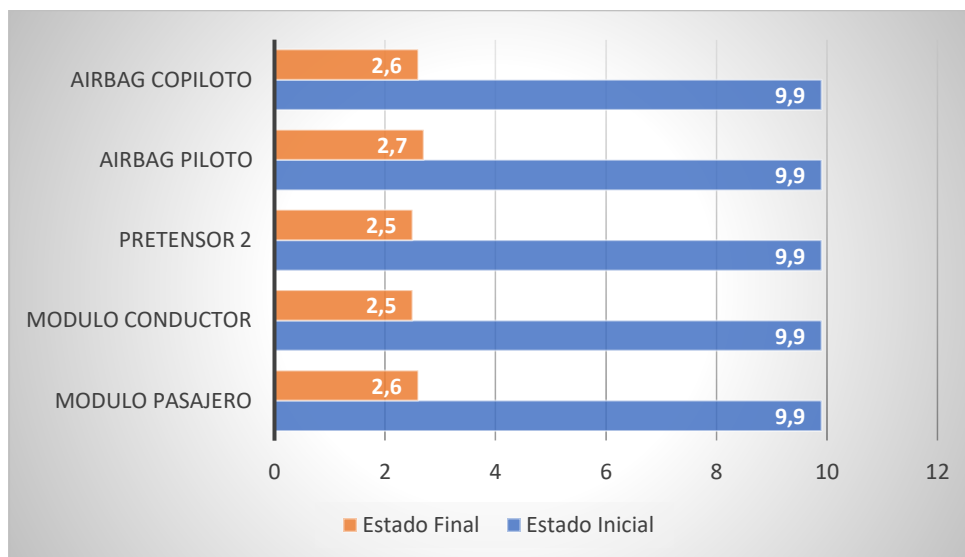
Comparación de resistencias antes y después de la simulación.

Señal	Estado Inicial	Estado Final
Sensor	0.08	0.08
Pretensor 1	9.9	2.7
Pretensor 2	9.9	2.7
Airbag Piloto	9.9	2.5
Airbag Copilo	9.9	2.4

Nota. Los valores muestran la comparación de las resistencias registradas antes y después de la simulación de carga en los componentes del sistema SRS

Figura 28

Comparación del estado inicial y final de las resistencias del sistema SRS



4.4 Verificación final del sistema SRS mediante escáner de diagnóstico

Como etapa final de la investigación, se realizó una nueva verificación del sistema de Sujeción Suplementaria (SRS) utilizando el escáner automotriz Launch X-431, con el propósito de confirmar el comportamiento del módulo de control (RCM) después de las

pruebas eléctricas y de la simulación de cargas resistivas realizadas durante el diagnóstico. Esta comprobación permitió verificar el estado operativo del módulo y su comunicación con la red electrónica del vehículo.

La topología del sistema mostrada por el escáner evidenció que el módulo RCM se encontraba correctamente integrado dentro de la red CAN del vehículo y mantenía comunicación con las demás unidades de control, entre ellas el PCM, ABS, IC y GEM. Todos estos módulos fueron identificados por el equipo de diagnóstico sin presentarse pérdidas de comunicación ni interrupciones en el intercambio de información, lo que confirma el correcto funcionamiento de las líneas de alimentación, masa y comunicación previamente evaluadas. Esta condición demuestra que el módulo SRS permanece activo y responde adecuadamente a las solicitudes del escáner durante el proceso de diagnóstico.

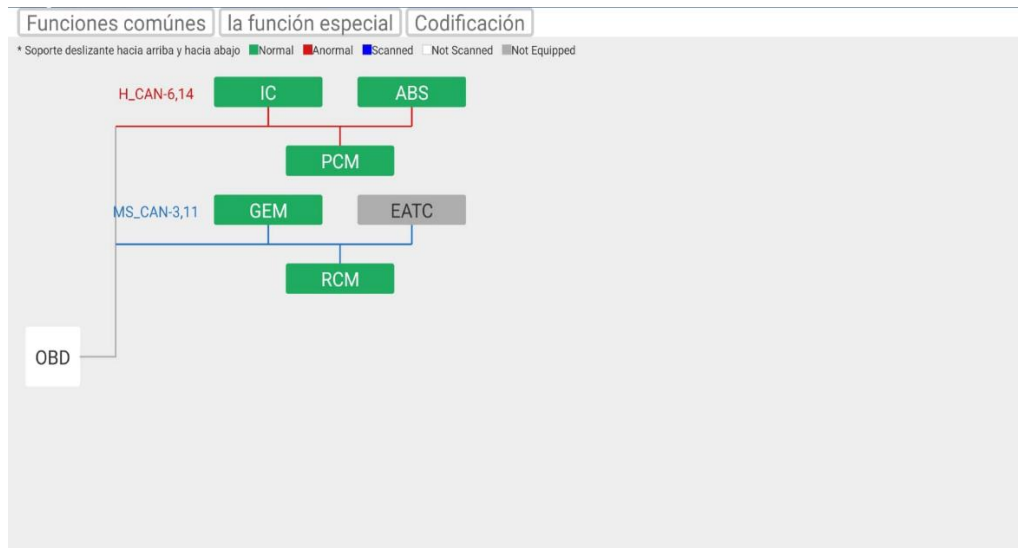
Posteriormente, se ingresó al módulo RCM (Airbag) para verificar la presencia de códigos de diagnóstico almacenados. Como se observa en la Figura 30, el escáner reportó el mensaje "Sin DTC", indicando que el módulo no registró códigos de falla activos ni códigos pendientes relacionados con el sistema SRS. Este resultado confirma que, después de las verificaciones realizadas, el módulo interpreta correctamente el estado de los circuitos supervisados y no detecta anomalías que comprometan su funcionamiento electrónico.

