



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**  
*Powered by Arizona State University*

**FACULTAD DE INGENIERIAS APLICADAS Y  
DESARROLLO INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**Análisis del Comportamiento del Sensor de Oxígeno y  
Correcciones de Combustible Bajo Distintas Condiciones  
de Operación del Motor con Gasolinas Ecuatorianas**

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

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**Autor:** Limones López, Howard Luis

**Tutor:** Noroña Merchan, Marco Vinicio

GUAYAQUIL  
2026

### **Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular**

Yo, Marco Vinicio Noroña Merchán, en calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Análisis del comportamiento del sensor de oxígeno y correcciones de combustible bajo distintas condiciones de operación del motor con gasolinas ecuatorianas, realizado por Howard Luis Limones López 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.

Marco Vinicio Noroña Merchan

Tutor del Trabajo de Integración Curricular

### **Declaración de autoría y cesión de derechos**

Yo, Howard Luis Limones López 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.

Autor: Howard Luis Limones López

C.I.: 0951868116

### **Dedicatoria**

Dedico este proyecto a mi familia, por apoyarme siempre en cada etapa de mi formación. A mis docentes, por compartir sus conocimientos y guiarme en este camino académico. Y a mí mismo, por no rendirme y seguir adelante hasta cumplir esta meta profesional.

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios y a mi familia por darme apoyo y fuerza durante toda mi carrera. También agradezco a mi tutor y docentes de Ingeniería Automotriz por guiarme con sus conocimientos. Finalmente, agradezco a la universidad por permitirme desarrollar este proyecto y seguir creciendo como futuro profesional.

## Índice de contenido

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

|                                                                                             |                                                                                                  |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.4.6</b>                                                                                | <b><i>Delimitación del contenido</i></b>                                                         | <b>8</b>  |
| <b>Capítulo II Marco referencial</b>                                                        |                                                                                                  | <b>9</b>  |
| <b>2.1</b>                                                                                  | <b>Marco teórico</b>                                                                             | <b>9</b>  |
| <b>2.1.1</b>                                                                                | <b><i>Conceptos preliminares</i></b>                                                             | <b>9</b>  |
| <b>2.1.2</b>                                                                                | <b><i>Sistema de control electrónico de la mezcla aire-combustible en motores a gasolina</i></b> | <b>9</b>  |
| <b>2.1.3</b>                                                                                | <b><i>Sensor de oxígeno B1S1 en el diagnóstico de la combustión</i></b>                          | <b>10</b> |
| 2.1.3.1                                                                                     | Función del sensor de oxígeno                                                                    | 10        |
| 2.1.3.2                                                                                     | Tipos de sensor de oxígeno                                                                       | 11        |
| 2.1.3.3                                                                                     | Curva característica de la señal del sensor                                                      | 12        |
| 2.1.3.4                                                                                     | Valores de voltaje de la señal                                                                   | 13        |
| <b>2.1.4</b>                                                                                | <b><i>Correcciones de combustible STFT y LTFT en sistemas de inyección electrónica</i></b>       | <b>13</b> |
| 2.1.4.1                                                                                     | Ajuste de combustible a corto plazo (STFT) y rango de interpretación..                           | 14        |
| 2.1.4.2                                                                                     | Ajuste de combustible a largo plazo (LTFT) y rango de adaptación .....                           | 14        |
| <b>2.1.5</b>                                                                                | <b><i>Influencia de las condiciones de operación del motor en la respuesta del sistema</i></b>   | <b>15</b> |
| <b>2.2</b>                                                                                  | <b>Marco Conceptual</b>                                                                          | <b>16</b> |
| <b>2.2.1</b>                                                                                | <b><i>Mezcla aire-combustible</i></b>                                                            | <b>16</b> |
| <b>2.2.2</b>                                                                                | <b><i>Gasolinas ecuatorianas</i></b>                                                             | <b>17</b> |
| <b>2.2.3</b>                                                                                | <b><i>Octanaje de la gasolina</i></b>                                                            | <b>17</b> |
| <b>2.2.4</b>                                                                                | <b><i>Comportamiento del motor con gasolinas ecuatorianas Eco y Súper</i></b>                    | <b>17</b> |
| <b>Capítulo III Comportamiento del sensor de oxígeno B1S1 y correcciones de combustible</b> |                                                                                                  | <b>19</b> |
| <b>3.1</b>                                                                                  | <b>Especificaciones técnicas del vehículo prueba Mazda 3 2009 1.6L</b>                           | <b>19</b> |
| <b>3.2</b>                                                                                  | <b>Diagrama eléctrico del sensor de oxígeno</b>                                                  | <b>19</b> |
| <b>3.3</b>                                                                                  | <b>Selección de la ruta para pruebas en el vehículo</b>                                          | <b>20</b> |
| <b>3.4</b>                                                                                  | <b>Estado Inicial del vehículo</b>                                                               | <b>21</b> |

|                                          |                                                                                                                   |    |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.1                                    | <i>Revisión inicial del vehículo con escáner .....</i>                                                            | 22 |
| 3.3.2                                    | <i>Resistencia del sensor de oxígeno B1S1 .....</i>                                                               | 24 |
| 3.5                                      | Limpieza de inyectores .....                                                                                      | 26 |
| 3.6                                      | Proceso de conexión del osciloscopio al sensor .....                                                              | 26 |
| 3.7                                      | Proceso de medición de señales con Gasolina Eco .....                                                             | 28 |
| 3.7.1                                    | <i>Obtención de datos en ralentí con Eco .....</i>                                                                | 28 |
| 3.7.2                                    | <i>Obtención de datos en carga media con Eco .....</i>                                                            | 30 |
| 3.7.3                                    | <i>Obtención de datos en carga máxima con Eco .....</i>                                                           | 32 |
| 3.8                                      | Obtención de datos con Gasolina Super .....                                                                       | 34 |
| 3.8.1                                    | <i>Obtención de datos en ralentí con Super .....</i>                                                              | 35 |
| 3.8.2                                    | <i>Obtención de datos en carga media con Super .....</i>                                                          | 36 |
| 3.8.3                                    | <i>Obtención de datos en carga máxima con Super .....</i>                                                         | 38 |
| Capítulo IV Análisis de Resultados ..... |                                                                                                                   | 41 |
| 4.1                                      | Análisis Gasolina Eco .....                                                                                       | 41 |
| 4.2                                      | Análisis Gasolina Super .....                                                                                     | 42 |
| 4.3                                      | Análisis comparativo del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible con gasolinas Eco y Super ..... | 43 |
| 4.3.1                                    | <i>Comparación de datos STFT con gasolinas Eco y Super .....</i>                                                  | 43 |
| 4.3.2                                    | <i>Comparación de datos LTFT con gasolinas Eco y Super .....</i>                                                  | 45 |
| 4.3.3                                    | <i>Comparación de datos del sensor de oxígeno B1S1 con gasolinas Eco y Super .....</i>                            | 46 |
| Conclusiones .....                       |                                                                                                                   | 48 |
| Recomendaciones .....                    |                                                                                                                   | 49 |
| Referencias .....                        |                                                                                                                   | 50 |

### Índice de tablas

|                |                                                                          |    |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> | Especificaciones técnicas del vehículo de prueba.....                    | 19 |
| <b>Tabla 2</b> | Datos obtenidos durante las pruebas con gasolina Eco País.....           | 41 |
| <b>Tabla 3</b> | Datos obtenidos durante las pruebas con gasolina Súper.....              | 42 |
| <b>Tabla 4</b> | Comparación de STFT con Eco y Super .....                                | 44 |
| <b>Tabla 5</b> | Comparación de LTFT con Eco y Super.....                                 | 45 |
| <b>Tabla 6</b> | Comparación del voltaje del sensor de oxígeno B1S1 con Eco y Super ..... | 46 |

## Índice de figuras

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Componentes del sistema de control electrónico de la mezcla aire-combustible en un motor a gasolina.....                     | 10 |
| <b>Figura 2</b> Ubicación del sensor de oxígeno B1S1 en el sistema de escape del motor .....                                                 | 11 |
| <b>Figura 3</b> Cableados de los sensores de oxígeno utilizados en motores a gasolina .....                                                  | 12 |
| <b>Figura 4</b> Señal del sensor de oxígeno.....                                                                                             | 12 |
| <b>Figura 5</b> Valores de voltaje del sensor de oxígeno B1S1 según la condición de mezcla .....                                             | 13 |
| <b>Figura 6</b> Interpretación del ajuste de combustible a corto plazo STFT en el diagnóstico automotriz .                                   | 14 |
| <b>Figura 7</b> Rango de adaptación del ajuste de combustible a largo plazo LTFT .....                                                       | 15 |
| <b>Figura 8</b> Relación entre las condiciones de operación del motor y la demanda de combustible .....                                      | 16 |
| <b>Figura 9</b> Relación estequiométrica .....                                                                                               | 17 |
| <b>Figura 10</b> Diagrama eléctrico del sensor de oxígeno B1S1 calefactado del Mazda 3 2009.....                                             | 20 |
| <b>Figura 11</b> Ruta de las pruebas con ambos combustibles.....                                                                             | 21 |
| <b>Figura 12</b> Conexión de los equipos de diagnóstico para la toma de datos del vehículo .....                                             | 21 |
| <b>Figura 13</b> Identificación del vehículo en el escáner Launch X-431 para iniciar la revisión de datos en vivo del sistema de motor. .... | 22 |
| <b>Figura 14</b> Comportamiento inicial del STFT registrado mediante escáner automotriz .....                                                | 23 |
| <b>Figura 15</b> Valor inicial del LTFT registrado con escáner automotriz .....                                                              | 24 |
| <b>Figura 16</b> Verificación de resistencia del circuito calefactor del sensor de oxígeno .....                                             | 25 |
| <b>Figura 17</b> Limpieza de inyectores del vehículo .....                                                                                   | 26 |
| <b>Figura 18</b> Conexión del osciloscopio al sensor de oxígeno B1S1 .....                                                                   | 27 |
| <b>Figura 19</b> Registro de los ajustes de combustible mediante Escáner .....                                                               | 29 |
| <b>Figura 20</b> Oscilograma del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Eco en ralentí .....                                                    | 30 |
| <b>Figura 21</b> Señal del sensor de oxígeno B1S1 registrada en el escáner durante la prueba en ralentí con gasolina Eco. ....               | 30 |
| <b>Figura 22</b> Registro del escáner con gasolina Eco País en carga media .....                                                             | 31 |
| <b>Figura 23</b> Oscilograma del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Eco País en carga media .....                                           | 32 |
| <b>Figura 24</b> Señal del sensor de oxígeno B1S1 registrada en el escáner durante la prueba en carga media con gasolina Eco.....            | 32 |
| <b>Figura 25</b> Registro del escáner con gasolina Eco País en carga máxima.....                                                             | 33 |

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 26</b> Oscilograma del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Eco País en carga máxima .....                                  | 33 |
| <b>Figura 27</b> Señal del sensor de oxígeno B1S1 registrada en el escáner durante la prueba en carga máxima con gasolina Eco. ....  | 34 |
| <b>Figura 28</b> Proceso de llenado del combustible Súper .....                                                                      | 34 |
| <b>Figura 29</b> Registro del escáner con gasolina Súper en ralentí .....                                                            | 35 |
| <b>Figura 30</b> Oscilograma del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Súper en ralentí.....                                           | 36 |
| <b>Figura 31</b> Señal del sensor de oxígeno B1S1 registrada en el escáner durante la prueba en ralentí con gasolina Super .....     | 36 |
| <b>Figura 32</b> Registro del escáner con gasolina Súper en carga media .....                                                        | 37 |
| <b>Figura 33</b> Oscilograma del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Súper en carga media .....                                      | 37 |
| <b>Figura 34</b> Señal del sensor de oxígeno B1S1 registrada en el escáner durante la prueba en carga media con gasolina Super.....  | 38 |
| <b>Figura 35</b> Registro del escáner con gasolina Súper en carga máxima .....                                                       | 39 |
| <b>Figura 36</b> Oscilograma del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Súper en carga máxima .....                                     | 39 |
| <b>Figura 37</b> Señal del sensor de oxígeno B1S1 registrada en el escáner durante la prueba en carga máxima con gasolina Super..... | 40 |
| <b>Figura 38</b> Comparación gráfica del STFT promedio con gasolina Eco y Súper en ralentí, carga media y carga máxima.....          | 44 |
| <b>Figura 39</b> Comparación gráfica del LTFT promedio con gasolina Eco y Súper .....                                                | 46 |
| <b>Figura 40</b> Comparación gráfica del voltaje promedio del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Eco y Súper. ....                  | 47 |

## Resumen

La presente investigación analiza el comportamiento del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible a corto plazo (STFT) y largo plazo (LTFT) en un vehículo Mazda 3 2009 con motor 1.6 L, utilizando gasolinas ecuatorianas Eco País (85 octanos) y Súper (95 octanos) bajo diferentes condiciones de operación del motor: ralentí, carga media y carga máxima. El estudio parte de la importancia del sensor de oxígeno como elemento de retroalimentación para la unidad de control electrónico (ECU), responsable de ajustar la mezcla aire-combustible y optimizar el desempeño del motor, el consumo de combustible y el control de emisiones contaminantes. La metodología empleada fue de carácter experimental, utilizando un multímetro para verificar la continuidad del calefactor del sensor, un escáner automotriz para registrar parámetros en tiempo real y un osciloscopio para analizar la forma de onda del sensor de oxígeno. Previamente se realizó una revisión del estado del vehículo, incluyendo la evaluación de los Fuel Trims y una limpieza de inyectores para garantizar condiciones adecuadas durante las pruebas. Posteriormente, se efectuaron mediciones en una misma ruta de circulación para ambos combustibles, permitiendo comparar objetivamente la respuesta del sistema de inyección electrónica. Los resultados evidenciaron que el tipo de combustible y la carga del motor influyen directamente en la señal del sensor B1S1 y en las correcciones realizadas por la ECU. La gasolina Súper presentó mayores valores de voltaje del sensor durante el ralentí y una respuesta más estable, mientras que la gasolina Eco mostró variaciones más pronunciadas en carga media. En carga máxima, ambos combustibles alcanzaron valores elevados y una tendencia de estabilización del STFT. Se concluye que el análisis conjunto del sensor de oxígeno B1S1, el STFT y el LTFT constituye una herramienta eficaz para el diagnóstico automotriz, al permitir evaluar la calidad de la combustión, interpretar la adaptación de la ECU y comprender la influencia del octanaje del combustible sobre el comportamiento del motor.

**Palabras clave:** ajustes de combustible, sensor de oxígeno, gasolinas ecuatorianas, diagnóstico automotriz, combustión.

