



Powered by  
Arizona State University

# INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en  
Mecánica Automotriz**

**Autores:** Kendry Marcelo Jaramillo Saavedra  
Freddy Abel Chacaguasay Chacaguasay

**Tutor:** Ing. Marco Vinicio Noroña Merchán

**Diagnóstico de Fugas de Compresión de un Motor CRDi 2.5  
Turbodiésel Mediante el Uso de Medidores de Pulso en el Sistema  
de Refrigeración y Escape**



**Certificado de Autoría**

Nosotros, Kendry Marcelo Jaramillo Saavedra y Freddy Abel Chacaguasay Chacaguasay, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedemos nuestros 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.

---

Kendry Marcelo Jaramillo Saavedra

C.I: 1105562399

---

Freddy Abel Chacaguasay Chacaguasay

C.I: 0604916361

### **Aprobación del Tutor**

Yo, Marco Vinicio Noroña Merchán certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

---

Ing. Marco Vinicio Noroña, MsC.

Director de Proyecto

## **Dedicatoria**

A mis padres, cuyo amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido la fuerza motriz detrás de mi búsqueda de conocimiento y logros académicos. Su ejemplo de determinación y dedicación ha sido mi mayor inspiración.

A mis queridos hermanos/as, cuya presencia ha sido un faro de luz en los momentos oscuros, y cuyo aliento siempre ha sido un bálsamo para mi espíritu. Su fe en mi ha sido un recordatorio constante de que puedo superar cualquier obstáculo.

A mi mentor, Ing. Marco Vinicio Noroña Merchán cuya sabiduría, paciencia y orientación experta han sido fundamentales en cada paso de este viaje académico. Tus consejos siempre llegaron en el momento justo y me ayudaron a encontrar claridad en los momentos de confusión.

A mis amigos, quienes han sido mi red de seguridad emocional y fuente de alegría en los momentos de estrés y presión. Sus risas, palabras de ánimo han hecho que este viaje sea más llevadero y memorable.

A todas las personas que, de una forma u otra, han contribuido a mi formación académica y personal, les extiendo mi más sincero agradecimiento. Vuestra presencia en mi vida ha dejado una huella indeleble en mi corazón.

***Kendry Marcelo Jaramillo Saavedra***

## **Dedicatoria**

Esta tesis va dedicada a mis padres y mis hermano/as por su apoyo incondicional a lo largo de mi trayectoria académica. Por sus consejos y confianza en mí son la fuerza impulsora para llegar al objetivo de mi éxito.

Además, mi más profundo agradecimiento a mi tutor de este proyecto, por su orientación, paciencia y dedicación. Sus tutorías han sido invaluable y estoy agradecido por las innumerables horas que ha dedicado a revisar mi trabajo y proporcionar comentarios con mejoramiento continuo.

De la misma forma un agradecimiento a mi compañero de tesis por ser el equipo de trabajo de este proyecto que hemos desarrollado.

Gracias a todos por ser parte de este viaje y por hacer de él una experiencia inolvidable.

***Freddy Abel Chacaguasay Chacaguasay***

## **Agradecimiento**

Quiero comenzar expresando mi más profundo agradecimiento a Dios por haberme otorgado la sabiduría y la fortaleza necesarias para completar esta travesía académica y alcanzar mis metas profesionales. Su guía ha sido mi brújula en los momentos de duda y mi fuerza en los desafíos.

A mis padres, quienes han sido mi apoyo incondicional y mi mayor fuente de inspiración. Su amor, sacrificio y constante aliento han sido los pilares sobre los cuales he construido mi camino hacia el éxito. A mis hermanos y hermanas, les agradezco por su compañía y por estar siempre presentes en cada etapa de este viaje.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor, el Ing. Marco Noroña, por su paciencia, dedicación y sabiduría compartida a lo largo de este proyecto. Su orientación experta y su apoyo incondicional fueron fundamentales para el desarrollo de esta tesis.

A mis amigos, quienes han sido mi roca en los momentos difíciles y mi fuente de alegría en los momentos de celebración. Su amistad y su ánimo constante me han dado fuerzas para seguir adelante en esta travesía académica.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a todas las personas que de una manera u otra han formado parte de este proceso. Sus consejos, palabras de aliento y contribuciones han sido de gran valor y han dejado una marca indeleble en mi camino hacia la culminación de este proyecto.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Este logro no habría sido posible sin su apoyo, amor y confianza en mí.

***Kendry Marcelo Jaramillo Saavedra***

## **Agradecimiento**

Primero agradezco a mi Dios y mi familia por el apoyo moral y económico por su amor y apoyo incondicional que me brindaron durante la carrera. También expresar mi agradecimiento a mi tutor Ing. Marco Noroña, por su invaluable guía y apoyo a lo largo de mi investigación. Gracias por su apoyo y experiencia, esta tesis ha sido desarrollado y se ha hecho posible. También me gustaría agradecer a mis amigos que me han brindado su apoyo y aliento infinitos, durante la carrera.

¡¡¡Muchas gracias!!!

**Freddy Abel Chacaguasay Chacaguasay**

## Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice General.....	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tablas .....	xvii
Resumen.....	xviii
Abstract.....	xix
Capítulo I .....	1
Antecedentes.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema .....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2 Formulación del Proyecto.....	3
1.2.3 Sistematización del Problema.....	3
1.3 Objetivos de la Investigación .....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	4
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	4
1.4.1 Justificación Teórica .....	4
1.4.2 Justificación Metodológica.....	4
1.4.3 Justificación Practica.....	4

1.5	Delimitación de contenido.....	5
1.5.1	<i>Delimitación Temporal.....</i>	5
1.5.2	<i>Delimitación geográfica.....</i>	5
	Capitulo II.....	6
	Marco Teórico.....	6
2.1	Funcionamiento de Motor Ciclo Diésel .....	6
2.2	Funcionamiento del Turbo en Motor Diésel.....	7
2.2.1	<i>Cuidados del Turbo.....</i>	7
2.3	Compresión de un Motor Diésel.....	8
2.3.1	<i>Problemas de Compresión .....</i>	8
2.4	Sistema de Refrigeración en Motor Diésel.....	10
2.4.1	<i>Refrigeración Indirecta por Liquido de Circuito Cerrado por Convección .....</i>	10
2.4.2	<i>Refrigeración Indirecta de Circuito Cerrado con Circulación Forzada .....</i>	11
2.4.3	<i>Refrigeración Mixta .....</i>	12
2.4.4	<i>Refrigeración Mixta con Perdidas al Exterior.....</i>	13
2.4.5	<i>Refrigeración Mixta de Circuito Presurizado.....</i>	14
2.5	Sistema de Escape .....	14
2.5.1	<i>Partes del Sistema de Escape.....</i>	15
2.5.2	<i>Fallas en el Sistema de Escape .....</i>	16
2.6	Metodología Tradicional para Diagnostico de Fugas.....	17
2.6.1	<i>Diagnóstico de Perdida de Compresión de Cilindros de Motor .....</i>	17
2.6.2	<i>Diagnóstico de Fugas de Compresión con Aire Comprimido.....</i>	18
2.7	Sensores de Presión Diferencial y Osciloscopio como Equipos de Diagnostico .....	19
2.7.1	<i>Sensor de Presión Diferencial.....</i>	19

2.7.2	<i>Osciloscopio</i> .....	24
3.2	Pinza Amperimétrica .....	25
	Capitulo III.....	27
	Diagnóstico de Fugas de Compresión con Sensores de Presión Diferencial.....	27
3.1	Características del Vehículo de Prueba.....	27
3.2	Características de Equipo para Usar.....	28
3.3	Características del Osciloscopio HS 402.....	31
3.3.1	<i>Configuración General</i> .....	31
3.3.2	<i>Configuración Osciloscopio</i> .....	32
3.3.3	<i>Calibración de Osciloscopio a Nivel 0</i> .....	33
3.3.4	<i>Configuración de los Canales</i> .....	40
3.3.5	<i>Licencias de la Aplicación HScope</i> .....	41
3.3.6	<i>Configuración de Sistema</i> .....	42
3.4	Proceso de Diagnostico .....	43
3.4.1	<i>Conexión equipo HS402 a la Tablet</i> .....	43
3.4.2	<i>Adaptación de Pinza Amperimétrica</i> .....	44
3.4.3	<i>Adaptación de Sensor de Presión Diferencial al Sistema de Refrigeración</i> .....	45
3.4.4	<i>Adaptación de Sensor Diferencial al Sistema de Escape</i> .....	45
3.4.5	<i>Configuración de Osciloscopio para Proceder con el Diagnóstico</i> .....	46
3.5	Diagnostico en el Sistema de Escape .....	49
3.5.1	<i>Prueba en el Sistema de Escape con el Motor Frio</i> .....	49
3.5.2	<i>Prueba en el Sistema de Escape con el Motor Caliente</i> .....	51
3.6	Diagnostico en el Sistema de Refrigeración.....	54
3.6.1	<i>Prueba en el Sistema de Refrigeración con el Motor Frio</i> .....	54