Los resultados obtenidos permiten establecer que el módulo RCM conserva plenamente sus funciones de supervisión, autodiagnóstico y comunicación con el resto de las unidades electrónicas del vehículo. Asimismo, la ausencia de códigos de avería demuestra que la unidad de control no presenta fallas internas y que las mediciones realizadas mediante instrumentación electrónica no invasiva fueron consistentes con el comportamiento esperado del sistema.

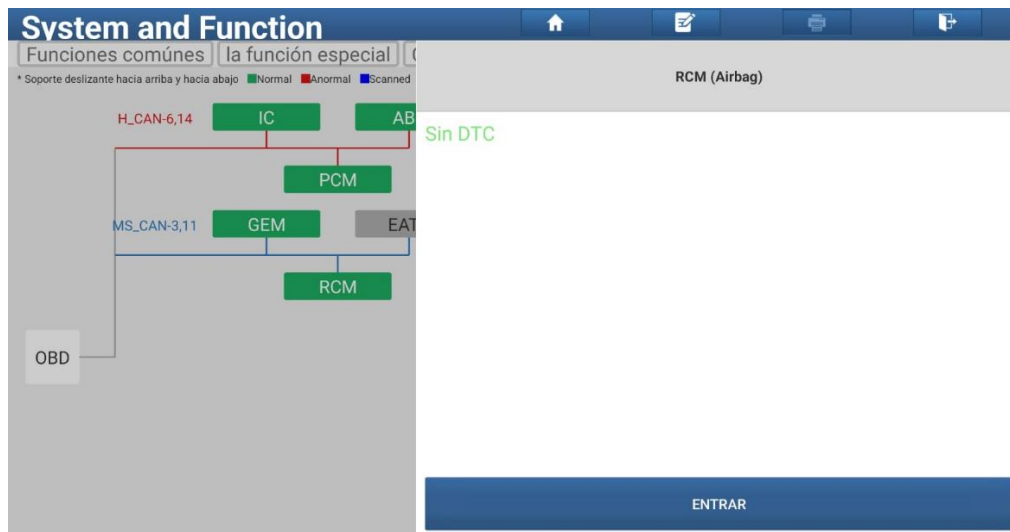
De esta manera, se confirma que la metodología empleada durante la investigación permitió caracterizar el comportamiento electrónico del módulo SRS sin intervenir los componentes pirotécnicos, cumpliendo el objetivo de realizar un diagnóstico seguro, confiable y no invasivo.

Figura 29

Topología de comunicación del vehículo durante la verificación final del sistema SRS mediante escáner de diagnóstico.

**Figura 30**

Verificación final del módulo RCM (Airbag) sin códigos de diagnóstico (DTC) registrados.



Conclusiones

La presente investigación permitió analizar el comportamiento del módulo de control del sistema SRS en un Mazda 3 1.6 del año 2009 mediante instrumentación electrónica no invasiva, utilizando escáner automotriz, osciloscopio y multímetro digital. El procedimiento aplicado permitió estudiar el sistema sin intervenir directamente los componentes pirotécnicos, evitando riesgos de activación accidental de airbags o pretensores y manteniendo la integridad del circuito original del vehículo. Durante el diagnóstico inicial se verificó que el sistema presentaba advertencia activa en el tablero y códigos DTC relacionados con alta resistencia en circuitos de pretensores y airbags, lo que permitió orientar el análisis hacia fallas de continuidad, conectores, arnés, actuadores o cinta espiral, y no directamente hacia una falla interna del módulo RCM.