### **Abstract**

This research analyzes the behavior of the B1S1 oxygen sensor and the fuel trim adjustments in a 2009 Mazda 3 equipped with a 1.6 L gasoline engine, using Ecuadorian Eco País (85 octane) and Súper (95 octane) gasoline under three operating conditions: idle, medium load, and maximum load. The study highlights the importance of the oxygen sensor as the primary feedback device used by the Engine Control Unit (ECU) to regulate the air-fuel mixture, improve engine performance, reduce fuel consumption, and minimize exhaust emissions. An experimental methodology was applied using a digital multimeter to verify the continuity of the sensor heater, an automotive scan tool to monitor real-time engine parameters, and an oscilloscope to analyze the oxygen sensor waveform. Before the tests, the vehicle underwent an initial inspection that included evaluating fuel trim values and performing injector cleaning to ensure reliable operating conditions. Subsequently, measurements were conducted along the same driving route for both fuels, allowing an objective comparison of the electronic fuel injection system performance. The results demonstrated that both fuel type and engine load significantly influence the B1S1 oxygen sensor signal and the fuel trim adjustments performed by the ECU. Súper gasoline produced higher sensor voltage values at idle and a more stable response, whereas Eco País gasoline exhibited greater variations under medium-load conditions. At maximum load, both fuels reached higher voltage values and showed a tendency toward stabilization of the short-term fuel trim. The study concludes that the combined analysis of the B1S1 oxygen sensor and fuel trim adjustments provides an effective tool for automotive diagnostics by evaluating combustion quality, interpreting ECU adaptation, and understanding the influence of fuel octane rating on engine performance.

**Keywords:** fuel trim adjustments, oxygen sensor, Ecuadorian gasoline, automotive diagnostics, combustion.

## Introducción

En los motores a gasolina con inyección electrónica, el control de la mezcla aire-combustible depende de la interacción entre sensores, actuadores y la unidad de control electrónico del motor. Entre estos componentes, el sensor de oxígeno B1S1 cumple una función determinante, debido a que se encuentra ubicado antes del catalizador y permite conocer, de manera directa, la condición de los gases de escape generados por la combustión. La señal emitida por este sensor es interpretada por la ECU para determinar si la mezcla presenta tendencia rica o pobre, y con base en esta información se realizan ajustes en el tiempo de inyección de combustible. En este contexto, la presente investigación aborda el análisis del comportamiento del sensor de oxígeno y de las correcciones de combustible bajo distintas condiciones de operación del motor, considerando la importancia de estos parámetros para el diagnóstico automotriz moderno, la evaluación de la eficiencia de combustión y la identificación de variaciones asociadas al tipo de gasolina utilizada.

El estudio se fundamenta en el funcionamiento del sistema de control electrónico de la mezcla, especialmente en los ajustes de combustible conocidos como STFT y LTFT. El STFT representa la corrección inmediata que realiza la ECU frente a variaciones momentáneas de la mezcla aire-combustible, mientras que el LTFT expresa una adaptación sostenida del sistema cuando dichas variaciones se repiten durante varios ciclos de funcionamiento. La interpretación de ambos valores permite identificar si la ECU está agregando o reduciendo combustible para mantener una combustión estable. Por ello, el análisis conjunto del voltaje del sensor B1S1, el STFT y el LTFT permite evaluar con mayor precisión la respuesta del motor en lazo cerrado, ya que no solo se observa la señal del sensor, sino también la forma en que la ECU compensa las condiciones reales de trabajo del sistema de inyección electrónica.

La investigación se desarrolló en un vehículo Mazda 3, año 2009, equipado con motor a gasolina de 1.6 L, sistema de inyección electrónica y sensor de oxígeno B1S1 tipo zirconio de cuatro pines. Las pruebas se realizaron con dos combustibles comercializados en Ecuador: gasolina Eco País y gasolina Súper, los cuales presentan diferencias de octanaje y

composición que pueden influir en el proceso de combustión. Para obtener datos comparables, el motor fue evaluado bajo tres condiciones de operación: ralentí, carga media y carga máxima. Estas condiciones permitieron observar el comportamiento del sistema desde una demanda baja de combustible hasta una exigencia mayor del motor, analizando cómo varían la señal del sensor de oxígeno y las correcciones aplicadas por la ECU ante cada escenario de funcionamiento.

Para la adquisición de datos se emplearon herramientas de diagnóstico automotriz como escáner, osciloscopio y multímetro. El escáner permitió observar parámetros en tiempo real, como revoluciones por minuto, voltaje del sensor B1S1, STFT, LTFT y tiempo de inyección. El osciloscopio permitió visualizar la forma de onda del sensor de oxígeno, identificando su amplitud, frecuencia, estabilidad y capacidad de conmutación entre mezcla rica y pobre. El multímetro se utilizó para verificar la resistencia del circuito calefactor del sensor, registrándose un valor de 7 ohmios, lo cual permitió comprobar continuidad eléctrica antes de las pruebas principales. Además, como parte del diagnóstico inicial, se identificó un LTFT de 14,84 %, valor cercano al límite de referencia considerado en la investigación, por lo que se realizó una limpieza de inyectores con el propósito de mejorar el caudal y la pulverización del combustible, reduciendo posibles alteraciones en la medición.

Finalmente, el análisis del voltaje promedio del sensor de oxígeno B1S1 permitió comprobar que la señal varía según el combustible y la condición de operación del motor. En ralentí, la gasolina Súper alcanzó 617 mV, frente a 267 mV obtenidos con Eco País. En carga media, Eco País presentó 733 mV, superando a Súper, que registró 583 mV. En carga máxima, ambos combustibles mostraron los valores más elevados, con 800 mV para Eco País y 840 mV para Súper, comportamiento asociado a una mayor demanda de combustible durante la aceleración. De esta manera, la investigación permite comprender cómo el sensor B1S1 y los Fuel Trims responden ante combustibles de diferente octanaje y distintas cargas del motor, aportando información técnica aplicable al diagnóstico automotriz, al mantenimiento preventivo y a la evaluación del desempeño de motores a gasolina en condiciones reales de operación.

## Capítulo I

### Antecedentes

#### 1.1 Tema

Análisis del comportamiento del sensor de oxígeno y correcciones de combustible bajo distintas condiciones de operación del motor con gasolinas ecuatorianas.

#### 1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema

Los vehículos incorporan sensores y sistemas electrónicos que controlan el funcionamiento del motor. Entre ellos, el sensor de oxígeno que mide la cantidad de oxígeno expulsado por los gases de escape y proporciona información a la ECU (Unidad de Control del Motor), la cual controla las correcciones de combustible. Los Fuel Trims varían según las condiciones del motor y el tipo de gasolina. Este proyecto buscó analizar el comportamiento del sensor de oxígeno a diferentes cargas y gasolinas ecuatorianas (Eco y Super), mediante mediciones con multímetro, osciloscopio y escáner (Bastidas Pilco, 2021).

##### ***1.2.1 Planteamiento del problema***

En los motores equipados con sistemas de inyección electrónica, la mezcla aire-combustible se ajusta de acuerdo con la información proporcionada por el sensor de oxígeno a la unidad de control electrónico del motor, conocida como ECU. Esta unidad realiza correcciones en la cantidad de combustible inyectado con el propósito de mantener una relación de mezcla adecuada según las condiciones de funcionamiento del motor.

En Ecuador, las gasolinas comercializadas afectan a la combustión y al sistema de inyección debido a su composición y octanaje. La gasolina Eco País cuenta con un octanaje del 85 y la Super con 95 (Morillo Chandí et al., 2025). Por lo cual el comportamiento del sensor de oxígeno B1S1 va a variar también según el tipo de gasolina.

Este proyecto buscó analizar las variaciones en el comportamiento del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible al utilizar gasolina Eco y Súper, bajo distintas condiciones de operación del motor (ralentí, carga media y carga alta), mediante el uso de herramientas de diagnóstico como el multímetro, osciloscopio y escáner.

### **1.2.2 Formulación del problema**

¿Cómo varía el comportamiento del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible al utilizar gasolina Eco y Súper bajo a diferentes condiciones de operación en un vehículo Mazda 3 2009 1.6L?

### **1.2.3 Sistematización del problema**

- ¿Cómo varía la señal del sensor de oxígeno B1S1 en condiciones de ralentí, carga media y carga alta?
- ¿Qué relación existe entre la señal del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible durante el funcionamiento en lazo cerrado?
- ¿Qué diferencias se presentan en el comportamiento del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible al utilizar diferentes gasolinas comercializadas en Ecuador?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Analizar el comportamiento dinámico del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible del motor de una Mazda 3 usando diferentes gasolinas bajo distintas condiciones de operación.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Medir la señal del sensor de oxígeno B1S1 mediante osciloscopio y escáner en ralentí, carga media y alta usando gasolinas Súper y Eco comercializadas en Ecuador.
- Evaluar la relación entre la señal del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible del sistema de control del motor durante funcionamiento en lazo cerrado.
- Comparar el comportamiento del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible del motor utilizando gasolinas Súper y Eco comercializadas en Ecuador.

## **1.4 Justificación y delimitación de la investigación**

El sensor de oxígeno B1S1 en los motores de inyección electrónica tiene una relación directa con el control de la mezcla aire-combustible, ya que proporciona información a la ECU sobre la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape. A partir de esta señal, la unidad de control electrónico realiza ajustes en la dosificación de combustible para mantener una mezcla adecuada según las condiciones de funcionamiento del motor (Bastidas Pilco, 2021).

El estudio resulta importante porque permite mejorar la interpretación de las correcciones de combustible a corto y largo plazo bajo diferentes condiciones de carga y con el uso de distintas gasolinas, lo cual aporta información técnica valiosa para el área automotriz, especialmente en procesos de diagnóstico.

La investigación se delimita al análisis de las correcciones de combustible y del sensor de oxígeno B1S1, uno ubicado antes del catalizador, ya que el vehículo Mazda 3 cuenta con dos. El estudio se desarrolla a cargas de ralentí, carga media y carga alta. Únicamente se analiza el comportamiento del sistema al utilizando gasolina Eco y Súper.

### **1.4.1 Justificación teórica**

El desarrollo de este trabajo aborda el funcionamiento del sensor de oxígeno, el cual permite el control de la mezcla y correcciones realizadas por la ECU. El estudio aporta conocimiento al relacionar la señal del sensor con los Fuel Trims bajo a diferentes condiciones de operación. Asimismo, comprender el comportamiento del sistema de control de mezcla en el uso de gasolina Eco y Super.

### **1.4.2 Justificación metodológica**

La investigación se llevó a cabo con un enfoque experimental de medición y análisis basado en herramientas de diagnóstico, las cuales nos permiten obtener información sobre el comportamiento del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible realizadas por la ECU. Mediante la evaluación del motor bajo diferentes condiciones de trabajo utilizando gasolina Eco y Super, se compararon los valores registrados y se analizaron las variaciones del sistema de control de mezcla.

### **1.4.3 Justificación práctica**

Los resultados ofrecen información para hacer posible un diagnóstico y analizar la señal del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible cuando el motor funciona con gasolina Eco (85 octanos) y Super (95 octanos) bajo condiciones de ralentí, carga media y alta. El trabajo aportó información aplicable al mantenimiento y evaluación del rendimiento del motor, el consumo de combustible y el control de emisiones contaminantes.

### **1.4.4 Delimitación temporal**

Las pruebas se realizaron en el mes de marzo y finalizaron en julio del 2026.

### **1.4.5 Delimitación geográfica**

La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, donde se realizan las pruebas y mediciones.

### **1.4.6 Delimitación del contenido**

La investigación se delimita al análisis del comportamiento del sensor de oxígeno, ubicado antes del catalizador, y de las correcciones de combustible realizadas por la ECU. El estudio se enfocó en el uso de gasolina Eco y Súper bajo condiciones de ralentí, carga media y carga alta, sin tener en cuenta otros sistemas del vehículo que ayudan al control de la mezcla aire-combustible.

## Capítulo II

### Marco Referencial

#### 2.1 Marco teórico

El marco teórico aborda los fundamentos que permiten comprender el comportamiento del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible en motores a gasolina con inyección electrónica.

##### ***2.1.1 Conceptos preliminares***

Los conceptos preliminares permiten ubicar el estudio dentro del funcionamiento básico del motor a gasolina y su sistema de control electrónico. En este apartado se consideran elementos como la combustión, la mezcla aire-combustible, la inyección electrónica, el sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible, ya que todos intervienen en la respuesta del motor bajo distintas condiciones. A partir de esto, se facilita la comprensión del análisis realizado con gasolinas ecuatorianas Eco País y Súper.

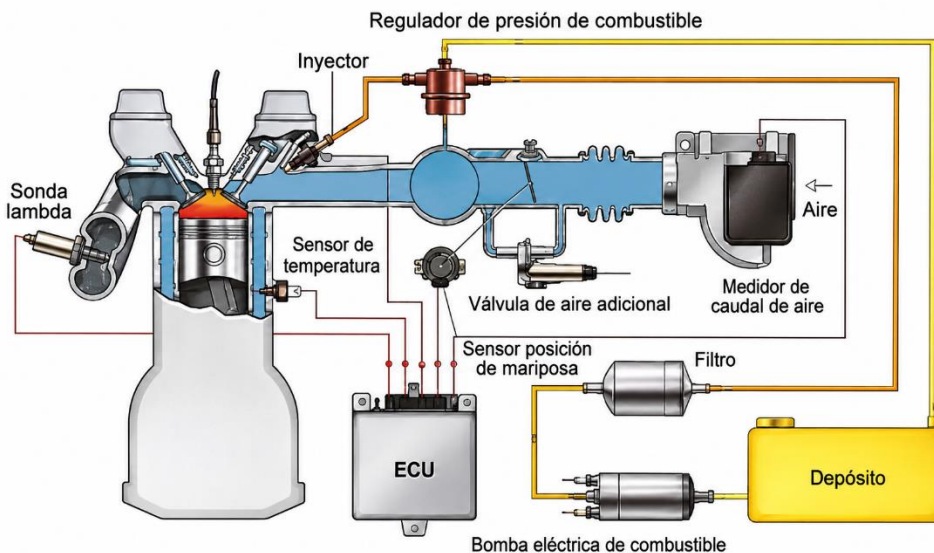
##### ***2.1.2 Sistema de control electrónico de la mezcla aire-combustible en motores a gasolina***

El control electrónico de la mezcla aire-combustible funciona mediante la interacción entre sensores, actuadores y la ECU. Como muestra la Figura 1, intervienen el medidor de caudal de aire, los sensores de temperatura y posición de la mariposa, los inyectores, el regulador de presión y la bomba de combustible. Estos elementos identifican las condiciones del motor y ajustan el aire y combustible necesarios para la combustión (Guasumba-Maila et al., 2021).

El sensor de oxígeno envía a la ECU información sobre la condición de la mezcla. Con estos datos, la unidad modifica el tiempo de apertura de los inyectores para mantener una combustión estable y cercana a la relación estequiométrica, integrando el funcionamiento de sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica (Bastidas Pilco, 2021).