3.6.2 Prueba en el Sistema de Refrigeración con el Motor Caliente .....	56
Capítulo IV.....	59
Análisis de Resultados de Diagnóstico de Motor .....	59
4.1 Análisis de Compresión en el Sistema de Escape .....	59
4.1.1 Análisis de Apertura Total De Válvulas de Escape.....	59
4.1.2 Análisis de Cierre de Válvulas de Escape.....	60
4.2 Análisis de Compresión en el Sistema de Refrigeración.....	62
4.2.1 Análisis de Ondas Senoidales positivas en el Sistema de Refrigeración.....	62
4.2.2 Análisis de Ondas Senoidales Negativas del Sistema de Refrigeración.....	63
4.3 Análisis Final de Diagnóstico de Fugas de Compresión de un Motor .....	65
Conclusiones.....	68
Recomendaciones .....	70
Bibliografía .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ciclo del Motor Térmico Diesel</i> .....	6
Figura 2 <i>Funcionamiento del Turbo</i> .....	7
Figura 3 <i>Válvula Sometida a Exceso de Esfuerzo</i> .....	9
Figura 4 <i>Desgaste en Vástago de Válvula</i> .....	9
Figura 5 <i>Desgaste de Rines</i> .....	10
Figura 6 <i>Circuito de Refrigeración por Termosifón</i> .....	11
Figura 7 <i>Circuito Cerrado con Circulación Forzada</i> .....	12
Figura 8 <i>Esquema de Refrigeración Mixta</i> .....	13
Figura 9 <i>Refrigeración Mixta con Perdidas al Exterior</i> .....	13
Figura 10 <i>Refrigeración Mixta de Circuito Presurizado</i> .....	14
Figura 11 <i>Ductos del Sistema de Escape</i> .....	15
Figura 12 <i>Comprobador de compresión para Motor Diésel</i> .....	18
Figura 13 <i>Comprobador de Perdida de Compresión de Cilindro</i> .....	19
Figura 14 <i>Principio de Funcionamiento del Sensor de Presión Diferencial</i> .....	20
Figura 15 <i>Forma de Onda del Sensor de Presión Diferencial en el Escape</i> .....	21
Figura 16 <i>Pulsos Senoidales en el Sistema de Refrigeración</i> .....	22
Figura 17 <i>Traslape Valvular de los Ciclos de un Motor</i> .....	24
Figura 18 <i>Eje X y Eje Y de Osciloscopio</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 19 <i>Interior Pinza Amperimétrica Automotriz</i> .....	25
Figura 20 <i>Fotografía de Vehículo para el Diagnóstico</i> .....	28
Figura 21 <i>Sensores de Presión Diferencial</i> .....	28
Figura 22 <i>Embudo Receptor de Gases</i> .....	30
Figura 23 <i>Pinza para Diagnostico de Gases</i> .....	30
Figura 24 <i>Icono de Aplicación HScope en la Tablet</i> .....	31

Figura 25 <i>Configuración General 1</i> .....	31
Figura 26 <i>Configuración General 2</i> .....	32
Figura 27 <i>Configuración de Osciloscopio</i> .....	32
Figura 28 <i>Reseteo de Fabrica de los Parámetros</i> .....	33
Figura 29 <i>Calibración Nivel cero</i> .....	33
Figura 30 <i>Unión de Caimanes en Canal 1</i> .....	34
Figura 31 <i>Calibración de Nivel Cero en Canal 1</i> .....	34
Figura 32 <i>Resultados de Calibración nivel Cero en Canal 1</i> .....	35
Figura 33 <i>Unión de Caimanes en Canal 2</i> .....	35
Figura 34 <i>Calibración de Nivel Cero en Canal 2</i> .....	36
Figura 35 <i>Resultados de Calibración Nivel Cero en Canal 2</i> .....	36
Figura 36 <i>Calibración del Multiplicador</i> .....	37
Figura 37 <i>Conexión de Caimanes en Fuente de 5 V Canal 1</i> .....	37
Figura 38 <i>Calibración del Multiplicador en Canal 1</i> .....	38
Figura 39 <i>Registro de Calibración del Canal 1</i> .....	38
Figura 40 <i>Conexión de Caimanes en Fuente de 5 V en Canal 2</i> .....	39
Figura 41 <i>Calibración del Multiplicador en Canal 2</i> .....	39
Figura 42 <i>Registro de Calibración en Canal 2</i> .....	40
Figura 43 <i>Configuración de Canales</i> .....	40
Figura 44 <i>Licencias para el Uso del Equipo</i> .....	41
Figura 45 <i>Obtención de Licencias</i> .....	41
Figura 46 <i>Selección de Carpeta de Almacenaje</i> .....	42
Figura 47 <i>Creación de Nueva Carpeta</i> .....	42
Figura 48 <i>Permiso de Acceso a la Carpeta Destinataria</i> .....	43
Figura 49 <i>Conexión de Osciloscopio por Cable</i> .....	43

Figura 50 <i>Conexión WIFI de Osciloscopio y Tablet</i> .....	44
Figura 51 <i>Colocación de la Pinza CC65</i> .....	44
Figura 52 <i>Conexión de Elementos al Radiador</i> .....	45
Figura 53 <i>Colocación de Elementos al Escape</i> .....	46
Figura 54 <i>Configuración de los Canales para Utilizar los Sensores</i> .....	47
Figura 55 <i>Utilización de Filtros para la Onda</i> .....	48
Figura 56 <i>Herramienta para Identificar el Ciclo de trabajo del Cilindro</i> .....	49
Figura 57 <i>Diagnóstico de los Picos Positivos del Sistema de Escape con Motor Frio</i> .....	50
Figura 58 <i>Diagnóstico de los Picos Negativos del Sistema de Escape con Motor Frio</i> .....	51
Figura 59 <i>Diagnóstico de los Picos Positivos del Sistema de Escape con Motor Caliente</i> .....	52
Figura 60 <i>Diagnóstico de los Picos Negativos del Sistema de Escape con Motor Caliente</i> ...	53
Figura 61 <i>Diagnóstico de los Picos Positivos del Sistema de Refrigeración con el Motor Frio</i> .....	54
Figura 62 <i>Diagnóstico de los Picos Negativos del Sistema de Refrigeración con el Motor Frio</i> .....	55
Figura 63 <i>Diagnóstico de los Picos Positivos del Sistema de Refrigeración con el Motor Caliente</i> .....	56
Figura 64 <i>Diagnóstico de los Picos Negativos del Sistema de Refrigeración con el Motor Caliente</i> .....	57
Figura 65 <i>Análisis de Voltajes de Apertura Total de Válvulas de Escape</i> .....	60
Figura 66 <i>Análisis de Voltajes de Cierre Total de Válvulas de Escape</i> .....	61
Figura 67 <i>Análisis de Voltajes de las Ondas Senoidales Positivas en el Sistema de Refrigeración</i> .....	63
Figura 68 <i>Análisis de Voltajes de las Ondas Senoidales Negativa en el Sistema de Refrigeración</i> .....	64

Figura 69 <i>Análisis Final de Fugas de Compresión en los Picos Positivos</i> .....	65
Figura 70 <i>Análisis Final de Fugas de Compresión en los Picos Negativos</i> .....	66

## Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Información de Diagnóstico</i> .....	23
Tabla 2 <i>Características de Vehículo Utilizado para el Diagnóstico</i> .....	27
Tabla 3 <i>Características de Fabricación de Sensor de Presión Diferencial</i> .....	29
Tabla 4 <i>Configuración de Osciloscopio para Diagnosticar con los Sensores</i> .....	47
Tabla 5 <i>Valores Obtenidos de los Picos Positivos del Sistema de Escape con Motor Frio</i> .....	50
Tabla 6 <i>Valores Obtenidos en los Picos Negativos del Sistema de Escape con Motor Frio</i> ....	51
Tabla 7 <i>Valores Obtenidos de los Picos Positivos del Sistema de Escape con Motor Caliente</i> .....	52
Tabla 8 <i>Valores Obtenidos de los Picos Negativos del Sistema de Escape con Motor Caliente</i> .....	53
Tabla 9 <i>Valores de Picos Positivos del Sistema de Refrigeración con el Motor Frio</i> .....	55
Tabla 10 <i>Valores de Picos Negativos del Sistema de Refrigeración con el Motor Frio</i> .....	56
Tabla 11 <i>Picos Positivos del Sistema de Refrigeración con el Motor Caliente</i> .....	57
Tabla 12 <i>Valores Obtenidos en los Picos Negativos del Sistema de Refrigeración con el</i> <i>Motor Caliente</i> .....	58
Tabla 13 <i>Análisis de Voltajes de Apertura Total de Válvulas en el Sistema de Escape</i> .....	59
Tabla 14 <i>Análisis de Voltajes de Cierre de Válvulas en el Sistema de Escape</i> .....	61
Tabla 15 <i>Análisis de Voltajes de las Ondas Senoidales Positiva en el Sistema de</i> <i>Refrigeración</i> .....	62
Tabla 16 <i>Análisis de Voltajes de las Ondas Senoidales Negativa en el Sistema de</i> <i>Refrigeración</i> .....	64