Mediante el escáner Launch X-431 se confirmó que el módulo SRS mantenía comunicación con la red electrónica del vehículo, permitiendo la lectura de códigos de falla, visualización de parámetros y posterior verificación de funcionamiento. Esta condición descartó una pérdida total de comunicación del módulo y permitió comprobar que el RCM respondía correctamente a las solicitudes del equipo de diagnóstico. Además, la topología del sistema evidenció la integración del módulo RCM con otras unidades electrónicas como PCM, ABS, IC y GEM, demostrando que la red CAN se encontraba operativa durante la prueba final.

Las mediciones eléctricas realizadas con multímetro permitieron verificar las condiciones básicas de alimentación y masa del módulo SRS, mientras que el uso del osciloscopio permitió observar la actividad de comunicación CAN Low y CAN High. Estas pruebas fueron fundamentales para confirmar que el módulo recibía las condiciones eléctricas necesarias para operar y que existía transmisión de datos dentro de la red del vehículo. Por lo tanto, el análisis demostró que la falla no estaba relacionada con ausencia de alimentación, falta de masa o pérdida general de comunicación, sino con circuitos específicos supervisados por el módulo.

La simulación de carga mediante resistencias permitió comprobar la respuesta del módulo RCM frente a valores equivalentes de operación en los circuitos de pretensores y airbags. En el estado inicial, varios componentes presentaban valores elevados de $9,9 \Omega$, interpretados por el módulo como una condición fuera de rango. Luego de la simulación, los valores disminuyeron a rangos aproximados de $2,4 \Omega$ a $2,7 \Omega$ en pretensores y airbags, mientras que el sensor mantuvo un valor estable de $0,08 \Omega$. Este comportamiento permitió confirmar que el módulo reconocía correctamente las cargas simuladas y que conservaba su capacidad de supervisión eléctrica.

Finalmente, la verificación final mediante escáner mostró el estado “Sin DTC” en el módulo RCM, lo que confirma que, después de las pruebas realizadas, el sistema no registró códigos de falla activos. Este resultado demuestra que el módulo SRS funciona correctamente desde el punto de vista electrónico, mantiene comunicación con la red CAN y conserva sus funciones de autodiagnóstico. Sin embargo, la presencia previa de fallas asociadas a alta resistencia y la inspección física de conectores permiten establecer que las anomalías se relacionaban principalmente con elementos externos al módulo, como pines, conectores, arnés, cinta espiral o actuadores del sistema. En conclusión, la metodología aplicada permitió caracterizar de forma segura, técnica y no invasiva el comportamiento del módulo SRS, cumpliendo el objetivo de la investigación y aportando un procedimiento útil para el diagnóstico de sistemas de seguridad pasiva automotriz.

Recomendaciones

La aplicación de instrumentación electrónica no invasiva constituye la alternativa más adecuada para el diagnóstico del sistema SRS, ya que permite evaluar el comportamiento del módulo de control, las señales eléctricas y la comunicación entre módulos sin alterar el cableado original ni comprometer la seguridad de los componentes pirotécnicos. El empleo de escáner, osciloscopio y multímetro proporciona información suficiente para realizar un diagnóstico confiable sin necesidad de efectuar intervenciones que puedan generar riesgos durante las pruebas.

Antes de considerar el reemplazo del módulo SRS o de cualquiera de sus componentes, resulta indispensable realizar una inspección detallada del estado físico del arnés, conectores, terminales, puntos de masa y cinta espiral. En muchos casos, las fallas asociadas a códigos de alta resistencia son consecuencia de falsos contactos, corrosión, deformación de pines o deterioro del cableado, condiciones que pueden corregirse sin sustituir componentes de alto costo.

Durante el proceso de diagnóstico, es conveniente verificar de manera sistemática la alimentación eléctrica, la referencia de masa y la comunicación de la red CAN, debido a que estas variables determinan el correcto funcionamiento del módulo de control. Un módulo que mantiene comunicación con el escáner, presenta señales CAN estables y responde adecuadamente a las pruebas de diagnóstico no debe considerarse defectuoso únicamente por la presencia de códigos de falla relacionados con los circuitos supervisados.

Las pruebas de simulación mediante resistencias equivalentes deben ejecutarse únicamente bajo procedimientos controlados y respetando las especificaciones del fabricante. Esta metodología facilita la diferenciación entre fallas originadas en el módulo de control y aquellas producidas por el cableado, conectores o actuadores, reduciendo el riesgo de reemplazos innecesarios y mejorando la precisión del diagnóstico.