**Figura 1**

*Componentes del sistema de control electrónico de la mezcla aire-combustible en un motor a gasolina*



*Fuente: (García-Tenorio Ruiz, 2009).*

### **2.1.3 Sensor de oxígeno B1S1 en el diagnóstico de la combustión**

El sensor de oxígeno B1S1 permite diagnosticar la combustión porque interpreta la cantidad de oxígeno que permanece en los gases de escape después del proceso de quemado. En los motores a gasolina, esta información llega a la ECU como una señal eléctrica, la cual sirve para reconocer si la mezcla aire-combustible trabaja con tendencia rica o pobre (Monzón L., 2022).

A partir de esta lectura, el sistema ajusta la dosificación de combustible y mantiene la combustión dentro de un rango más estable, por ello su análisis resulta útil cuando se comparan diferentes condiciones de operación y distintos tipos de gasolina (Salvador Morabowen, 2016).

#### **2.1.3.1 Función del sensor de oxígeno**

El sensor de oxígeno B1S1 se encuentra ubicado en el sistema de escape del motor, antes del catalizador, como se muestra en la Figura 2. Esta posición permite que el sensor mida directamente la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape generados durante la combustión y envíe una señal eléctrica a la ECU.

A partir de esta información, la unidad de control determina la condición de la mezcla aire-combustible y realiza las correcciones necesarias sobre la cantidad de combustible inyectado, permitiendo mantener un funcionamiento adecuado del motor y un control más preciso del proceso de combustión (Jiménez Pereira et al., 2022).

**Figura 2**

*Ubicación del sensor de oxígeno B1S1 en el sistema de escape del motor*



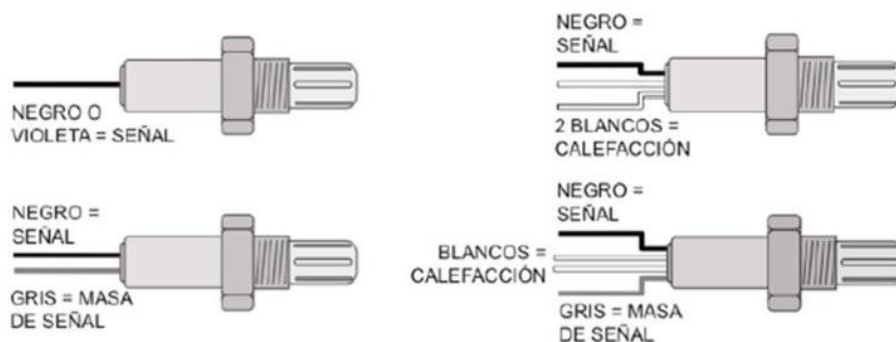
### **2.1.3.2 Tipos de sensor de oxígeno**

Los sensores de oxígeno presentan distintas configuraciones de cableado, como se observa en la Figura 3. En los sensores de cuatro cables, dos conductores corresponden al circuito calefactor y los otros dos transmiten la señal y la referencia hacia la ECU, lo que mejora la estabilidad del control de la mezcla aire-combustible (Salvador Morabowen, 2016).

Esta configuración permite que el sensor alcance rápidamente su temperatura de operación y proporcione una señal precisa. La correcta identificación del cableado facilita las mediciones con equipos de diagnóstico sin afectar el sistema electrónico y mejora el análisis de la señal durante las pruebas automotrices (Monzón L., 2022).

**Figura 3**

*Cableados de los sensores de oxígeno utilizados en motores a gasolina*



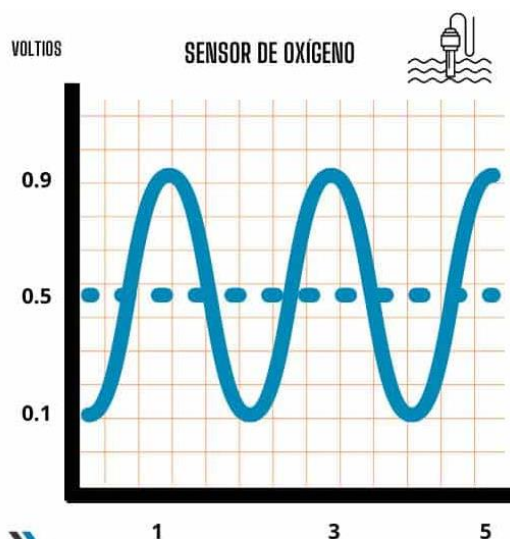
*Fuente:* (Diagramaweb.com, 2024).

### 2.1.3.3 Curva característica de la señal del sensor

Como se observa en la Figura 4, la señal del sensor presenta una variación continua de voltaje entre valores bajos y altos, representando los cambios entre una mezcla pobre y una mezcla rica. Este comportamiento permite que la ECU realice correcciones constantes sobre la cantidad de combustible inyectado para mantener una combustión adecuada. (Moreno Guerra & Portilla Bermeo, 2023).

**Figura 4**

*Señal del sensor de oxígeno*



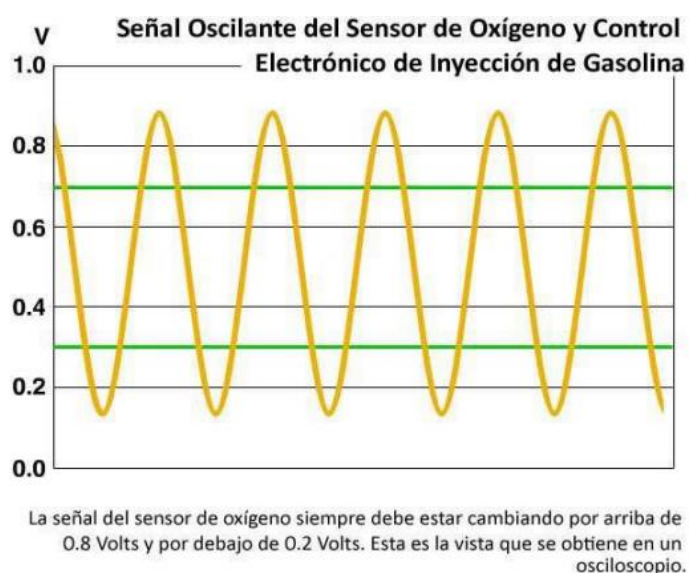
*Fuente:* (AutoAvance, 2024).

### 2.1.3.4 Valores de voltaje de la señal

Como se observa en la Figura 5, la señal del sensor presenta una oscilación de voltaje entre valores bajos y altos, donde los valores inferiores a 0,45 V corresponden a una tendencia de mezcla pobre y los valores superiores indican una mezcla rica (Jiménez Pereira et al., 2020). Esta variación permite que la ECU identifique la condición de combustión y realice ajustes continuos en la cantidad de combustible inyectado para mantener una mezcla adecuada (Monzón L., 2022).

**Figura 5**

*Valores de voltaje del sensor de oxígeno B1S1 según la condición de mezcla*



*Fuente:* (Impocali, 2020).

### 2.1.4 Correcciones de combustible STFT y LTFT en sistemas de inyección electrónica

Las correcciones de combustible permiten conocer cómo la ECU modifica la cantidad de combustible inyectado para mantener una mezcla aire-combustible cercana al valor ideal. (Greenfield, 2018). Estos ajustes se observan mediante el escáner automotriz y normalmente se expresan en porcentaje, lo que permite interpretar si el sistema agrega o reduce combustible durante el funcionamiento del motor.

Por ello, el análisis de STFT y LTFT ayuda a relacionar la señal del sensor de oxígeno B1S1 con la respuesta del sistema de inyección electrónica bajo distintas condiciones de operación (Moreno Guerra & Portilla Bermeo, 2023).

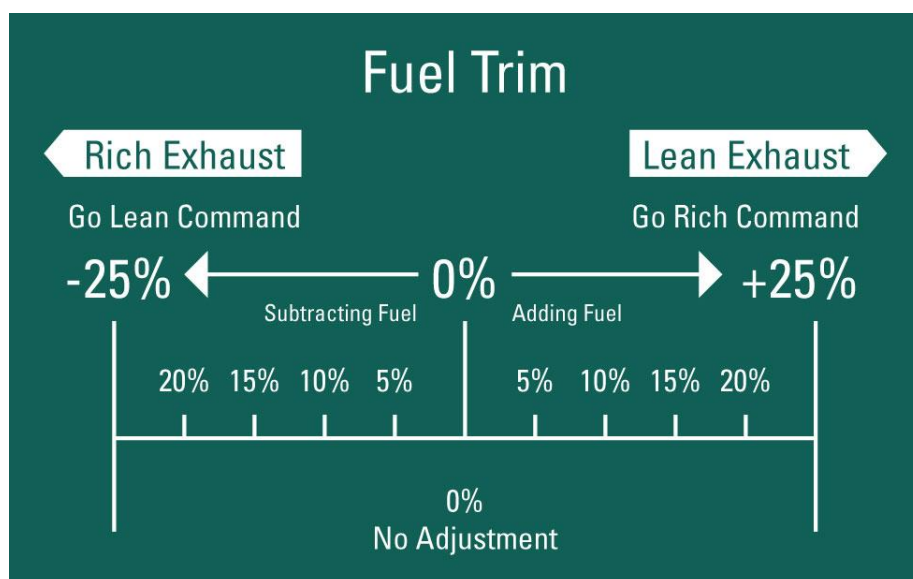
### 2.1.4.1 Ajuste de combustible a corto plazo (STFT) y rango de interpretación

Como se observa en la Figura 6, el STFT representa las correcciones inmediatas que realiza la ECU sobre la cantidad de combustible inyectado según la condición de la mezcla aire-combustible. Los valores positivos indican que el sistema agrega combustible al detectar una tendencia de mezcla pobre, mientras que los valores negativos representan una reducción de combustible cuando existe una tendencia de mezcla rica (Greenfield, 2018).

El valor cercano a 0 % representa una condición donde la ECU mantiene la mezcla dentro de un rango adecuado y no requiere modificaciones importantes. Esta variación constante del STFT permite analizar la respuesta del sistema de inyección y la capacidad de la ECU para adaptarse a los cambios durante el funcionamiento del motor en lazo cerrado (Moreno Guerra & Portilla Bermeo, 2023).

**Figura 6**

*Interpretación del ajuste de combustible a corto plazo STFT en el diagnóstico automotriz*



*Fuente:* (Automotriz, 2020).

### 2.1.4.2 Ajuste de combustible a largo plazo (LTFT) y rango de adaptación

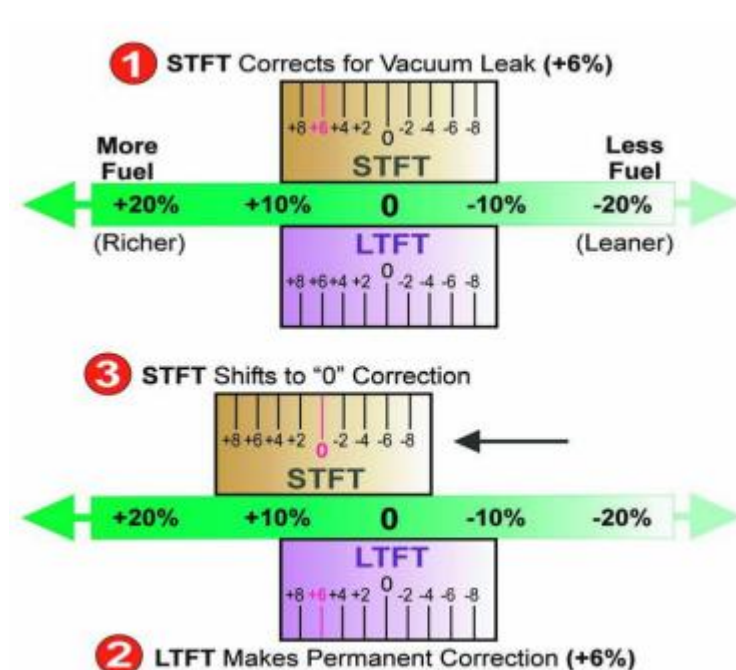
El LTFT representa la adaptación sostenida que realiza la ECU cuando una corrección de mezcla se repite durante varios ciclos. A diferencia del STFT, cambia de manera gradual y refleja una tendencia estable del sistema. En condiciones normales debe mantenerse cerca

de 0 %, aunque un rango entre  $-10\%$  y  $+10\%$  se considera aceptable para el diagnóstico (Greenfield, 2018).

Un valor superior a  $+10\%$  indica una tendencia a mezcla pobre, por lo que la ECU agrega combustible; si es inferior a  $-10\%$ , señala una mezcla rica y reduce la dosificación. Como muestra la Figura 7, el LTFT registra correcciones acumuladas, mientras que el STFT responde a cambios momentáneos. Ambos permiten mantener estable el funcionamiento del motor (Moreno Guerra & Portilla Bermeo, 2023).

**Figura 7**

*Rango de adaptación del ajuste de combustible a largo plazo LTFT*



Fuente: (CITEC, 2020).

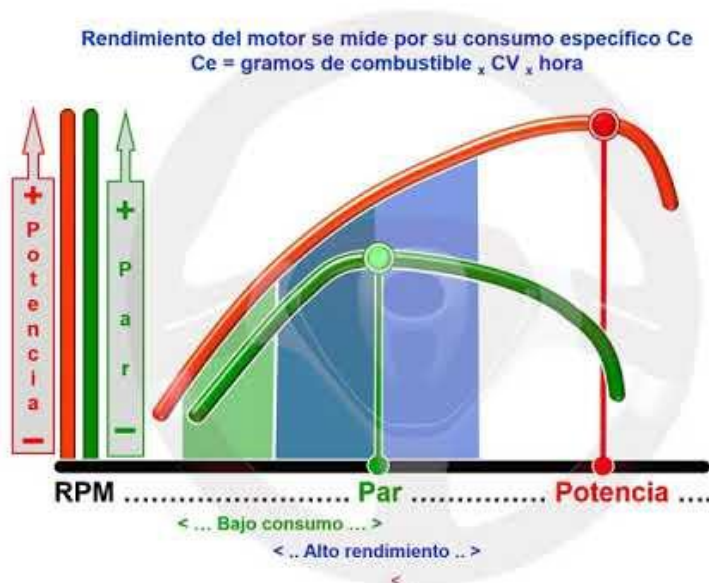
### 2.1.5 Influencia de las condiciones de operación del motor en la respuesta del sistema

Las condiciones de operación del motor influyen en la respuesta del sistema de control de mezcla, debido a que la ECU realiza diferentes correcciones según el estado de funcionamiento. En ralentí (800 rpm), la demanda de aire y combustible es menor, mientras que al aumentar la carga del motor también incrementa el ingreso de aire y la necesidad de combustible, generando ajustes más rápidos para mantener una combustión estable (Bastidas Pilco, 2021).

En carga media (2500 rpm) y carga máxima (4000 rpm), la relación entre la señal del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible es más evidente, ya que la ECU modifica el tiempo de inyección según la demanda del motor. Como se observa en la Figura 8, al aumentar las revoluciones y la carga también aumenta la demanda de combustible, lo que requiere una adaptación del sistema para mantener un funcionamiento eficiente (Morillo Chandí et al., 2025).