## Resumen

El presente proyecto aborda la evolución de los métodos de diagnóstico en motores de combustión, destacando tanto las técnicas tradicionales como las innovaciones recientes en la industria automotriz. Junto con métodos convencionales como el uso de compresímetros y comprobadores de fugas, se resalta el papel crucial de los sensores de pulsos de presión, también conocidos como sensores de presión diferencial, que ofrecen una capacidad ampliada de monitoreo al medir presiones en el cárter y el sistema de admisión, brindando una visión más completa del rendimiento del motor. El estudio detalla el proceso para utilizar medidores de pulso de presión en el sistema de refrigeración y escape, incluyendo la calibración del osciloscopio. Los resultados de las pruebas muestran picos de voltaje positivos y negativos en los cilindros uno y cuatro. En el sistema de escape, se observaron picos positivos de 0.727 V y 0.866 V en el cilindro uno, y de 0.624 V y 0.708 V en el cilindro cuatro, mientras que los picos negativos fueron de -0.704 V y -0.717 V en el cilindro uno, y de -0.512 V y -0.632 V en el cilindro cuatro. En el sistema de refrigeración, se registraron picos positivos de 0.063 V y 0.172 V en el cilindro uno, y picos negativos de -0.110 V y -0.181 V en el mismo cilindro. Se observaron voltajes similares en el cilindro cuatro, con picos positivos de 0.102 V y 0.178 V, y picos negativos de -0.102 V y -0.178 V. Estos resultados respaldan la conclusión de fallas de compresión en los cilindros uno y cuatro, relacionadas con problemas en las válvulas y defectos en el empaque del cabezote.

**Palabras Clave:** Diagnóstico de motores, sensores de presión diferencial, compresión, fallas mecánicas, voltajes de prueba.

### Abstract

The present project addresses the evolution of diagnostic methods in combustion engines, highlighting both traditional techniques and recent innovations in the automotive industry. Alongside conventional methods such as the use of compression gauges and leak testers, the crucial role of pulse pressure sensors, also known as differential pressure sensors, is emphasized, offering an expanded monitoring capability by measuring pressures in the crankcase and intake system, providing a more comprehensive view of engine performance. The study details the process for using pulse pressure gauges in the cooling and exhaust systems, including the calibration of the oscilloscope. Test results show positive and negative voltage peaks in cylinders one and four. In the exhaust system, positive peaks of 0.727 V and 0.866 V were observed in cylinder one, and 0.624 V and 0.708 V in cylinder four, while negative peaks were -0.704 V and -0.717 V in cylinder one, and -0.512 V and -0.632 V in cylinder four. In the cooling system, positive peaks of 0.063 V and 0.172 V were recorded in cylinder one, and negative peaks of -0.110 V and -0.181 V in the same cylinder. Similar voltages were observed in cylinder four, with positive peaks of 0.102 V and 0.178 V, and negative peaks of -0.102 V and -0.178 V. These results support the conclusion of compression failures in cylinders one and four, related to valve issues and defects in the head gasket.

**Keywords:** Engine diagnosis, differential pressure sensors, compression, mechanical failures, test voltages.

## Capítulo I

### Antecedentes

#### 1.1 Tema de Investigación

Diagnóstico de fugas de compresión de un motor CRDI 2.5 turbodiesel mediante el uso de medidores de pulso en el sistema de refrigeración y escape

#### 1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

##### 1.2.1 *Planteamiento del Problema*

La contaminación ambiental que se ejecuta por parte de los vehículos de combustión interna representa uno de los principales orígenes de los gases contaminantes que colocan en situación de riesgo la salud de las personas y el medio ambiente. Para evitar estos factores se realiza chequeos del estado técnico de los vehículos con el fin de reducir los gases contaminantes.

Los problemas en la calidad del aire son provocados por los vehículos que los conductores hacen un mal manejo en su operación, pero también esto depende del estado en que se encuentre el motor, porque si el motor está consumiendo aceite o líquido refrigerante estos líquidos se mezclan en la combustión y provocación un mayor volumen de gases contaminantes, es importante realizar diagnósticos frecuentes y mejor con la metodología que se plantea en este proyecto.

Según fuentes informativas sobre la contaminación a nivel macro y micro presentan resultados como porcentajes y la cantidad de vehículos contaminantes, para visualizar la contaminación por medio de gases de escape.

En México el sector automotor representa el 60% de la contaminación total por las partículas suspendidas en el aire que son gruesas, y por datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) se comprende que son 14,700 personas que fallecen anual con enfermedades asociadas a la contaminación ambiental. Las consecuencias son críticas por la obstrucción al

paso de la movilidad de los vehículos. Para solución del problema se opta por la movilización urbana por medio de buses de servicio público para evitar que recurran a la necesidad de movilizarse en vehículos de su propiedad, pero debido a lentitud y la inseguridad con la que se está elaborando el transporte público, las personas se reusan a esa propuesta. El 18% de emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos particulares, son la principal causa del efecto invernadero (ONU HABITAD, 2016).

Según el diario Primicias, en la ciudad de Guayaquil se encuentra circulando vehículos en la calle como quinientos mil que están matriculados, dando como resultado el 35% de vehículos particulares y un 39% de transporte público y pesado (Pesantes, 2019).

Los vehículos a nivel mundial cumplen una importancia muy alta en cuanto a contaminación ambiental, considerando que en la actualidad se volvieron una herramienta principal para el desarrollo de las personas y se encuentran en la actualidad rodando millones en las calles del mundo, lo cual incrementa cada día los niveles de contaminación ambiental. El ciclo de vida útil de un vehículo es contaminante desde el día que se lo fabrica, hasta el día en el que se recicla o abandona, por eso existen muchos modos para optimizar el uso y así reducir la contaminación (Noroña, 2018). Las zonas de mayor contaminación son todos los núcleos urbanos en los cuales hay mayor concentración de gases contaminantes debido a que se encuentra aglomerados por el tráfico vehicular que impide el libre desplazamiento de un lugar a otro. Los motores de combustión interna no solo emiten gases contaminantes al ambiente sino también material particulado que es perjudicial para el sistema respiratorio, en países desarrollados la contaminación ambiental por parte de los vehículos esta representa de un 30% a 90% de los gases contaminantes que son emitidos en el tráfico vehicular (Roldán, 2019).

El pilar para el desarrollo social y económico de las ciudades latinoamericanas que se están expandiendo de forma progresiva y se requiere de mayor movilidad, y es ahí donde el

problema con la contaminación ambiental va aumentando por consecuencia del tráfico de vehículos masivo en el centro de las ciudades, se reflejan los efectos que causa la contaminación en la sociedad y en el ambiente latinoamericano. Los mayores contaminantes son el transporte de pasajeros público porque son los medios que no descansan movilizand o miles de pasajeros a sus destinos (Rhonmer Pérez & Osal Herrera, 2019).

En la actualidad el incremento de automóviles en el sector automotriz está surgiendo de forma ascendente y requiere de talleres que realicen el mantenimiento respectivo, porque un motor en óptimas condiciones no emite gases contaminantes en exceso, debido al conocimiento escaso de las nuevas tecnologías, se implementa la medición de pulsos de presión para diagnosticar averías en el motor de una forma más eficaz, optimizando recursos y tiempo (Putra y otros, 2024).

### **1.2.2 Formulación del Proyecto**

¿La implementación de medidores de pulso en el diagnóstico del motor de un vehículo, ayudara a verificar la compresión de una forma más eficiente para valorar el estado del motor?