Finalmente, toda intervención realizada sobre el sistema SRS debe concluir con una verificación electrónica completa mediante escáner automotriz

Referencias

- Arévalo Riccio, M. Á., & Mendoza Ramírez, A. J. (2023). Estudio e implementación de un banco para comprobación y diagnóstico de módulos automotrices [Trabajo de titulación de pregrado, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Digital UIDE.https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/14/simple-search?etal=0&filter_field_1=subject&filter_type_1>equals&filter_value_1=SOFTWARE&filtername=subject&filterquery=ARDUINO&filtertype>equals&order=desc&query=&rpp=10&sort_by=score&utm_source
- Avance, A. (2017). Sistemas airbag SRS (sistema de retención suplementario): Tipos de colisiones. www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/189-sistemas-airbag-srs-sistema-de-retencion-suplementario-tipos-de-colisiones/
- Bosch Mobility. (s. f.). Airbag control unit. Robert Bosch GmbH. <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/passive-safety/airbag-control-unit/>
- CarSensorHub. (2024). Car Sensor Hub. <https://carsensorhub.com/>
- Electrónicos Embajadores. (2014). Instrumentación electrónica automotriz. <https://www.electronicaembajadores.com/>
- General Motors. (2017). Service Information (SI): Supplemental Inflatable Restraint (SIR) System Description and Operation. General Motors.
- González, C. (2025). ¿Qué es el SRS y cómo funciona? motor.flexicar.es/diccionario/srs/
- Härtl, A., Vogt, R., & Huber, A. (1990). Airbag systems – Their permanent monitoring and its meaning to the user (SAE Technical Paper No. 901138). SAE International. <https://doi.org/10.4271/901138><https://doi.org/10.4271/901138>
- Ingeniería y Mecánica Automotriz. (2020). Módulo de control del sistema SRS. <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/>
- Jhon Connor. (s. f.). Diagrama eléctrico Air bags Mazda 3. Scribd. <https://es.scribd.com/document/564127333/Diagrama-electrico-Air-bags-mazda-3>

Kia Corporation. (2023). Owner's manual. <https://ownersmanual.kia.com/>

Launch Tech Co., Ltd. (s. f.). LAUNCH X-431 diagnostic tools. <https://www.cnlaunch.com/>

Logicbus. (2026). Diagnóstico electrónico de vehículos para garantizar la calidad en planta. www.logicbus.com.mx/blog/diagnostico-electronico-de-vehiculos-para-garantizar-la-calidad-en-planta/

Martynyuk, A. (2023). What does the airbag module do? www.safetyrestore.com/blog/what-does-airbag-module-do/

Mazda Motor Corporation. (2019). 2019 Mazda3 owner's manual. <https://www.mazdausa.com/static/manuals/2019/mazda3/ind.html>

Mazda Motor Corporation. (2019). Mazda 3 Owner's Manual. <https://owners-manual.mazda.com/>

National Highway Traffic Safety Administration. (s. f.). Vehicle air bags <https://www.nhtsa.gov/equipment/air-bags>

National Highway Traffic Safety Administration. (s. f.). Vehicle safety features: Air bags. U.S. Department of Transportation. <https://www.nhtsa.gov/vehicle-safety/air-bags>

Noroña Merchán, M. V., Puente Moromenacho, E. G., Leguísamo Milla, J. C., & Llanes Cedeño, E. A. (2018). Identification of the work mode of a GDI engine when varying the altitude by a static test at idle and 2500 RPM. *INNOVA Research Journal*, 3(7), 61–70. <https://biblio.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/750>

Pervagas. (2023). Diagnóstico electrónico automotriz. <https://pervagas.com/>

Pico Technology. (s. f.). CAN bus waveform library and automotive diagnostics. Pico Technology. <https://www.picoauto.com/library/waveforms>