**Figura 8**

*Relación entre las condiciones de operación del motor y la demanda de combustible*

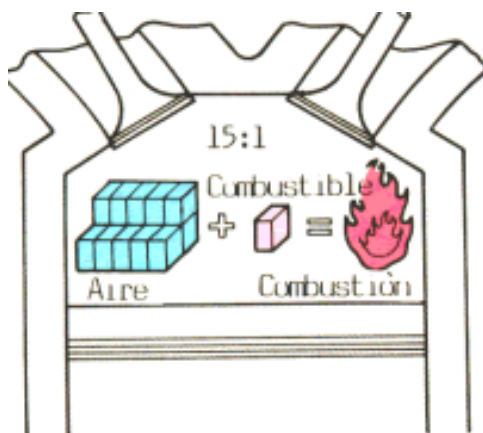


Fuente: (Automovil, 2022).

## 2.2 Marco Conceptual

### 2.2.1 Mezcla aire-combustible

La mezcla aire-combustible representa la proporción entre el aire y el combustible necesarios para la combustión. En los motores a gasolina, la relación estequiométrica es cercana a 14,7 partes de aire por 1 de combustible, permitiendo una combustión equilibrada (Valeo, 2022). Como se observa en la Figura 9, esta relación muestra la combinación adecuada de aire y combustible para mantener un funcionamiento eficiente del motor (Bastidas Pilco, 2021).

**Figura 9***Relación estequiométrica**Fuente:* (Halinco, 2019).

### **2.2.2 Gasolinas ecuatorianas**

Las gasolinas ecuatorianas consideradas en esta investigación son Eco País (85 octanos) y Súper (95 octanos), ya que ambas se comercializan en el país y presentan diferencias en su octanaje y composición. Estas características pueden influir en la forma en que se desarrolla la combustión dentro del motor, especialmente cuando cambia la condición de operación entre ralentí, carga media y carga máxima (Morillo Chandí et al., 2025).

Por ello, su comparación permite analizar si el tipo de combustible genera variaciones en la señal del sensor de oxígeno B1S1 y en las correcciones de combustible STFT y LTFT realizadas por la ECU (Bastidas Pilco, 2021).

### **2.2.3 Octanaje de la gasolina**

El octanaje es un indicador de la capacidad de la gasolina para resistir la detonación prematura durante la combustión. Mientras mayor sea este valor, mayor será la resistencia del combustible al autoencendido provocado por las condiciones de presión y temperatura dentro del cilindro. Por ello, constituye una característica importante para el funcionamiento adecuado de los motores a gasolina (Bastidas Pilco, 2021).

### **2.2.4 Comportamiento del motor con gasolinas ecuatorianas Eco y Súper**

El comportamiento del motor varía según el octanaje y la composición del combustible. La gasolina Eco País, de 85 octanos, y la Súper, de 95 octanos, pueden generar diferencias

en la combustión, la señal del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones realizadas por la ECU. Ante estas variaciones, el sistema de inyección ajusta la dosificación de combustible según las condiciones de operación del motor (Bastidas Pilco, 2021).

La gasolina Súper puede favorecer una combustión más estable en ciertas condiciones, mientras que la Eco País permite evaluar la respuesta del sistema con un combustible de menor octanaje. Su comparación facilita interpretar los ajustes STFT y LTFT y relacionarlos con el comportamiento del sensor B1S1 en ralentí, carga media y carga máxima (Vera Valarezo & Arias Morales, 2024).

## Capítulo III

### Comportamiento del sensor de oxígeno B1S1 y correcciones de combustible

#### 3.1 Especificaciones técnicas del vehículo prueba Mazda 3 2009 1.6L

Como se muestra en la Tabla 1, el vehículo de prueba corresponde a un Mazda 3 del año 2009 equipado con un motor a gasolina de 1.6 L, cuatro cilindros en línea, sistema de inyección electrónica y sensor de oxígeno B1S1 tipo zirconio de cuatro pines. Estas características permiten establecer las condiciones técnicas del vehículo y verificar que cuenta con los componentes necesarios para analizar el comportamiento del sistema de control de mezcla aire-combustible y las correcciones realizadas por la ECU durante las pruebas experimentales.

**Tabla 1**

*Especificaciones técnicas del vehículo de prueba*

| Características         | Especificación                                  |
|-------------------------|-------------------------------------------------|
| Marca                   | Mazda                                           |
| Modelo                  | Mazda 3                                         |
| Año                     | 2009                                            |
| Cilindrada              | 1.6 L / 1598 cm <sup>3</sup>                    |
| 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 alimentación | Inyección electrónica de combustible            |
| Sensor analizado        | Sensor de oxígeno B1S1 tipo Zirconio de 4 pines |

*Nota.* Las especificaciones generales del motor 1.6 L se toman como referencia técnica del Mazda 3 con motor Z6.

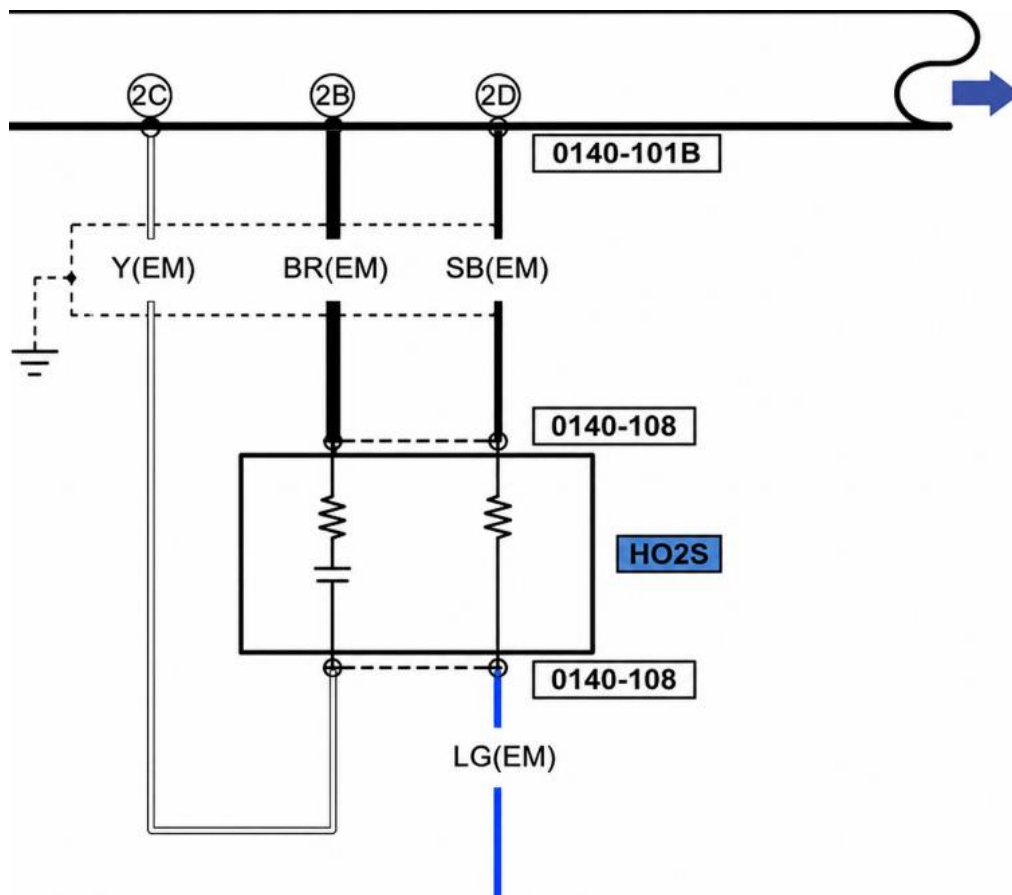
#### 3.2 Diagrama eléctrico del sensor de oxígeno

Como se observa en la Figura 10, el diagrama eléctrico muestra la conexión del sensor de oxígeno B1S1 calefactado de cuatro pines con la ECU del vehículo. En este circuito se identifican los cables correspondientes a la señal, tierra de señal y al circuito calefactor del sensor. Esta distribución permite comprender el funcionamiento eléctrico del componente y facilita la correcta conexión de los equipos de diagnóstico. Además, sirve como referencia

para realizar mediciones de voltaje y resistencia sin afectar el sistema electrónico del vehículo durante las pruebas.

**Figura 10**

*Diagrama eléctrico del sensor de oxígeno B1S1 calefactado del Mazda 3 2009*



*Fuente:* (Corporation, 2009).

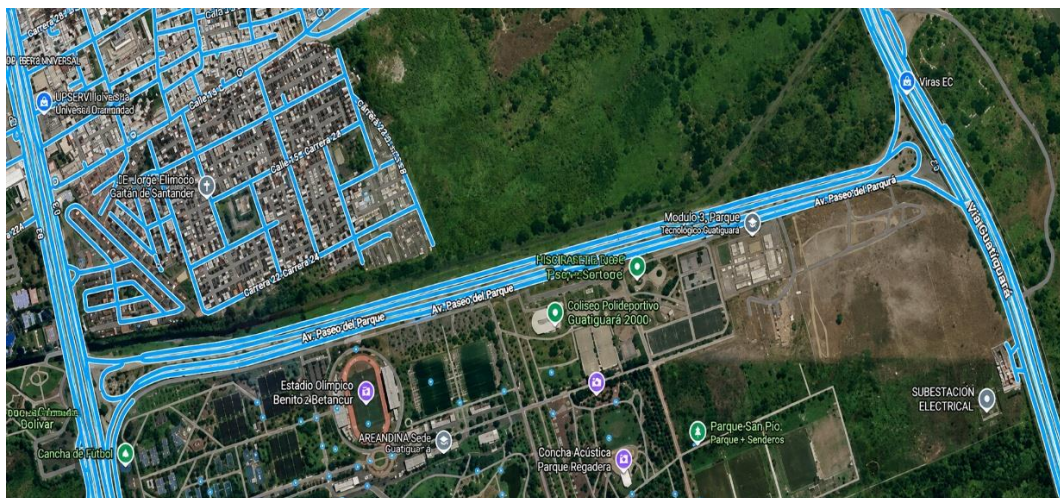
### 3.3 Selección de la ruta para pruebas en el vehículo

Las pruebas se realizaron en la avenida Paseo del Parque Samanes, en Guayaquil, como se muestra en la Figura 11. Esta vía permitió mantener condiciones de conducción relativamente estables y evaluar el vehículo en ralentí, carga media y carga máxima.

Durante el recorrido se registraron la señal del sensor de oxígeno, las RPM y los ajustes de combustible con los instrumentos mostrados en la Figura 12. La misma ruta fue utilizada con gasolina Eco y Súper para comparar los resultados en condiciones similares.

**Figura 11**

*Ruta de las pruebas con ambos combustibles*



Fuente: (Google, 2026).

**Figura 12**

*Conexión de los equipos de diagnóstico para la toma de datos del vehículo*



### 3.4 Estado Inicial del vehículo

Antes de realizar las pruebas con gasolina Eco País y Súper, se revisa el estado inicial del vehículo para conocer cómo trabaja el sistema de inyección electrónica en condiciones previas al análisis. Esta verificación permite observar si el motor presenta una respuesta estable o si existe alguna condición que pueda alterar los resultados, especialmente en las correcciones de combustible.

En este punto se considera importante revisar los Fuel Trims, ya que valores elevados pueden indicar que la ECU está compensando una mezcla pobre o rica, situación que más adelante permite valorar si el vehículo requiere una limpieza de inyectores o una revisión adicional del sistema de alimentación.

### 3.3.1 Revisión inicial del vehículo con escáner

La revisión se realizó mediante la lectura de datos en vivo del sistema de control del motor. Se observaron parámetros como el pulso de inyección, el STFT, el LTFT y el voltaje del sensor de oxígeno B1S1. Inicialmente, el STFT registró 3,91 % y el LTFT 14,84 %, evidenciando una mayor corrección positiva a largo plazo.

La identificación del vehículo con el escáner Launch X-431, mostrada en la Figura 13, permitió verificar la marca, el modelo, el motor, el sistema de combustible y la transmisión. Esto confirmó la correcta comunicación con la ECU antes de registrar los parámetros del motor en tiempo real.

**Figura 13**

*Identificación del vehículo en el escáner Launch X-431 para iniciar la revisión de datos en vivo del sistema de motor.*

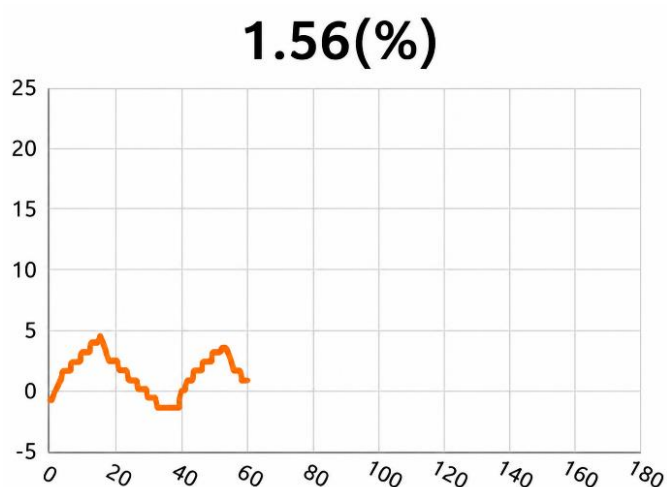


Los Fuel Trims se revisaron para conocer cómo la ECU corregía la mezcla aire-combustible antes de las pruebas con gasolina Eco País y Súper. Se consideró un margen de referencia del 15 %, ya que valores cercanos o superiores pueden indicar una compensación elevada y la necesidad de revisar el sistema de alimentación.

- STFT: En la lectura inicial se registró un valor de 7,81 %, correspondiente a una corrección positiva moderada. Esto indica que la ECU agregó combustible para compensar una ligera tendencia a mezcla pobre. Sin embargo, el valor se mantuvo por debajo del límite de referencia del 15 %, por lo que no representó una condición crítica. La Figura 14 muestra el comportamiento oscilante del STFT mientras la ECU realiza correcciones inmediatas para mantener una mezcla adecuada.

**Figura 14**

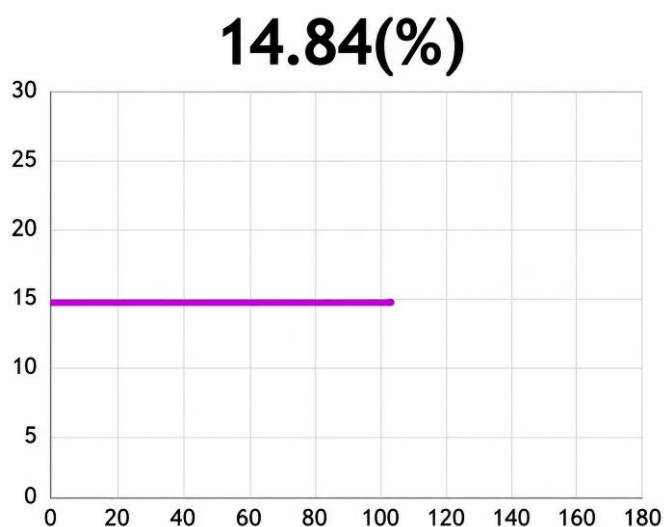
*Comportamiento inicial del STFT registrado mediante escáner automotriz*



- LTFT: El valor inicial del LTFT fue de 14,84 %, lo que refleja una corrección positiva alta y constante ante una posible tendencia a mezcla pobre. Aunque permaneció dentro del margen establecido, su cercanía al límite se consideró un indicio importante del estado inicial del vehículo. Por esta razón, se decidió realizar la limpieza de los inyectores antes de continuar con las pruebas. La Figura 15 muestra una corrección estable cercana al 14,84 %, asociada con la adaptación prolongada de la ECU.