### **1.2.3 Sistematización del Problema**

- ¿Cómo se va a fomentar la implementación de los medidores de pulso de presión?
- ¿El equipo de diagnóstico vanguardista será manejable para que otras personas puedan ejercer el proceso de análisis?
- ¿La implementación del medidor de pulsos de presión para diagnóstico de motores resulta beneficioso para la optimización de recursos tiempo y trabajo para el técnico?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Detectar fugas de compresión de un motor CRDi 2.5 turbodiesel mediante el uso de medidores de pulso en el sistema de refrigeración y escape.

### **1.3.2 *Objetivos Específicos***

- Investigar los diferentes métodos de comprobación de un motor usando medidores de pulso.
- Desarrollar el proceso de uso de medidores de pulso en el sistema de refrigeración de un motor.
- Analizar si existe fugas de compresión en el motor en base a los oscilogramas obtenidos con los medidores de pulso.

## **1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación**

El proyecto tiene como fin abordar un panorama teórico, metodológico y práctico basado en los objetivos proyectados.

### **1.4.1 *Justificación Teórica***

La aplicación de este tipo de diagnóstico se basa en innovar las comprobaciones con el propósito de aportar a los conocimientos existentes para que este equipo genere competencias de nivel de desempeño dentro del mercado automotriz.

### **1.4.2 *Justificación Metodológica***

La implementación de medidores de pulso de presión desarrolla una nueva forma técnica y tecnológica para analizar el motor del vehículo Hyundai H, tomando en cuenta que se lleva a cabo procesos de innovación basados en investigación y a su vez sean demostrados la confiabilidad de este modo de comprobación y pueda ser aplicado dentro del campo automotriz.

### **1.4.3 *Justificación Práctica***

En países desarrollados existen equipos de comprobaciones automotriz que no se ven aplicados en nuestro entorno.

La finalidad de esta implementación es dar conocer nuevos métodos de comprobación basados en la investigación de nuevas tecnologías que lleve a la elaboración de diagnósticos, prácticos y sencillos de aplicar a los motores de combustión interna.

### **1.5 Delimitación de contenido**

Como primer punto se visualiza los procesos de diagnóstico para aplicarlos en el motor del vehículo donde se hará el uso de los equipos para detectar posibles fallas, por medio de la computadora con la aplicación del osciloscopio se comparará resultados.

#### ***1.5.1 Delimitación Temporal***

El desarrollo de este proyecto está establecido dentro de un periodo de 30 semanas que abarca desde 04 de mayo del 2023, este lapso prudente de tiempo faculta el proceso de investigación y las comprobaciones.

#### ***1.5.2 Delimitación geográfica***

El presente trabajo está establecido para desarrollarse dentro de la ciudad de Guayaquil en la Escuela de Ingeniería Automotriz perteneciente a la Universidad Internacional Del Ecuador.

## Capítulo II

### Marco Teórico

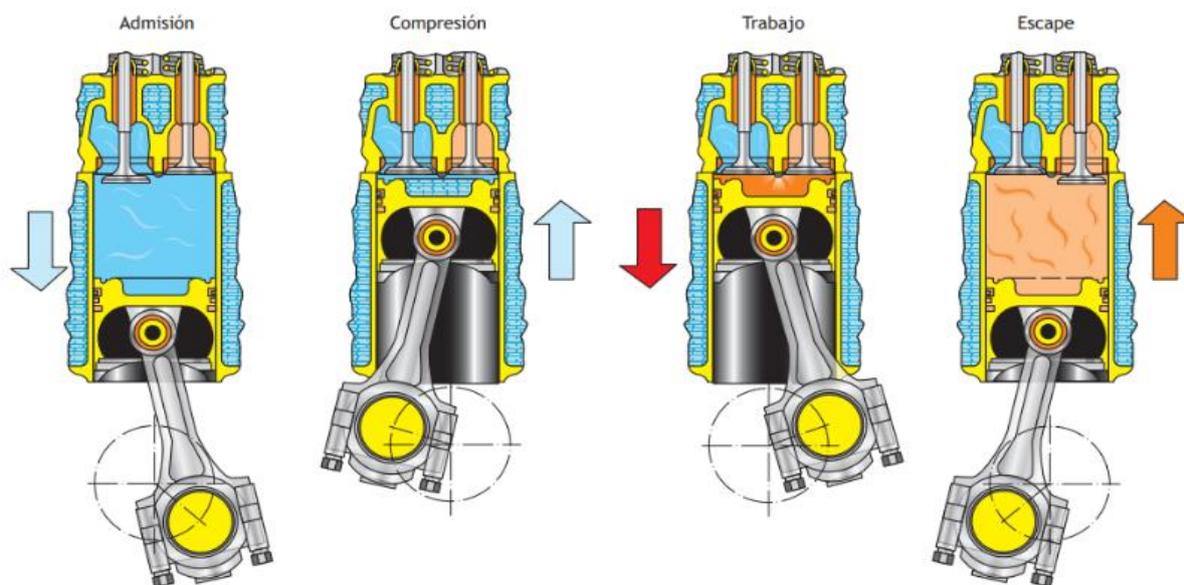
#### 2.1 Funcionamiento de Motor Ciclo Diésel

Los motores diésel requieren de mayor volumen de aire en la admisión debido a que manejan altas presiones en sus cámaras de combustión. La ignición se realiza cuando el aire es comprimido y al elevar su presión también se eleva la temperatura en el ciclo de compresión, luego el inyector libera el combustible a elevada presión para que se auto inflame y se genere la ignición. Posterior a este ciclo se genera la expansión de los gases combustionados en el cilindro y una vez concluido el ciclo de expansión se liberan los gases quemados en el ciclo de escape. (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de la Plata, 2022)

Actualmente estos motores reciben una gran cantidad de aire en el ciclo de admisión gracias a un turbo que aspira gran cantidad de aire para luego enviarlo al cilindro y se inyecte en el ciclo de admisión (García, 2017).

#### Figura 1

##### *Ciclo del Motor Térmico Diesel*



Fuente: (Escudero y otros, 2000)

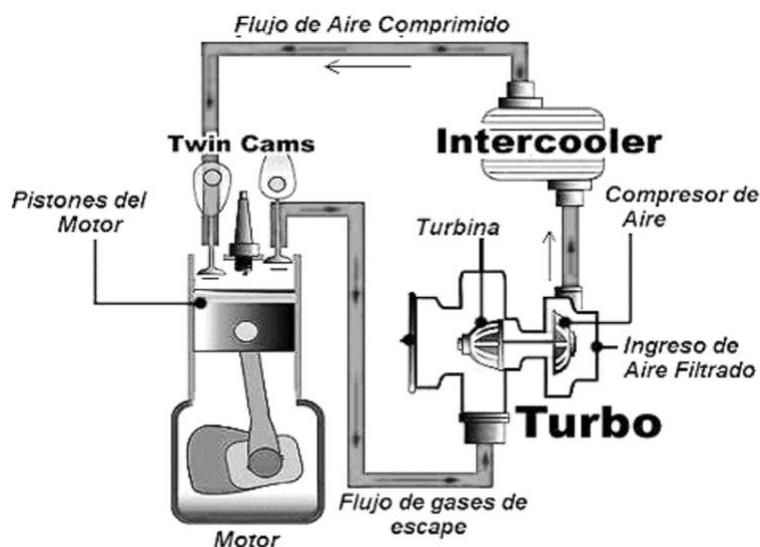
## 2.2 Funcionamiento del Turbo en Motor Diésel

El turbo es un elemento importante en motores modernos, su función es incrementar la potencia del motor y darle eficiencia al comprimir el aire ingresado a los cilindros. El turbo es accionado por la salida de gases de escape que son expulsados del motor hacia la turbina que está unida al múltiple de escape y a su vez transmite la fuerza de giro mediante un eje a la turbina compresor que está unida al múltiple de admisión comprimiendo el aire antes que ingrese a la cámara de combustión. (Autolab, 2023)

Cuando el aire es comprimido su densidad aumenta permitiendo que entre más oxígeno al cilindro en la fase de admisión. Cuando existe más oxígeno se puede inyectar más cantidad de combustible y se obtiene una combustión eficiente. En la figura 2 se observa el funcionamiento del turbo.

**Figura 2**

*Funcionamiento del Turbo*



Fuente: (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de la Plata, 2022)

### 2.2.1 Cuidados del Turbo

El turbo es el encargado de sobrealimentar el sistema de admisión con aire comprimido y si este elemento falla el motor va a perder mucha potencia. Este elemento es muy costoso de

reparar y comprar, es indispensable revisarlo con frecuencia y darle mantenimiento. (ServicioAleman, 2022)

Los cuidados que se debe tener son los siguientes:

- Antes de poner a rodar el vehículo es necesario que el motor llegue a su temperatura de trabajo y antes de apagar el motor es importante dejarlo enfriar un tiempo.
- Realizar los cambios de aceite a tiempo y utilizar filtros tanto de aceite como de aire de buena calidad.
- No realizar aceleraciones y desaceleraciones inmediatas que provoquen mucha carga al turbo. Especialmente cuando el motor esta frio.
- Evitar mantener por mucho tiempo el motor en ralentí.
- Mantenimiento programado sobre la limpieza del sistema de admisión para evitar que residuos de suciedad ingresen al turbo.