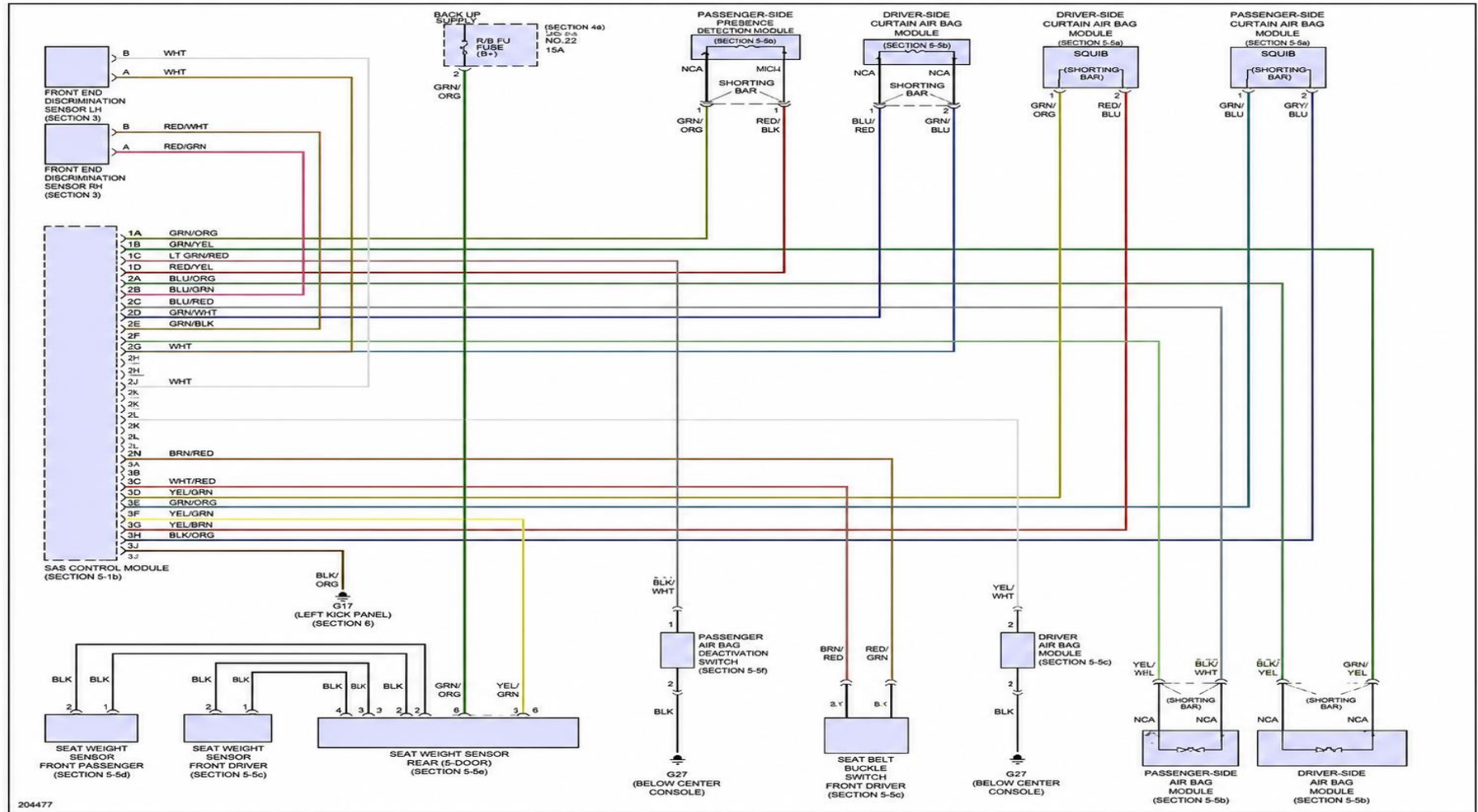
Pico Technology. (s. f.). Pulse Width Modulation (PWM). <https://www.picoauto.com/library/automotive-guided-tests/pulse-width-modulation-pwm>

RoadRider. (2023). Airbag deployment. <https://roadrider.com/>

- Romacar ABS. (2026). ¿Cuáles son los airbags de un coche? Tipos y consejos.
www.romacarabs.com/noticias-automocion/cuales-son-los-airbags-de-un-coche-tios-y-consejos/
- Sensing S.L. (2021). Instrumentación para ensayos en el automóvil: Sensores de medida.
sensores-de-medida.es/medicion/aplicaciones-de-instrumentacion-electronica/instrumentacion-para-ensayos-en-el-automovil/
- Sistemas Eléctricos del Automóvil. (2026). Sistema de airbag (SRS): Componentes, circuitos y funcionamiento. sistemaselectricosdelautomovil.com/airbag-sus-circuitos-y-constitucion/
- SuperAuto. (2025). Instrumentación electrónica no invasiva. <https://superauto.mx/>
- Tektronix. (s. f.). Automotive testing solutions.
<https://www.tek.com/en/solutions/industry/automotive-test-solutions>
- Whitten, M. (2010). Supplemental restraint system [Presentación en PDF]. Brookhaven College.
<https://www.brookhaventech.org/faculty/mwhitten/presentations/2311/supplementalrestraint>

ANEXO 1.

Diagrama eléctrico del sistema de sujeción suplementaria (SRS) del Mazda 3 2009



Fuente: (Connor, s.f)