**Figura 15**

*Valor inicial del LTFT registrado con escáner automotriz*



### **3.3.2 Resistencia del sensor de oxígeno B1S1**

En esta comprobación, el multímetro registró un valor de 7 ohmios, el cual se encuentra dentro del rango utilizado para validar la continuidad del calefactor. Por esta razón, no se evidenció una resistencia abierta ni una condición inicial que afecte el calentamiento del sensor. Esta verificación fue importante porque el calefactor permite que la sonda alcance su temperatura de trabajo y entregue una señal más estable durante el diagnóstico de la mezcla aire-combustible (Valeo, 2022).

La medición realizada con el multímetro, mostrada en la Figura 16, permite visualizar la comprobación de resistencia del circuito calefactor del sensor de oxígeno mediante la conexión de las puntas de prueba en los terminales correspondientes. Este procedimiento confirma la continuidad eléctrica del calefactor antes de realizar las pruebas de funcionamiento del sensor.

El procedimiento para medir la resistencia del calefactor del sensor de oxígeno B1S1 fue el siguiente:

- Se apagó el motor y se verificó que el vehículo estuviera en una condición segura para realizar la medición.
- Se ubicó el sensor de oxígeno B1S1 de 4 cables antes del catalizador.

- Se desconectó el conector eléctrico del sensor para evitar lecturas incorrectas.
- Se identificaron los dos cables negros, correspondientes al circuito calefactor del sensor.
- Se colocó el multímetro en la escala de resistencia, expresada en ohmios.
- Se conectaron las puntas del multímetro en los dos terminales del calefactor.
- Se observó la lectura obtenida en la pantalla del multímetro.
- Finalmente, se registró un valor de 7 ohmios, lo que indicó continuidad en el circuito calefactor del sensor de oxígeno.

Como resultado de esta comprobación, se confirmó que el circuito calefactor del sensor de oxígeno B1S1 se encontraba en condiciones adecuadas para continuar con las pruebas dinámicas. Esto permitió descartar que posibles variaciones en la señal o en las correcciones de combustible estuvieran relacionadas con una falla del calefactor. En consecuencia, las siguientes mediciones se realizaron con la certeza de que el sensor alcanzaba su temperatura normal de funcionamiento y entregaba información confiable para el análisis.

**Figura 16**

*Verificación de resistencia del circuito calefactor del sensor de oxígeno*



### 3.5 Limpieza de inyectores

Por esta razón, se decidió realizar la limpieza de inyectores antes de continuar con las pruebas principales con gasolina Eco País y Súper. Este procedimiento se efectuó con el objetivo de mejorar el caudal y la pulverización del combustible, reduciendo posibles alteraciones en la mezcla aire-combustible. De esta manera, se buscó que las mediciones posteriores del sensor de oxígeno B1S1 y de las correcciones de combustible fueran más confiables y no estuvieran afectadas por una condición inicial del sistema de inyección.

El proceso de limpieza de inyectores mostrado en la Figura 17 se realiza mediante un equipo de prueba que permite observar la pulverización y el funcionamiento de los inyectores durante el procedimiento. Este método ayuda a verificar la correcta distribución del combustible y mejorar las condiciones del sistema de inyección antes de realizar las mediciones principales del estudio.

**Figura 17**

*Limpieza de inyectores del vehículo*



### 3.6 Proceso de conexión del osciloscopio al sensor

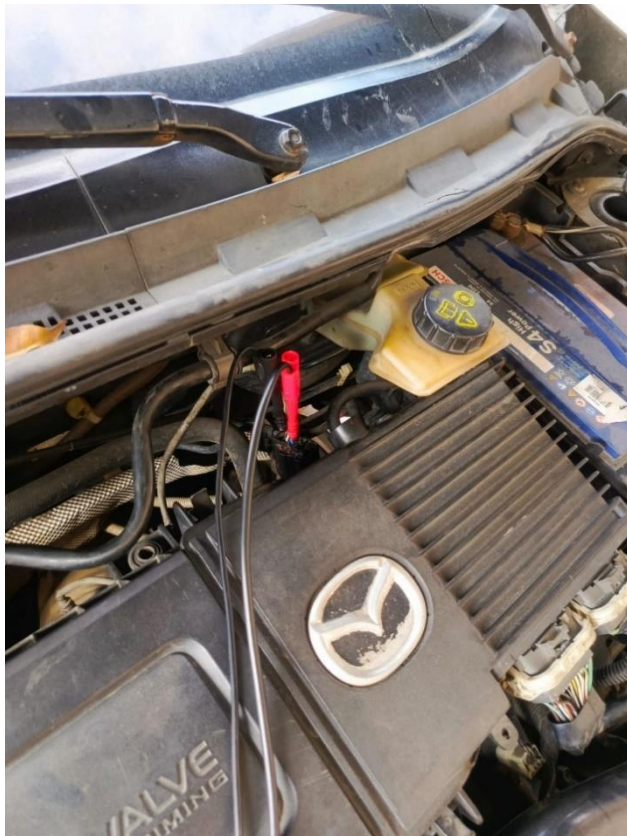
Para visualizar la señal eléctrica del sensor de oxígeno B1S1 se utilizó el osciloscopio automotriz Launch X-431. Este equipo permitió observar directamente la forma de onda generada por el sensor, lo que ayudó a analizar su variación de voltaje durante el funcionamiento del motor.

El sensor de oxígeno B1S1 utilizado tenía cuatro cables: el azul correspondía a la señal del sensor, el blanco al negativo o tierra de señal, y los dos cables negros pertenecían al calefactor del sensor. La conexión se realizó de la siguiente manera:

- Se ubicó el sensor de oxígeno B1S1 antes del catalizador.
- Se identificaron los cuatro cables del sensor.
- Se conectó la punta positiva del osciloscopio al cable azul, correspondiente a la señal.
- Se conectó la punta negativa del osciloscopio al cable blanco, correspondiente al negativo del sensor.
- No se utilizaron los dos cables negros, ya que pertenecen al circuito calefactor.
- Se encendió el motor y se esperó a que alcanzara su temperatura normal de trabajo.
- Finalmente, se observó en el osciloscopio la variación de voltaje del sensor de oxígeno.

**Figura 18**

*Conexión del osciloscopio al sensor de oxígeno B1S1*



La medición en la Figura 18 permitió observar la señal eléctrica generada durante el funcionamiento del motor y comprobar si existían variaciones anormales que pudieran relacionarse con una mala combustión, fallas de inyección o funcionamiento irregular del sistema.

Esta revisión fue importante antes de realizar las pruebas con gasolina Eco y Súper, ya que permitió verificar si el motor se encontraba en condiciones adecuadas o si era necesario efectuar una limpieza de inyectores para evitar que los resultados fueran afectados por suciedad, obstrucción o deficiencias en la pulverización del combustible.

### **3.7 Proceso de medición de señales con Gasolina Eco**

Para la medición de señales con gasolina Eco País, se consideró que el vehículo utilizado en las pruebas siempre había usado este tipo de combustible de forma habitual, por lo que la ECU ya se encontraba adaptada a sus condiciones de combustión.

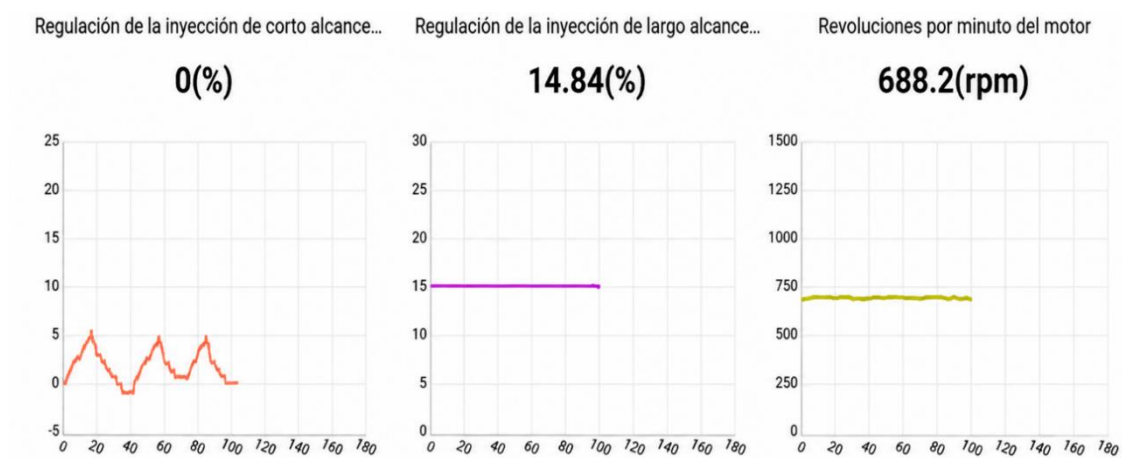
#### **3.7.1 Obtención de datos en ralentí con Eco**

Con gasolina Eco País en ralentí, el escáner mostró un régimen estable entre 683.0 y 700.0 rpm. El STFT se mantuvo cerca de cero, con valores entre -1.56 % y +3.91 %, mientras que el LTFT permaneció en +14.84 %. Esto indica que la corrección inmediata fue pequeña, pero la ECU mantenía una adaptación positiva a largo plazo, es decir, seguía agregando combustible de forma aprendida.

El registro de los ajustes de combustible mostrado en la Figura 19 permite visualizar los valores obtenidos mediante el escáner, donde se observa el comportamiento del STFT, LTFT y las revoluciones del motor durante la prueba en ralentí con gasolina Eco País. Estos parámetros permiten evaluar la respuesta del sistema de inyección bajo esta condición de operación.

**Figura 19**

*Registro de los ajustes de combustible mediante Escáner*



En el osciloscopio, la señal del sensor de oxígeno B1S1 cambió entre aproximadamente 40 mV y 760 mV, con una frecuencia de 121.0 mHz. La forma de onda fue lenta, coherente con una condición de baja carga. En el escáner durante la prueba de ralentí con gasolina Eco se registraron valores estables de funcionamiento, con un régimen aproximado entre 686 y 697 rpm, una anchura de pulso de combustible entre 1.26 ms y 1.34 ms, un STFT entre 0 % y 3.91 % y un LTFT constante de 14.84 %.

Además, el voltaje del sensor observado en el escáner varió aproximadamente entre 0.1 V y 0.7 V, evidenciando la conmutación entre zona pobre y zona rica. Por lo tanto, el sensor presentó una respuesta funcional durante el ralentí, aunque con una corrección positiva a largo plazo mantenida por la ECU.

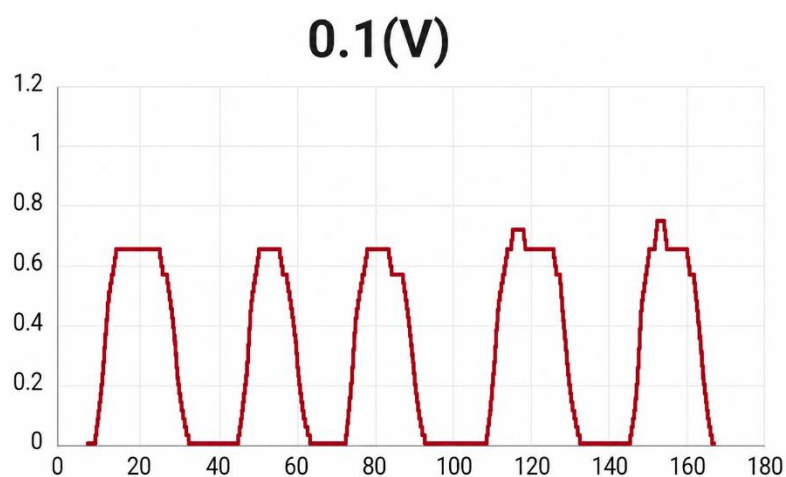
El oscilograma registrado en la Figura 20 muestra la variación de voltaje de la señal del sensor de oxígeno B1S1 durante la prueba en ralentí con gasolina Eco País, donde se observa la oscilación de la señal entre valores bajos y altos. De igual manera, la señal registrada mediante el escáner en la Figura 21 permite visualizar la conmutación del sensor durante el funcionamiento del motor, confirmando la respuesta del sistema ante los cambios de mezcla aire-combustible.

**Figura 20**

*Oscilograma del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Eco en ralentí*

**Figura 21**

*Señal del sensor de oxígeno B1S1 registrada en el escáner durante la prueba en ralentí con gasolina Eco.*



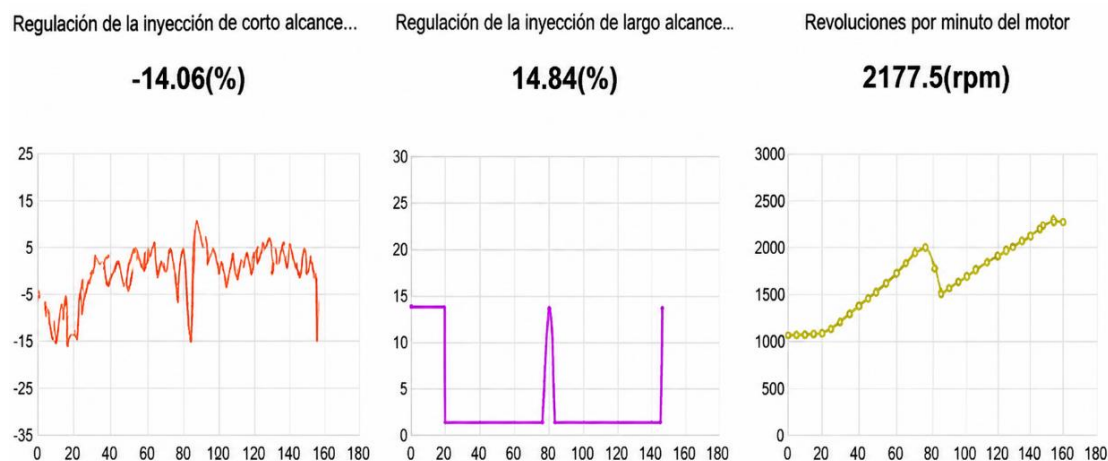
### **3.7.2 Obtención de datos en carga media con Eco**

Con gasolina Eco País en carga media, las RPM observadas durante el tramo útil estuvieron aproximadamente entre 2070.8 y 2325.8 rpm. El STFT presentó valores negativos, entre -14.06 % y -3.91 %, mientras que el LTFT osciló entre +7.81 % y +14.84 %. Esto muestra que, en varios momentos, la ECU redujo combustible de manera inmediata, aunque mantuvo una corrección positiva a largo plazo. El registro del escáner mostrado en la Figura 22 permite visualizar el comportamiento del STFT, LTFT y las revoluciones del motor durante la prueba

en carga media con gasolina Eco País, mostrando las variaciones de las correcciones de combustible y del régimen del motor.