### **2.3 Compresión de un Motor Diésel**

En el cilindro se presiona un valor alto de aire entre 275 a 500 psi, con una mínima cantidad de combustible y se cumple la combustión en el cilindro. Cuando el aire es comprimido se elevada la temperatura y el inyector dispara combustible en partículas muy pequeñas permitiendo que se genere la ignición. (Prueba de Ruta, 2024)

La compresión en un motor es muy importante porque es la que permite que funcione de manera eficiente y es en esta etapa donde se aprovecha de la presión generada en el cilindro para obtener valores de 400 a 600 grados. (Prueba de Ruta, 2024)

#### **2.3.1 Problemas de Compresión**

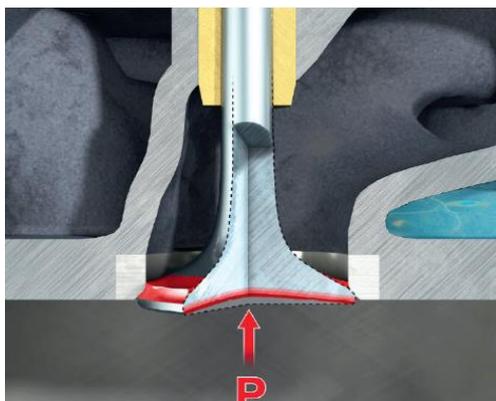
La principal señal es cuando el motor pierde potencia, el sistema de escape arroja bastante humo y también el consumo de combustible es excesivo. Todo esto es debido al esfuerzo que el motor realiza para poder compensar las pérdidas de potencia que tiene y también se presenta el consumo de líquido refrigerante. (Mobilize, 2021)

Problemas que se presenta en la compresión:

- Una mala combustión provoca fisuras o quebraduras en las válvulas como en la figura 3 debido al exceso de esfuerzo en la combustión.

**Figura 3**

*Válvula Sometida a Exceso de Esfuerzo*



Fuente: (Motorservice, 2024)

- El juego en la guía de la válvula se presenta por el desgaste por el tiempo de trabajo. Como se muestra en la figura 4.

**Figura 4**

*Desgaste en Vástago de Válvula*



Fuente: (Motorservice, 2024)

- Segmentos de pistón desgastados provocado por fallas de combustión, presiones de combustión inestables, exceso de combustible en el cilindro, partículas de suciedad debido a la falta de un filtrado de mejor calidad, como muestra la figura 5.

## Figura 5

### *Desgaste de Rines*



Fuente: (Motorservice, 2024)

- Sellos de válvulas defectuosos provocan consumo de aceite mayor, humo abundante, ruidos y lo principal que es pérdida de potencia por lo cual el motor pierde su rendimiento.

## 2.4 Sistema de Refrigeración en Motor Diésel

El motor está expuesto a altas temperaturas en sus cámaras debido a la fricción de elementos móviles que le dan vida al motor, para evitar que el aceite pierda sus propiedades y ya no cumpla la función de lubricar los elementos y evitar que estos se dilaten y se dañen. (SPG Talleres, 2022)

Se debe enfriar el motor por medio de un sistema de lubricación que tiene como objetivo regular el motor a una temperatura de trabajo para que entregue la potencia necesaria y lo mantenga en un nivel aceptable la temperatura, brindando más seguridad de que el motor del vehículo no llegue a sufrir daños severos. (SPG Talleres, 2022)

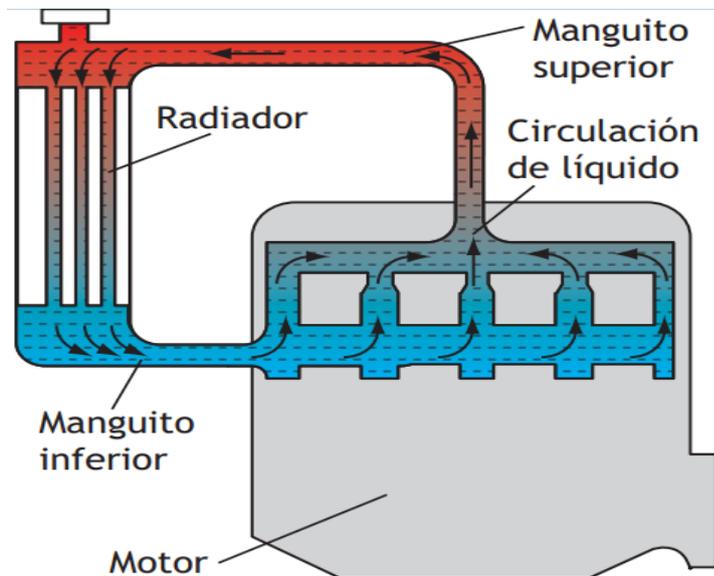
### ***2.4.1 Refrigeración Indirecta por Líquido de Circuito Cerrado por Convección***

Este sistema enfría el motor por medio de ductos internos que están en contacto con las paredes de los cilindros, como muestra la figura 6. La circulación del líquido depende de la densidad que obtenga según su temperatura, cuando el líquido se calienta en el interior del

motor es menos denso y se conduce a un radiador el cual lo enfría y el líquido vuelve a ingresar al bloque. (Escudero y otros, 2000)

**Figura 6**

*Circuito de Refrigeración por Termosifón*



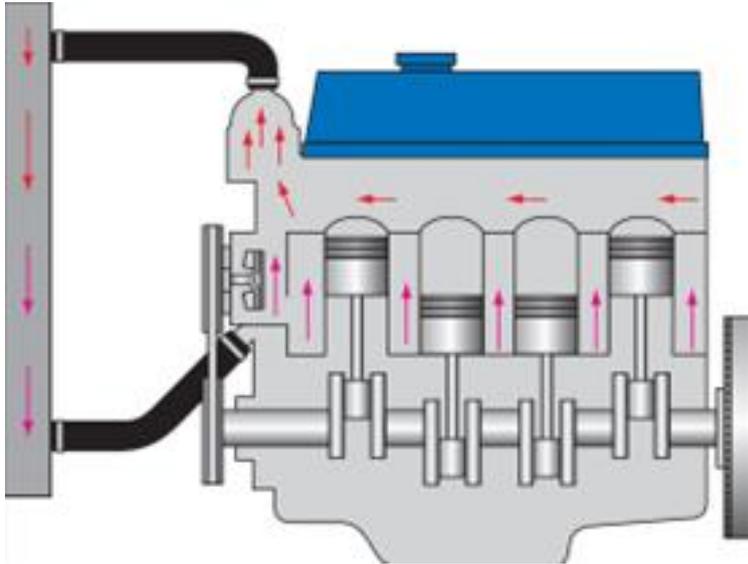
Fuente: (Escudero y otros, 2000)

#### **2.4.2 Refrigeración Indirecta de Circuito Cerrado con Circulación Forzada**

La circulación forzada se realiza mediante una bomba de agua que se encarga de guiar la circulación del líquido refrigerante dentro del sistema de enfriamiento con el fin de que el flujo de líquido sea eficiente. (Escudero y otros, 2000)

La bomba se acciona con el funcionamiento del motor, una correa tensada transmite el movimiento giratorio de la polea del cigüeñal a la polea de la bomba, este sistema no depende de la densidad del agua por la temperatura del líquido. (Escudero y otros, 2000)

El sistema por circulación forzada tiene como objetivo realizar la circulación del líquido por medio de una bomba que transporta el líquido desde el motor al radiador para que este sea enfriado y siga cumpliendo el ciclo de refrigeración, como muestra la figura 7. (Escudero y otros, 2000)