**Figura 22**

*Registro del escáner con gasolina Eco País en carga media*



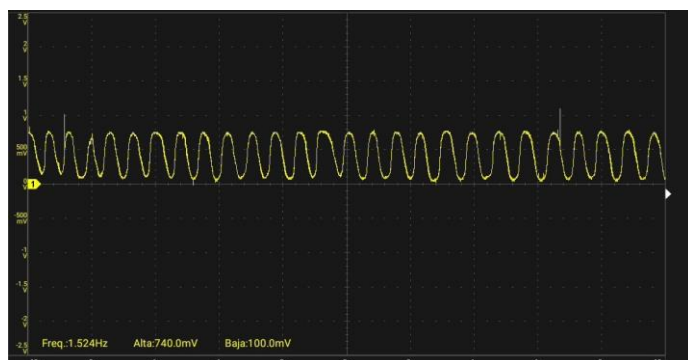
En el osciloscopio, la señal fue más rápida y regular que en ralentí. El valor alto visible fue de 740 mV, el valor bajo fue de 100 mV y la frecuencia alcanzó 1.524 Hz. El oscilograma mostrado en la Figura 23 permite visualizar la variación de la señal del sensor de oxígeno B1S1 durante la prueba con gasolina Eco País en carga media, donde se observa una mayor frecuencia de conmutación debido al incremento del régimen del motor.

De manera complementaria, en el escáner durante la prueba de carga media con gasolina Eco se observaron revoluciones variables entre aproximadamente 1200.5 rpm y 2302 rpm, con un voltaje del sensor de oxígeno B1S1 entre 0.3 V y 0.9 V. La anchura de pulso de combustible presentó valores entre 0.78 ms y 7.21 ms, mientras que el STFT varió entre -14.06 % y +2.34 % y el LTFT entre +1.56 % y +14.84 %.

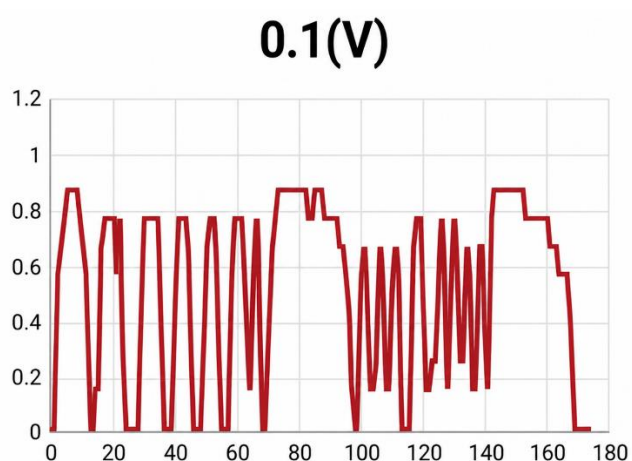
La señal registrada en la Figura 24 permite observar los cambios de voltaje del sensor durante el funcionamiento del motor, evidenciando la respuesta del sistema de control de mezcla ante una mayor demanda de operación.

**Figura 23**

*Oscilograma del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Eco País en carga media*

**Figura 24**

*Señal del sensor de oxígeno B1S1 registrada en el escáner durante la prueba en carga media con gasolina Eco*



### **3.7.3 Obtención de datos en carga máxima con Eco**

Con gasolina Eco País en carga máxima, el escáner mostró un incremento de régimen hasta valores cercanos a 3633.2 rpm en los fotogramas revisados. En el tramo de mayor carga, el STFT permaneció cercano a 0.00 %, mientras que el LTFT se mantuvo principalmente en +7.81 %. Esto indica que la corrección inmediata fue baja y que la ECU trabajó principalmente con una corrección adaptativa moderada.

El registro del escáner mostrado en la Figura 25 permite visualizar el comportamiento del STFT, LTFT y las revoluciones del motor durante la prueba en carga máxima con gasolina

Eco País. Los datos reflejan la respuesta del sistema de inyección cuando el motor trabaja bajo una mayor exigencia.

**Figura 25**

*Registro del escáner con gasolina Eco País en carga máxima*

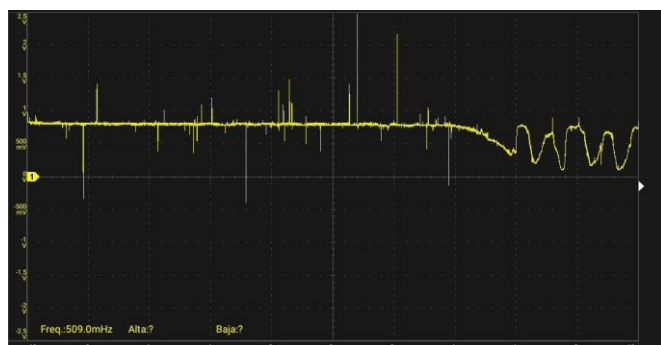


En el osciloscopio se observó una señal con mayor presencia de tramos altos, alrededor de 0.7 a 0.8 V, y caídas ocasionales hacia valores bajos. La frecuencia visible fue de 509.0 mHz. El oscilograma mostrado en la Figura 26 permite visualizar la variación de la señal del sensor de oxígeno B1S1 durante la prueba con gasolina Eco País en carga máxima, donde se aprecia una tendencia a permanecer en valores elevados.

Complementariamente, mediante el escáner durante la prueba de carga máxima con gasolina Eco se registró un régimen cercano a 3633 rpm, una anchura de pulso entre 6.91 ms y 7.90 ms, un STFT de 0.00 % y un LTFT de +7.81 %. La señal registrada en la Figura 27 muestra la variación del voltaje del sensor de oxígeno B1S1 durante esta condición de operación, manteniéndose alrededor de valores altos debido a la mayor demanda del motor.

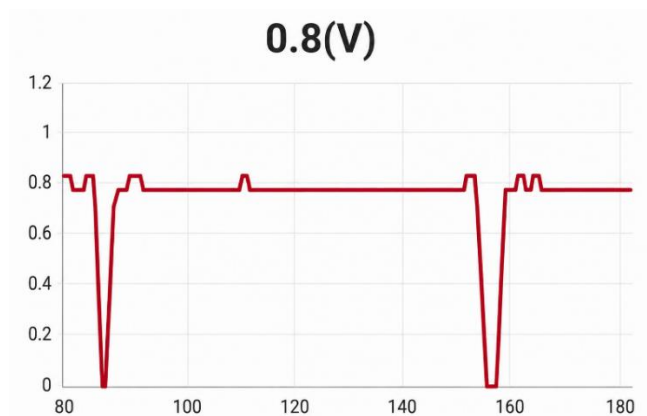
**Figura 26**

*Oscilograma del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Eco País en carga máxima*



**Figura 27**

*Señal del sensor de oxígeno B1S1 registrada en el escáner durante la prueba en carga máxima con gasolina Eco.*



### 3.8 Obtención de datos con Gasolina Super

El proceso mostrado en la Figura 28 permite visualizar el vaciado del combustible Eco País presente en el tanque del vehículo antes de iniciar las pruebas con gasolina Súper. Esta etapa de preparación fue necesaria para reducir la mezcla entre ambos combustibles y evitar posibles variaciones en los resultados obtenidos. Además, permitió establecer una condición más controlada del sistema de alimentación para realizar las mediciones posteriores del comportamiento del motor.

**Figura 28**

*Proceso de llenado del combustible Super*



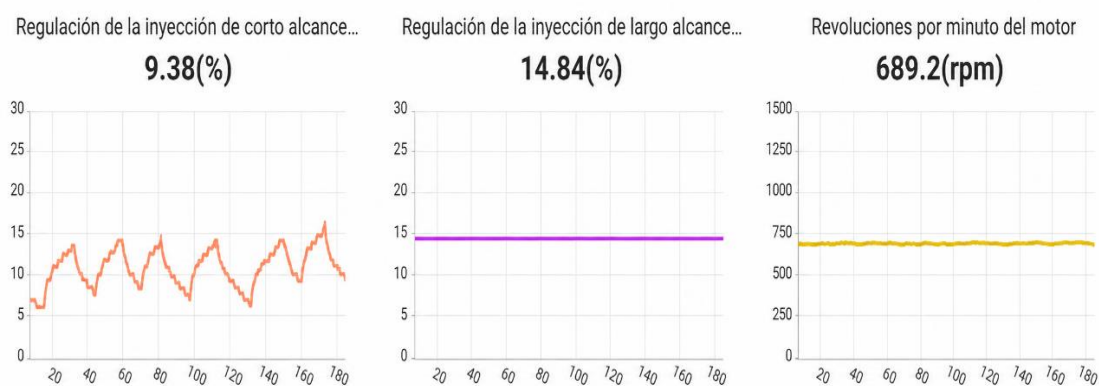
### 3.8.1 Obtención de datos en ralentí con Super

Con gasolina Súper en ralentí, el escáner registró un régimen estable entre 690.2 y 700.8 rpm. El STFT fue más positivo que con Eco País, con valores entre +7.03 % y +15.62 %, mientras que el LTFT permaneció en +14.84 %. Esto indica que, en ralentí, la ECU agregó combustible tanto en la corrección inmediata como en la corrección aprendida.

El registro del escáner mostrado en la Figura 29 permite visualizar el comportamiento del STFT, LTFT y las revoluciones del motor durante la prueba con gasolina Súper en ralentí. Los valores obtenidos reflejan una corrección positiva de combustible y un régimen estable de funcionamiento bajo esta condición de operación.

**Figura 29**

*Registro del escáner con gasolina Súper en ralentí*



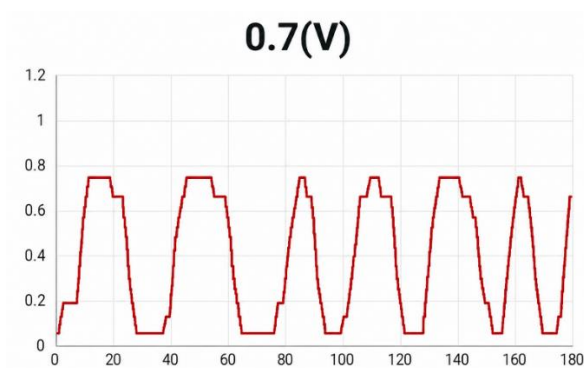
En el osciloscopio se observó una señal lenta, con alternancia entre valores bajos y altos. El trazo útil del sensor se concentró aproximadamente entre 0.02 V y 0.75 V, por lo que el valor alto de 2.040 V se consideró un pico transitorio de medición. El oscilograma mostrado en la Figura 30 permite visualizar la variación de la señal del sensor de oxígeno B1S1 durante la prueba con gasolina Súper en ralentí, mostrando una respuesta más lenta debido a la baja carga del motor.

**Figura 30**

*Oscilograma del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Súper en ralentí*

**Figura 31**

*Señal del sensor de oxígeno B1S1 registrada en el escáner durante la prueba en ralentí con gasolina Super*



De manera complementaria, en el escáner durante la prueba en ralentí con gasolina Súper se registró un régimen estable entre 688.2 rpm y 700.8 rpm, una anchura de pulso entre 1.30 ms y 1.36 ms, un STFT entre +7.03 % y +15.62 % y un LTFT constante de +14.84 %. La señal registrada en la Figura 31 permite observar la variación del voltaje del sensor de oxígeno B1S1, mostrando la conmutación entre valores bajos y altos durante el funcionamiento del motor en lazo cerrado.

### **3.8.2 Obtención de datos en carga media con Super**

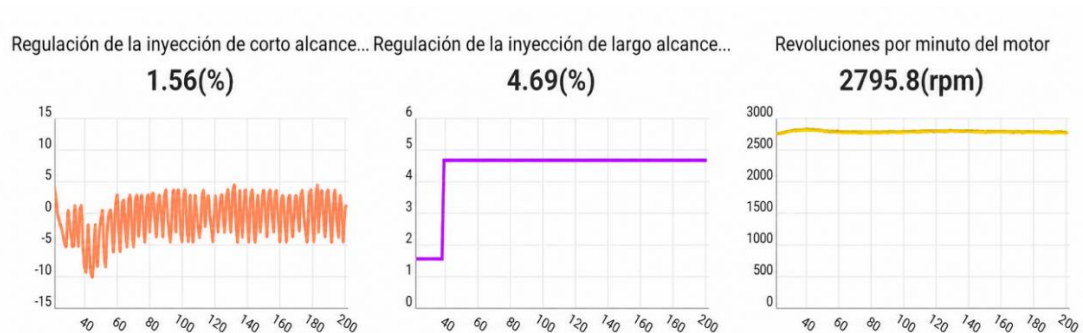
Con gasolina Súper en carga media, el escáner mostró RPM más estables entre 2696.5 y 2803.8 rpm. El STFT varió entre -4.69 % y +3.91 %, mientras que el LTFT se mantuvo entre +1.56 % y +4.69 %. Estos valores fueron los más cercanos a cero dentro de

las pruebas revisadas, lo que indica una corrección de combustible más estable en esta condición.

El registro del escáner mostrado en la Figura 32 permite visualizar el comportamiento del STFT, LTFT y las revoluciones del motor durante la prueba con gasolina Súper en carga media, donde se observa una menor variación de las correcciones de combustible y un régimen de giro más constante.

**Figura 32**

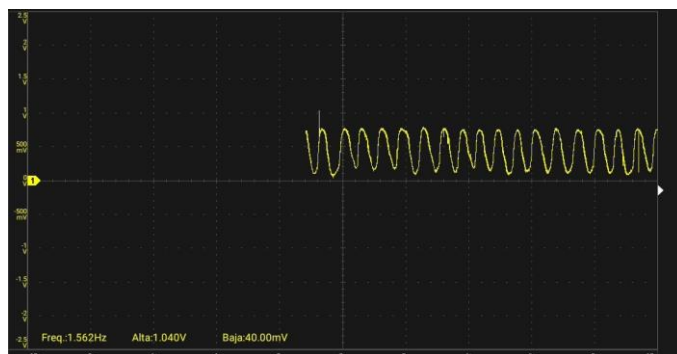
*Registro del escáner con gasolina Súper en carga media*



En el osciloscopio, la señal fue regular y rápida, con una frecuencia visible de 1.562 Hz, un valor alto de 1.040 V y un valor bajo de 40.00 mV. La forma de onda presentó una conmutación clara y repetida, indicando una respuesta activa del sensor durante la carga media. El oscilograma mostrado en la Figura 33 permite visualizar la variación de la señal del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Súper en carga media, donde se observa una oscilación más rápida debido a la mayor demanda del motor.

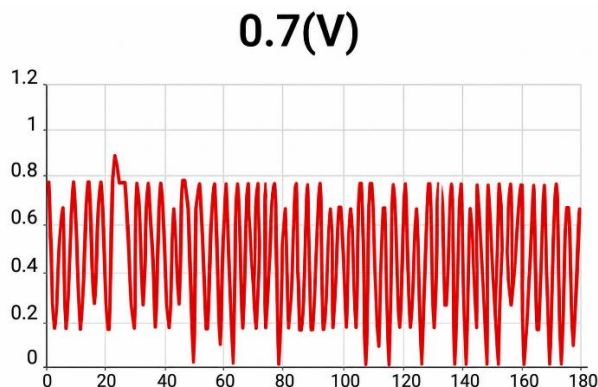
**Figura 33**

*Oscilograma del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Súper en carga media*



**Figura 34**

*Señal del sensor de oxígeno B1S1 registrada en el escáner durante la prueba en carga media con gasolina Super*



De manera complementaria, en el escáner durante la prueba de carga media con gasolina Súper se registró un régimen entre 2696.5 rpm y 2802.2 rpm, una anchura de pulso entre 1.94 ms y 5.58 ms, un STFT entre -6.25 % y +5.47 % y un LTFT entre +1.56 % y +4.69 %. La señal registrada en la Figura 34 permite observar la variación del voltaje del sensor de oxígeno B1S1, mostrando la conmutación entre valores bajos y altos durante el funcionamiento en lazo cerrado.

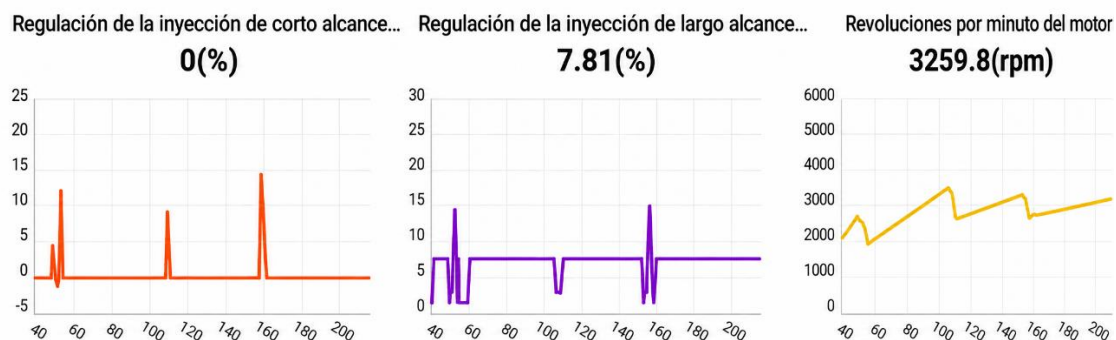
### **3.8.3 Obtención de datos en carga máxima con Super**

Con gasolina Súper en carga máxima, el escáner evidenció un aumento del régimen hasta aproximadamente 3652.2 rpm. En el tramo de carga, el STFT se mantuvo en 0.00 % y el LTFT en +7.81 %. Esto muestra una respuesta similar a la obtenida con Eco País en carga máxima: la ECU no necesitó realizar una corrección inmediata elevada y mantuvo una corrección adaptativa moderada.

El registro del escáner mostrado en la Figura 35 permite visualizar el comportamiento del STFT, LTFT y las revoluciones del motor durante la prueba con gasolina Súper en carga máxima. Los datos muestran una corrección inmediata cercana a cero, una adaptación positiva a largo plazo y el incremento del régimen del motor durante la condición de mayor exigencia.

**Figura 35**

*Registro del escáner con gasolina Súper en carga máxima*

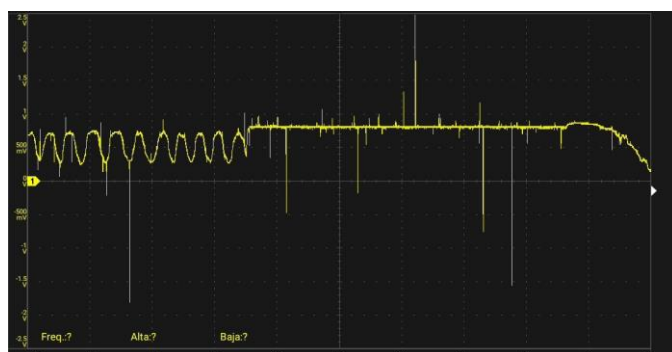


En el osciloscopio se observaron oscilaciones iniciales del sensor y luego un tramo de señal alta cercano a 0.75–0.80 V, con variaciones rápidas. La interpretación se realizó de forma visual debido a la ausencia de lecturas automáticas en el fotograma seleccionado. El oscilograma mostrado en la Figura 36 permite visualizar la variación de la señal del sensor de oxígeno B1S1 durante la prueba con gasolina Súper en carga máxima, evidenciando cambios en la respuesta del sensor por la demanda del motor.

De manera complementaria, en el escáner durante la prueba de carga máxima con gasolina Súper se registró un régimen entre 2120.5 rpm y 3680.8 rpm, una anchura de pulso entre 7.62 ms y 7.94 ms, un STFT cercano a 0.00 % y un LTFT entre +1.56 % y +7.81 %. La señal registrada en la Figura 37 permite observar la variación del voltaje del sensor de oxígeno B1S1, manteniéndose cerca de valores altos durante la condición de carga máxima, indicando una tendencia de mezcla enriquecida.

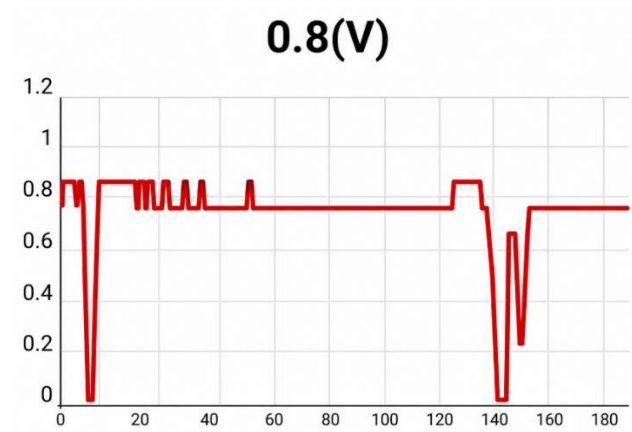
**Figura 36**

*Oscilograma del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Súper en carga máxima*



**Figura 37**

*Señal del sensor de oxígeno B1S1 registrada en el escáner durante la prueba en carga máxima con gasolina Super*



## Capítulo IV

### Análisis de Resultados

#### 4.1 Análisis Gasolina Eco

La prueba con gasolina Eco País se tomó como una condición representativa del funcionamiento habitual del vehículo, debido a que el automóvil utilizaba este combustible de manera frecuente. Por esta razón, la ECU ya contaba con una adaptación previa a las condiciones de combustión generadas por este tipo de gasolina. Aun así, los datos muestran diferencias claras entre ralentí, carga media y carga máxima.

**Tabla 2**

*Datos obtenidos durante las pruebas con gasolina Eco País*

| Condición    | STFT               | LTFT               | Señal de O <sub>2</sub> |
|--------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| Ralentí      | -1,56 % a +3,91 %  | +14,84 %           | 40 a 760 mV             |
| Carga media  | -14,06 % a -3,91 % | +7,81 % a +14,84 % | 100 a 740 mV            |
| Carga máxima | 0,00 %             | +7,81 %            | 700 a 800 mV            |

*Nota.* Los valores corresponden a los registros revisados en las pruebas de ralentí, carga media y carga máxima. Las magnitudes indicadas como aproximadas se tomaron de los fotogramas visibles del escáner y del osciloscopio.

En ralentí, la gasolina Eco País presentó un régimen estable entre 683,0 y 700,0 rpm, lo que evidencia que el motor trabajó sin variaciones bruscas de giro. El STFT se mantuvo cercano a cero, entre -1,56 % y +3,91 %, por lo que la ECU no necesitó realizar una corrección inmediata elevada. Sin embargo, el LTFT permaneció en +14,84 %, valor cercano al límite de referencia utilizado en el diagnóstico, lo que indica que el sistema mantenía una adaptación positiva aprendida.

En carga media se observó una mayor actividad del sistema de control de mezcla. El sensor de oxígeno B1S1 presentó una señal más rápida y regular, con una frecuencia de 1,524 Hz, mientras que el STFT se desplazó hacia valores negativos. Esto significa que, aunque la ECU conservaba una corrección positiva a largo plazo, en algunos momentos redujo combustible de manera inmediata al detectar una condición de mezcla más rica.

En carga máxima, la señal del sensor se mantuvo principalmente en valores altos, cercanos a 0,7 y 0,8 V, con caídas ocasionales. Este comportamiento es coherente con una condición de mayor demanda del motor, donde el sistema tiende a enriquecer la mezcla para responder a la aceleración. El STFT en 0,00 % indica que la corrección inmediata fue baja, mientras que el LTFT de +7,81 % muestra una adaptación moderada.

## 4.2 Análisis Gasolina Super

La prueba con gasolina Súper permitió observar el comportamiento del sistema con un combustible de mayor octanaje. A diferencia de Eco País, se evidenció una variación entre las condiciones de operación, especialmente en los ajustes de combustible. El análisis muestra que la respuesta más estable se presentó en carga media, donde los valores STFT y LTFT fueron más cercanos a cero. Los datos de la Tabla 3 muestran los valores de STFT, LTFT y la señal del sensor de oxígeno B1S1 en cada condición de prueba, evidenciando una mayor estabilidad de los ajustes de combustible durante la carga media.

**Tabla 3**

*Datos obtenidos durante las pruebas con gasolina Súper*

| Condición    | STFT                  | LTFT                 | Señal de O <sub>2</sub>                |
|--------------|-----------------------|----------------------|----------------------------------------|
| Ralentí      | +7,03 % a<br>+15,62 % | +14,84 %             | 20 a 750 mV, pico transitorio: 2040 mV |
| Carga media  | -4,69 % a<br>+3,91 %  | +1,56 % a<br>+4,69 % | 40 mV a 1040 mV                        |
| Carga máxima | 0,00 %                | +7,81 %              | 750 a 800 mV                           |

*Nota.* En el ralentí con gasolina Súper se observó un pico transitorio de 2,040 V en el osciloscopio; por ello, la interpretación técnica considera el rango útil de la señal y no el pico aislado.

En ralentí, la gasolina Súper presentó RPM estables, pero el STFT se ubicó entre +7,03 % y +15,62 %, mientras que el LTFT permaneció en +14,84 %. Esto indica que la ECU agregó combustible tanto de forma inmediata como aprendida. Este comportamiento puede relacionarse con la adaptación previa del vehículo y con la necesidad de estabilizar la mezcla después del cambio de combustible.

En carga media, la respuesta con gasolina Súper fue la más equilibrada de las pruebas. El STFT se mantuvo entre -4,69 % y +3,91 %, y el LTFT entre +1,56 % y +4,69 %, valores próximos a cero que indican menor esfuerzo correctivo de la ECU. Además, el osciloscopio mostró una conmutación rápida y repetida del sensor de oxígeno, con una frecuencia de 1,562 Hz, lo que evidencia una respuesta activa y estable del sensor.

En carga máxima, el comportamiento fue similar al registrado con Eco País. El STFT permaneció en 0,00 % y el LTFT en +7,81 %, mientras que la señal del sensor se mantuvo en valores altos cercanos a 0,75 y 0,80 V, con picos y caídas rápidas. Esto indica que, bajo alta demanda, el sistema priorizó una mezcla enriquecida y no requirió una corrección inmediata elevada.

#### **4.3 Análisis comparativo del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible con gasolinas Eco y Super**

La comparación entre gasolina Eco País y gasolina Súper permite observar cómo varían los ajustes de combustible y la señal del sensor de oxígeno B1S1 bajo las mismas condiciones de operación del motor. En este análisis se consideraron tres estados de funcionamiento: ralentí, carga media y carga máxima. Los datos comparados corresponden a los valores registrados mediante escáner y osciloscopio durante las pruebas realizadas en el vehículo Mazda 3 2009 1.6 L.

##### ***4.3.1 Comparación de datos STFT con gasolinas Eco y Super***

La tabla presenta los valores promedio de STFT obtenidos con gasolina Eco y Súper en las tres condiciones de operación del motor. En ralentí se observa la mayor diferencia entre combustibles, mientras que en carga media la gasolina Eco muestra una corrección negativa y la Súper un valor cercano a cero. En carga máxima, ambos combustibles presentan 0.00 %, indicando una baja corrección inmediata. Los valores de la Tabla 4 permiten comparar la respuesta del STFT según el combustible utilizado y la condición de operación del motor.

**Tabla 4***Comparación de STFT con Eco y Super*

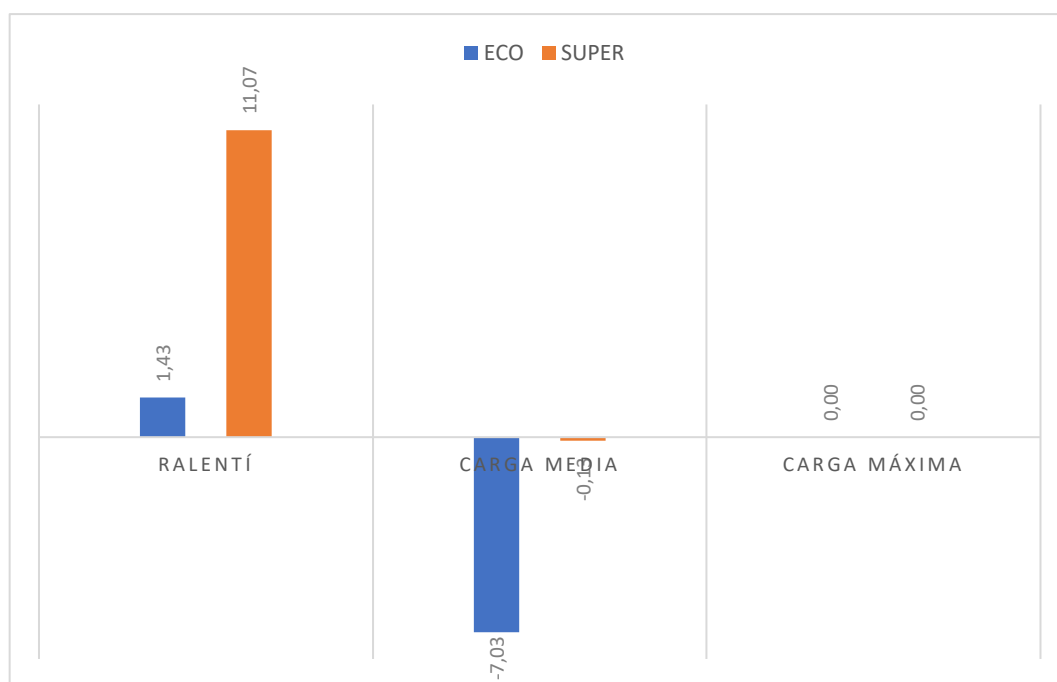
| Condición    | Eco    | Super  |
|--------------|--------|--------|
| Ralentí      | 1.43%  | 11.07% |
| Carga media  | -7.03% | -0.13% |
| Carga máxima | 0.00%  | 0.00%  |

*Nota.* En Los valores de STFT corresponden al promedio de las lecturas registradas mediante escáner durante las pruebas con gasolina Eco y Súper en cada condición de operación del motor.