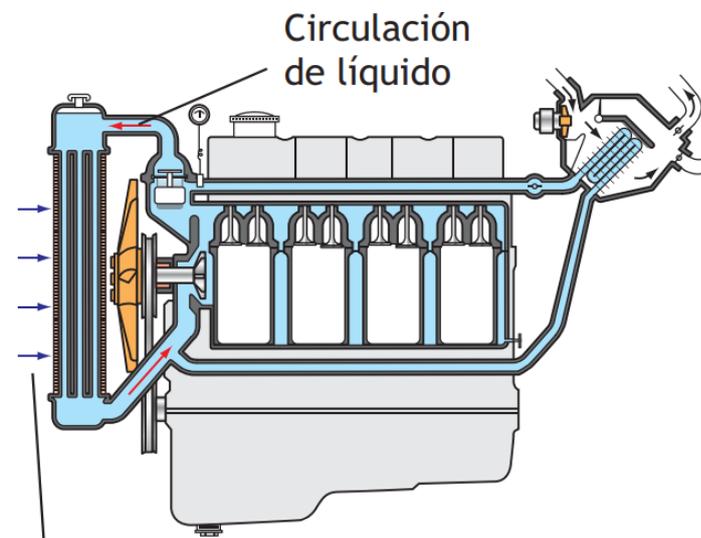
**Figura 7***Circuito Cerrado con Circulación Forzada*

Fuente: (Escudero y otros, 2000)

**2.4.3 Refrigeración Mixta**

Es una combinación del sistema de circulación forzada por bomba de agua y tiene un elemento extra que es un ventilador que ayuda a que el aire fluya por las ventoleras que tiene el radiador para mejorar la eficiencia del enfriado de líquido. (Escudero y otros, 2000)

Adicional a todo este conjunto incorpora un termostato dentro del circuito de circulación del líquido con el objetivo de ajustarla temperatura de trabajo y a la vez cuando el motor se encienda y se encuentre frío se logre llegar a una temperatura de trabajo en el menor tiempo posible y así pueda cumplir su función de la forma correcta, como se indica en la figura 8. (Escudero y otros, 2000)

**Figura 8***Esquema de Refrigeración Mixta*

Circulación de aire

Fuente: (Escudero y otros, 2000)

#### 2.4.4 Refrigeración Mixta con Perdidas al Exterior

En la tapa del radiador está situada una válvula que permite la salida de los vapores en el sistema cuando está muy caliente y a su vez permite que ingrese aire cuando el sistema está frío. Como punto negativo es que periódicamente hay que revisar y completar el nivel de líquido refrigerante dentro del sistema, como demuestra la figura 9. (Escudero y otros, 2000)

**Figura 9***Refrigeración Mixta con Perdidas al Exterior*

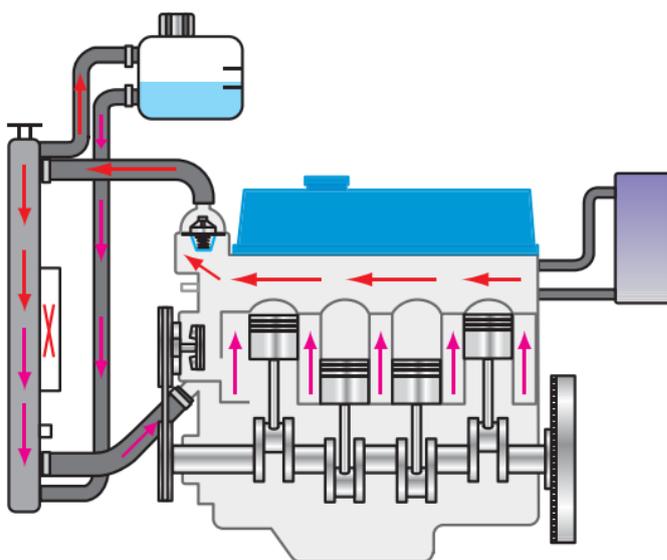
Fuente: (Castillo, 2022)

### 2.4.5 Refrigeración Mixta de Circuito Presurizado

Es un sistema que se utiliza comúnmente en nuestro medio. A diferencia del sistema anterior, se recolecta en un depósito los vapores emitidos dentro del sistema, así como se muestra en la figura 9, una vez enfriado el líquido este vuelve al sistema y se regula el nivel de forma automática evitando pérdidas de fluido. (Escudero y otros, 2000)

#### Figura 10

#### *Refrigeración Mixta de Circuito Presurizado*



Fuente: (Escudero y otros, 2000)

## 2.5 Sistema de Escape

Un motor en su ciclo de trabajo emite gases contaminantes como para el medio ambiente y para los seres humanos. Es el encargado de recibir los gases de escape y expulsarlos al ambiente con menos carga contaminante, también se encarga de reducir el ruido que proporciona el motor para enviarlos al exterior lejos de los ocupantes del vehículo. (Blázquez, 2022)

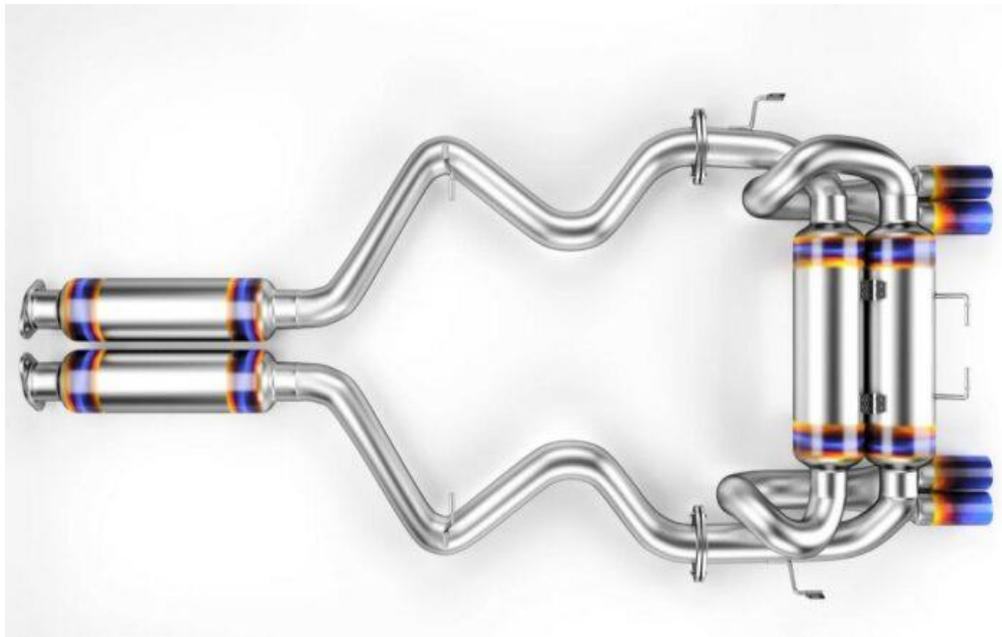
El sistema expulsa los gases de escape lejos del habitáculo por medio de sus ductos como muestra la figura 11, para evitar que lleguen los gases y partículas como:

- Monóxido de carbono.

- Dióxido de carbono.
- Dióxido de azufre.
- Óxidos de nitrógeno.
- Hidrocarburos.
- Hollín.

### Figura 11

*Ductos del Sistema de Escape*



Fuente:  
(Blázquez,

2022)

#### **2.5.1 Partes del Sistema de Escape**

El sistema de escape consta de elementos que se encargan de cumplir su función eliminando la mayoría de los gases contaminantes que arroja el motor al realizar la combustión en los cilindros. También realizan la disminución del ruido y expulsando a la final un sonido aceptable. (Blázquez, 2022)

Entre las partes del sistema de escape existen las siguientes:

- Las válvulas de escape son las encargadas de abrir y cerrar para que sea expulsado los gases combustionados en el cilindro.

- El colector de escape recibe los gases combustionados y absorbe la mayoría de calor reduciendo el ruido a la misma vez y enviarlos por un ducto al resto del sistema.
- El catalizador se encarga de convertir los gases nocivos e hidrocarburos no combustionados en vapor de agua y dióxido de carbono.
- El SCR (reducción Catalítica Selectiva) utiliza un gas conocido como amoníaco dispersa el óxido de nitrógeno en nitrógeno puro y agua.
- El sensor de oxígeno mide la cantidad de oxígeno que hay en el escape, enviando esa información a la computadora para que enriquezca o empobrezca la mezcla.
- El silenciador reduce el ruido generado en el sistema en niveles de sonido aceptables.
- El tubo de escape dirige los gases quemados al exterior lejos del habitáculo del vehículo.

### ***2.5.2 Fallas en el Sistema de Escape***

Los daños más comunes en un sistema de escape es por golpes que se han generado por carreteras o caminos en mal estado, mala conducción. Por no realizar chequeos de forma periódica constatando que todo el sistema se encuentra bien y evitar daños severos a futuro. (Fuso, 2020)

Las fallas que se presentan en los sistemas de escape son las siguientes:

- El óxido y la corrosión es el principal problema que se presenta en los sistemas de escape, posterior a eso se llega a picar o romper los ductos y se pierde la hermeticidad.
- Errores en el sensor de oxígeno, ocasionado por daños por un mal mantenimiento o por defecto.
- Daños en el silenciador o catalizador debido a golpes, corrosión o por defecto.
- Juntas del escape en mal estado.
- Obstrucción de los ductos de catalizador del escape debido al hollín provocado por la combustión del motor.