El gráfico de Excel permite visualizar la diferencia de comportamiento del STFT entre ambos combustibles. En ralentí, la gasolina Súper presenta una corrección más alta, evidenciando una mayor adición de combustible por parte de la ECU. En carga media, la gasolina Eco muestra una corrección negativa, mientras que la Súper permanece cercana a cero. La comparación gráfica mostrada en la Figura 38 permite identificar las variaciones del STFT promedio entre gasolina Eco y Súper según la condición de operación del motor.

**Figura 38**

*Comparación gráfica del STFT promedio con gasolina Eco y Súper en ralentí, carga media y carga máxima.*



#### 4.3.2 Comparación de datos LTFT con gasolinas Eco y Super

La Tabla 5 presenta la comparación de los valores promedio de LTFT obtenidos con gasolina Eco y Súper. En ralentí, ambos combustibles registraron el mismo valor de 14.84 %, lo que indica una corrección positiva sostenida por parte de la ECU. En carga media se observa una diferencia más marcada, ya que con gasolina Eco el LTFT fue de 9.24 %, mientras que con gasolina Súper disminuyó a 3.91 %.

En carga máxima, los valores fueron más cercanos entre sí, con 7.81 % para Eco y 6.56 % para Súper, mostrando una adaptación positiva moderada en ambos casos. Los valores de la Tabla 5 permiten comparar la adaptación a largo plazo de la ECU con ambos combustibles, evidenciando diferencias principalmente durante la condición de carga media.

**Tabla 5**

*Comparación de LTFT con Eco y Super*

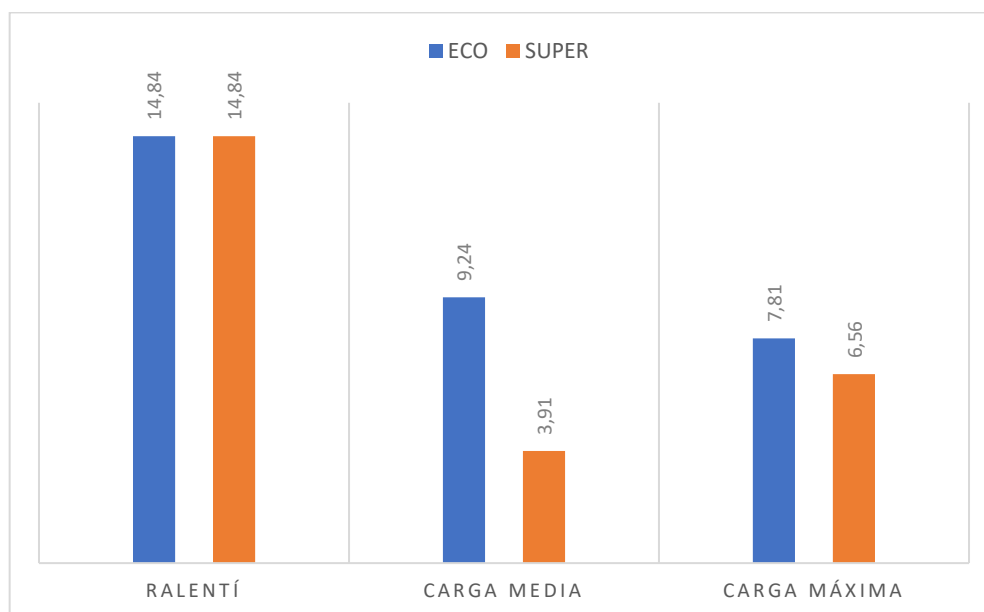
| Condición    | Eco    | Super  |
|--------------|--------|--------|
| Ralentí      | 14.84% | 14.84% |
| Carga media  | 9.24%  | 3.91%  |
| Carga máxima | 7.81%  | 6.56%  |

*Nota.* Los valores de LTFT corresponden al promedio de las lecturas registradas mediante escáner durante las pruebas con gasolina Eco y Súper en cada condición de operación del motor.

La Figura 39 permite observar gráficamente la tendencia del LTFT en las tres condiciones de operación. En ralentí, las barras de Eco y Súper tienen la misma altura, reflejando una adaptación idéntica. En carga media, la barra de Eco es más alta que la de Súper, lo que evidencia que la ECU mantuvo una mayor corrección a largo plazo con gasolina Eco. En carga máxima, ambas barras se reducen respecto al ralentí y se mantienen relativamente cercanas, indicando que, bajo mayor exigencia del motor, la diferencia entre combustibles fue menor.

**Figura 39**

*Comparación gráfica del LTFT promedio con gasolina Eco y Súper*



#### **4.3.3 Comparación de datos del sensor de oxígeno B1S1 con gasolinas Eco y Super**

La Tabla 6 presenta la comparación del voltaje promedio del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Eco y Súper. En ralentí, la gasolina Súper registró un valor mayor, con 617 mV, frente a 267 mV con gasolina Eco, lo que indica una señal más alta durante la operación de baja carga.

En carga media, la gasolina Eco presentó el valor más elevado, con 733 mV, mientras que la gasolina Súper registró 583 mV. En carga máxima, ambos combustibles mostraron los valores más altos de la comparación, con 800 mV para Eco y 840 mV para Súper, lo cual se relaciona con una mayor demanda de combustible durante la aceleración.

**Tabla 6**

*Comparación del voltaje del sensor de oxígeno B1S1 con Eco y Super*

| Condición    | Eco    | Super  |
|--------------|--------|--------|
| Ralentí      | 267 mV | 617 mV |
| Carga media  | 733 mV | 583 mV |
| Carga máxima | 800 mV | 840 mV |

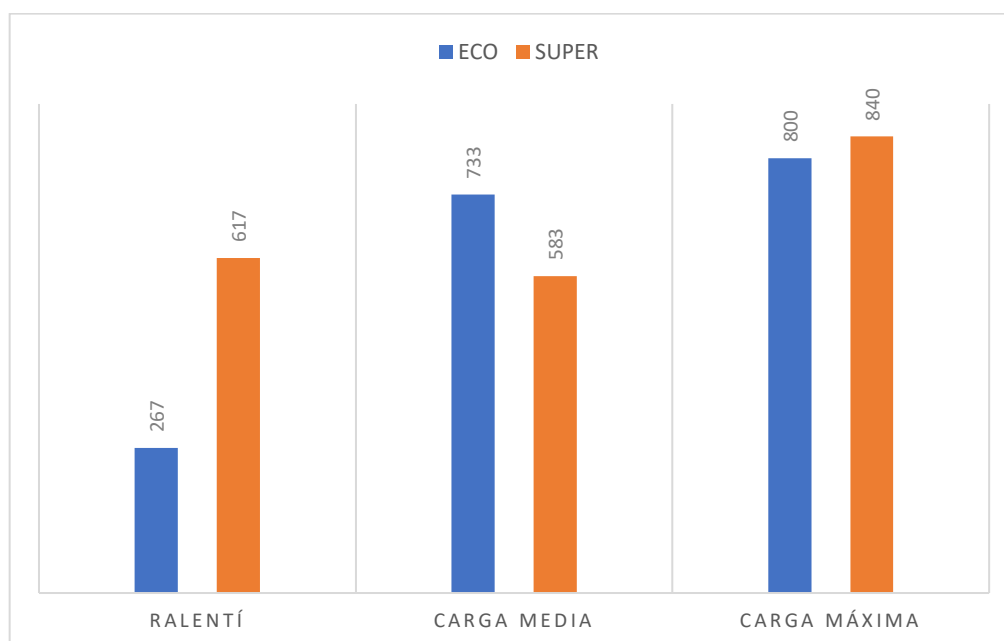
*Nota.* Los valores del sensor de oxígeno B1S1 corresponden al promedio del voltaje registrado en mV durante las pruebas con gasolina Eco y Súper en cada condición de operación.

La Figura 40 permite observar gráficamente la variación del voltaje del sensor de oxígeno B1S1 entre ambos combustibles. En ralentí, la barra de gasolina Súper es notablemente mayor que la de Eco, mientras que en carga media ocurre lo contrario, ya que Eco presenta una señal más alta.

En carga máxima, ambas barras aumentan y se mantienen cercanas, aunque la gasolina Súper alcanza el valor más alto. Este comportamiento indica que la señal del sensor respondió a los cambios de carga del motor y mostró diferencias según el tipo de combustible utilizado.

**Figura 40**

*Comparación gráfica del voltaje promedio del sensor de oxígeno B1S1 con gasolina Eco y Súper.*



## **Conclusiones**

Se determinó que el comportamiento del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible varían según el tipo de gasolina y la condición de operación del motor. La ECU adaptó continuamente la dosificación para mantener estable la mezcla aire-combustible.

La medición mediante osciloscopio y escáner permitió identificar cambios en la señal del sensor B1S1 durante ralentí, carga media y carga máxima. Ambos equipos resultaron adecuados para observar la respuesta del sistema en condiciones reales de funcionamiento.

Se comprobó que la señal del sensor de oxígeno se relaciona directamente con las correcciones de combustible. En lazo cerrado, la ECU efectuó ajustes inmediatos mediante el STFT y adaptaciones sostenidas a través del LTFT.

La comparación evidenció que las gasolinas Eco País y Súper producen respuestas diferentes en el sensor B1S1 y en la estrategia de corrección de la ECU. Estas variaciones confirman que las características del combustible influyen en el funcionamiento del sistema de inyección electrónica.

### **Recomendaciones**

Se recomienda ampliar el estudio a otros vehículos y condiciones de funcionamiento para verificar el comportamiento del sensor de oxígeno B1S1 y las correcciones de combustible con distintos tipos de gasolina.

Se sugiere utilizar equipos de diagnóstico calibrados y repetir las mediciones en condiciones similares de recorrido, temperatura y carga, con el fin de obtener registros más consistentes de la señal del sensor.

Se recomienda complementar el análisis del sensor B1S1, STFT y LTFT con parámetros como el tiempo de inyección, la relación aire-combustible y las emisiones, para interpretar mejor la respuesta de la ECU en lazo cerrado.

Se aconseja realizar nuevas comparaciones entre gasolina Eco País y Súper, controlando previamente el estado de los inyectores, la admisión y la presión de combustible, para reducir la influencia de factores ajenos al combustible.

## Referencias

- Auto Avance. (2024). *¿Por qué tu auto tiene alto consumo de gasolina?*.
- Bastidas Pilco, I. B. (2021). *Evaluación técnica del sensor de oxígeno de un motor Otto con sistema OBD II a través de un osciloscopio en función del uso de las gasolinas Eco y Super* [Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador].
- Castellanos Martínez, J. F. (2020). *Sistemas fuel injection: Escáner y norma OBDII. Sesión No. 4: Ajuste de combustible FT (Fuel Trim)*. CITEC Automotriz.
- Centro Internacional de Instrucción Técnica Automotriz [CITEC]. (2020). *Sistemas Fuel Injection: Escáner y norma OBDII. Módulo 9: Interpretación de datos en vivo “Análisis de PID’s”* [Manual de capacitación en PDF].
- Diagramaweb.com. (2024). *Diagrama sensor de oxigeno 4 cables*.
- García-Tenorio Ruiz, J. (2009). *Inyección electrónica gasolina. Sistemas de: Auxiliares del Motor - Seguridad y Confortabilidad*.
- Google. (2026). *Vista satelital de la ubicación -2.1008957, -79.901126* [Mapa]. Google Maps.
- Guasumba-Maila, J. E., Garay-Cisneros, V. A., Solís-Santamaría, J. M., & Jima-Matailo, J. C. (2021). Análisis del sistema de inyección electrónica de combustible para motor de combustión interna respecto a sus fallas y mantenimiento. *Polo del Conocimiento*, 6(1), 603–621. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i1.2167>
- Halinco. (2019). *Proceso de la combustión*.
- Impocali. (2020). *Sensores de oxígeno* [Presentación en PDF].
- Ingeniería y Mecánica Automotriz. (2020). *¿Qué es el ajuste combustible de corto y largo plazo?*
- Jiménez Pereira, D. J., Picoita Camacho, C. A., & Alvarado Rodríguez, J. V. (2020). *Respuesta del sensor de oxígeno del vehículo, con relación al uso de aditivos de combustible*.

- Martínez Gavidia, I. M. (2010). *Diseño y construcción de un módulo electrónico que controle el ingreso de combustible mediante inyectores, implementado en un motor Suzuki Forza I* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Mazda Motor Corporation. (2009). *Mazda3/Mazda3 MPS: Diagrama de cableado* (No. 5804-40-09H) [Manual técnico en PDF].
- Monzón L., R. (2022). *Sensores de oxígeno y ratio aire/combustible*. Diagnóstico en la gestión electrónica del motor.
- Moreno Guerra, H. A., & Portilla Bermeo, W. E. (2023). *Diagnóstico de fallos en la combustión de motores de encendido provocado mediante análisis de la sonda lambda* [Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte].
- Noroña-Merchán, M. V., Puente-Moromenacho, E. G., Remache-Coyago, A. P., & Freire-Rosero, T. E. (2024). Evaluation of fuel used in motorcycles circulating in Guayaquil according to Ecuadorian homologation. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo, 18(2), 136–151.
- Powell, B. K., Bailey, K. E., & Cikanek, S. R. (1998). Oxygen sensor-based air–fuel ratio control for an SI engine. IEEE Control Systems Magazine, 18(5), 72–83.
- Rocha Hoyos, J. C., & Zambrano León, V. D. (2015). *Análisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos* [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional].
- Romo Vélez, L. A. (2007). *Análisis de los sensores que determinan la estrategia del sistema de inyección en un motor encendido por chispa* [Trabajo de graduación, Universidad del Azuay].
- Salvador Morabowen, I. G. (2016). *Sensores del sistema, medición y análisis de inyección electrónica a gasolina / Cumbayá, Ecuador* [Trabajo de titulación, Universidad San Francisco de Quito USFQ].
- Tecnología del Automovil. (2022). *ASÍ FUNCIONA EL AUTOMÓVIL (I) - 1.19 Rendimiento y consumo de combustible (1/6)* [Video]. YouTube.
- Valeo. (2022). *Sonda Lambda* [Diapositivas].

Vera Valarezo, D. A., & Arias Morales, J. X. (2024). *Estudio del efecto de octanaje sobre el desempeño y emisiones del motor de combustión interna* [Trabajo de Integración Curricular, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].