## 2.6 Metodología Tradicional para Diagnostico de Fugas

Los métodos tradicionales hasta en la actualidad se siguen aplicando para el diagnóstico de fugas de compresión en motores. Existen de diferentes maneras:

### 2.6.1 *Diagnóstico de Perdida de Compresión de Cilindros de Motor*

Con este tipo de diagnóstico se comprueba fuga por los segmentos de pistón, empaque de culata, válvulas de admisión y escape. (Lopez, 2022)

Para realizar el proceso de diagnóstico en un motor diésel se debe seguir un procedimiento el cual consta de los siguientes pasos:

- E motor debe estar a temperatura de trabajo, en el caso que se encuentre frio el motor, se lo debe poner a trabajar durante 20 minutos aproximadamente.
- Luego apagar el motor y desconectar el fusible que alimente la bomba de inyección.
- Retirar las bujías de precalentamiento para dejar libre el acceso a los cilindros con el comprobador.
- Colocar el comprobador en el orificio que se encuentra libre, ajustar el acople a la rosca.
- Importante es que otra persona de arranque al motor no más de 5 segundos y dejar descansar el motor en un intervalo de 30 segundos como mínimo, esto ayuda que la batería no sufra daños y poder llevar a cabo el diagnostico en cada cilindro.

Se debe tener en cuenta dos factores: la compresión mínima de cada cilindro y la diferencia máxima que debe haber en cada uno de ellos. En cuanto la compresión esta varía dependiendo del modelo de motor, pero no puede ser menor a 130 PSI o 9 bar. (Lopez, 2022)

Como una regla aceptable se comprende que la diferencia de compresión que debe existir entre los cilindros de un motor debe ser máximo del 10%. Si el motor presenta una presión por debajo de lo estimado, quiere decir que hay desgaste natural o una avería en el motor, el quipo es el que se muestra en la figura 12. (Lopez, 2022)

**Figura 12**

*Comprobador de compresión para Motor Diésel*



Fuente: (Lopez, 2022)

### **2.6.2 Diagnóstico de Fugas de Compresión con Aire Comprimido**

Este proceso consiste en dirigir aire comprimido a la cámara de combustión para diagnosticar estanqueidad en el cilindro, fugas de compresión por segmentos de pistón, fugas por válvulas de escape y admisión. (DPF Revival, 2024)

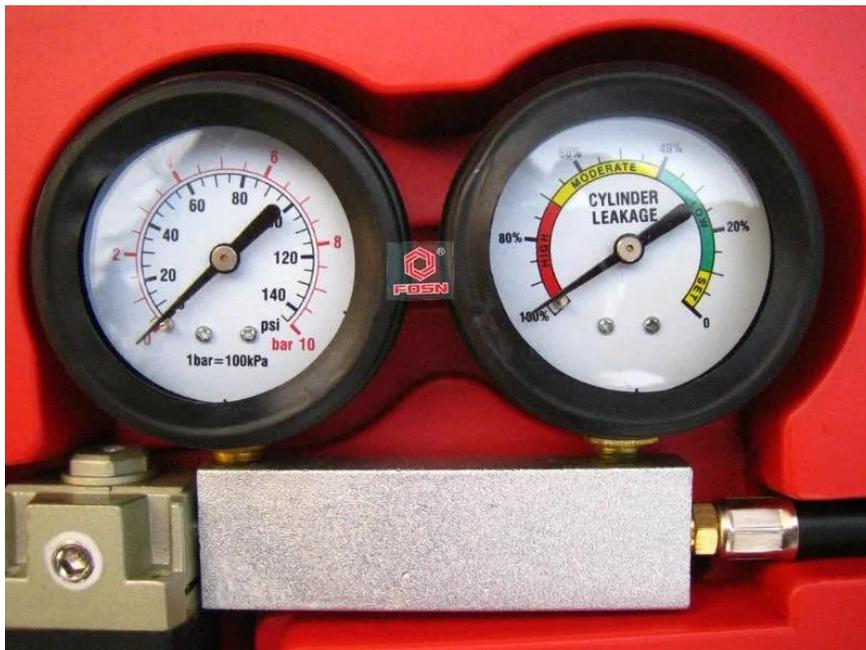
El procedimiento de diagnóstico de este equipo es el siguiente:

- El motor se debe encontrar a temperatura de trabajo.
- Apagar el motor y retirar el fusible que alimente la bomba de inyección.
- Retira la bujía de precalentamiento para dejar libre acceso para que el equipo se coloque por medio de su acople roscable.
- Girar el cigüeñal hasta que la cámara de combustión se encuentre con las válvulas de admisión y escape cerradas.
- Enviar aire comprimido por medio de la válvula de entrada que tiene el equipo de diagnóstico.

El primer reloj indica la presión de aire que está ingresando al cilindro y el segundo indica el porcentaje de pérdida de compresión del cilindro en el cual se puede observar que verde es muy bueno, amarillo aceptable y rojo significa que presenta daños graves, el equipo es el que se muestra en la Figura 13. (Mecany, 2024)

**Figura 13**

*Comprobador de Perdida de Compresión de Cilindro*



Fuente: (Mecany, 2024)

## 2.7 Sensores de Presión Diferencial y Osciloscopio como Equipos de Diagnostico

Los sensores de presión diferencial envían los pulsos obtenidos en el diagnostico al osciloscopio para que los proyecte en la Tablet por medio de la aplicación HScope y poder interpretarlos según sus características.

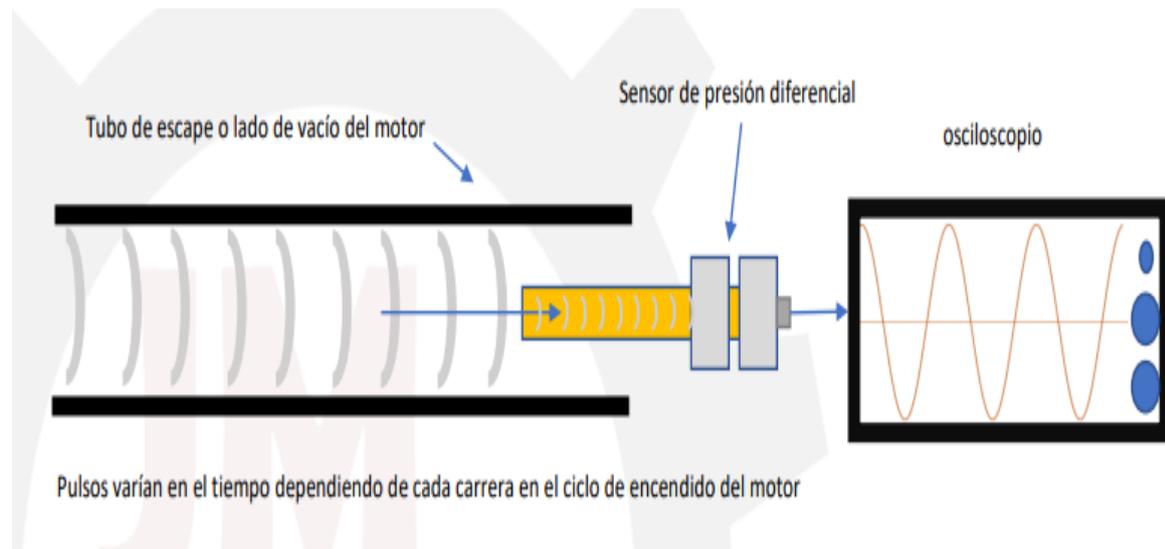
### 2.7.1 *Sensor de Presión Diferencial*

El sensor de presión diferencial capta las pulsaciones y las convierte en pulsos altos y bajos similares a una señal sinusoidal como se muestra en la figura 14. Su funcionamiento se basa en la cantidad de deformación cíclica (no permanente) o pulsos del elemento piezoeléctrico generado por presiones dinámicas. Este sensor no mide presiones estáticas. La

deformación del elemento piezoeléctrico se detiene una vez la presión convierte en estática o constante, ocasionando que no genere una carga eléctrica. Debido a que el motor de combustión produce cambios de presión dinámicos, el elemento piezoeléctrico puede medir dichos cambios. (Gomez, 2023)

### Figura 14

#### *Principio de Funcionamiento del Sensor de Presión Diferencial*



Fuente: (Gomez, 2023)

En este tipo de sistema su interpretación es que las ondas senoidales que se presenten en el osciloscopio al realizar las pruebas deben ser de picos similares. En el caso de que del sistema de escape deben presentarse parejas y no muy elevadas, ni muy bajas.

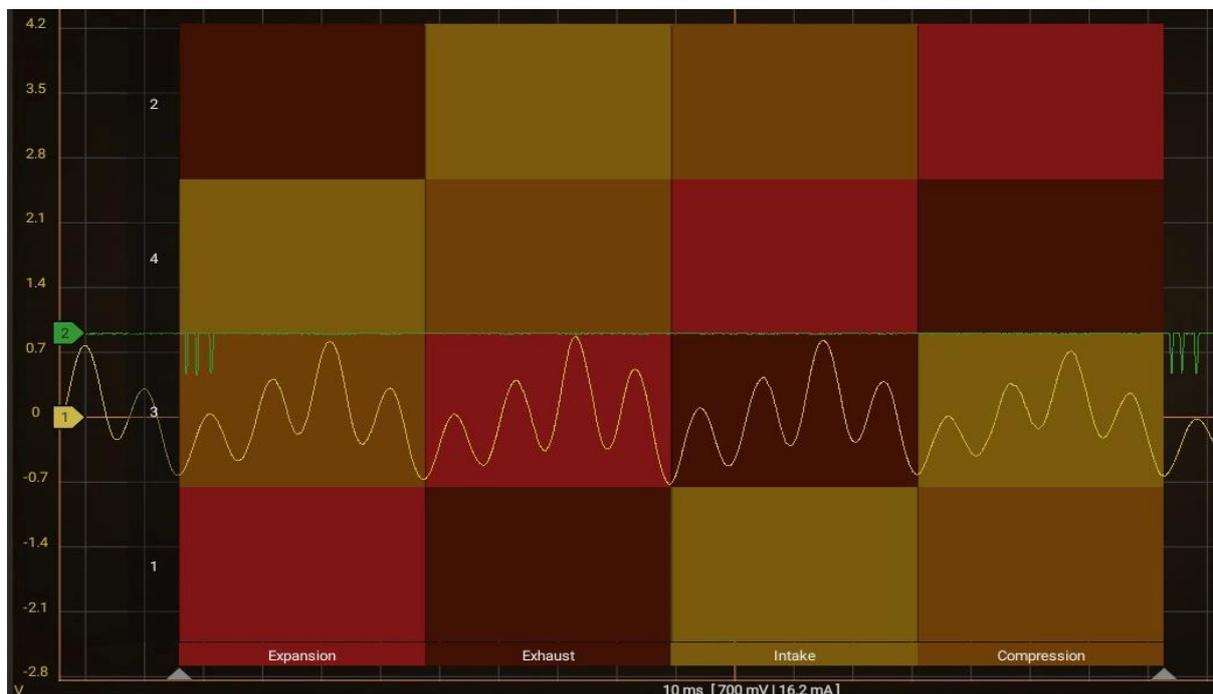
En el caso del sistema de refrigeración, de preferencia tienen que ser ondas senoidales bajas, al existir ondas senoidales altas quiere decir que se tiene una fuga ese sistema. Se debe analizar las ondas parecidas y compararlas con las que presentan la diferencia entre sus picos altos y a la vez en sus picos altos.

Las señales eléctricas que mide el sensor de presión diferencial son en forma de onda, indicando la presión positiva y presión negativa que aparecen en ciclos repetitivos y variables, en la figura 14 se muestra la forma de la onda que emite el sensor de presión diferencial:

Como se puede visualizar en la figura 15, los picos altos representan la apertura total de la válvula de escape y los picos bajos el cierre total de la válvula de escape. Los cuadros de colores sirven para identificar en que cilindro se encuentra el ciclo de escape, para identificar el ciclo está indicado en la parte baja del cuadro con su respectivo color y en el lateral izquierdo indica que cilindro es. (Gomez, 2023)

### Figura 15

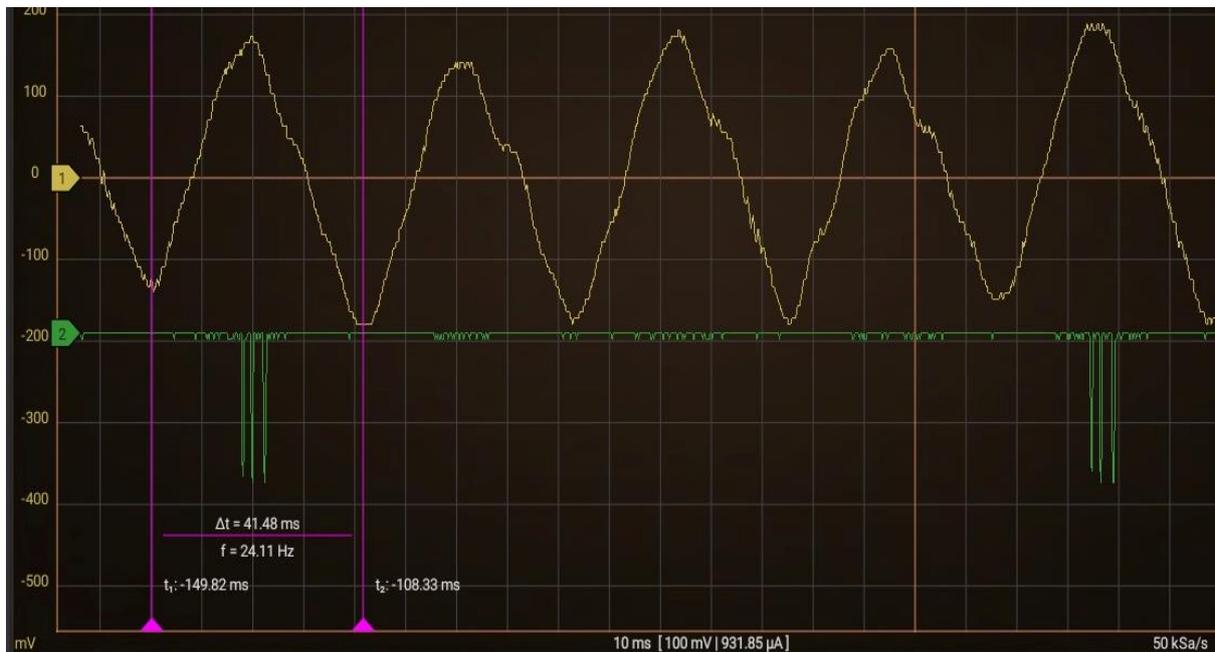
#### *Forma de Onda del Sensor de Presión Diferencial en el Escape*



Fuente: (Gomez, 2023)

El disparador es la señal de color verde la cual indica el pulso de inyección del inyector en el momento de expansión y es ahí donde debe iniciar la tabla tomando como referencia lo dicho anteriormente de la apertura y cierre de válvulas, y finaliza el cuadro donde se muestra de nuevo el pulso de inyección de combustible. (Gomez, 2023)

Los pulsos en el sistema de refrigeración se muestran de forma diferente a los de gases de escape como se puede visualizar en la figura 16.

**Figura 16***Pulsos Senoidales en el Sistema de Refrigeración*

Los picos que presentan una cresta de onda alta indica que existe una fuga de compresión en ese sistema, lo que también refleja en el valle de la onda siendo más bajo que el resto de los valles de onda.

El disparador que es de color verde se encuentra en el medio de la onda porque lo que se encuentra dentro las líneas color morado son los ciclos de compresión y expansión del cilindro 1 y del resto de cilindros es dependiendo su orden de encendido, que son los tomados en esta prueba para diagnosticar si existe una fuga de compresión en el sistema de refrigeración. (Gomez, 2023)

Para realizar una interpretación precisa de los resultados obtenidos, es fundamental llevar a cabo una comparación detallada de los datos recopilados, los cuales se encuentran presentados en la tabla 1. Esta tabla proporciona información relevante sobre las curvas generadas por el sensor de presión diferencial, diferenciado entre los distintos sistemas analizados.

**Tabla 1***Información de Diagnóstico Por Pulsos*

	<b>Sistema de escape</b>	<b>Sistema de refrigeración</b>
<b>Pulsos bajos</b>	Baja compresión	Perfecto estado de
	Fallo de inyección de diésel	hermeticidad en el sistema
	Daños en el cilindro o rines	
	Daño de válvulas de escape	
	Daño de empaque de culata	
<b>Pulsos altos</b>	Daño de válvulas de escape	Daño en el empaque de
	Daño de empaque de cabezote	cabezote
	Fallo de inyección de diésel	

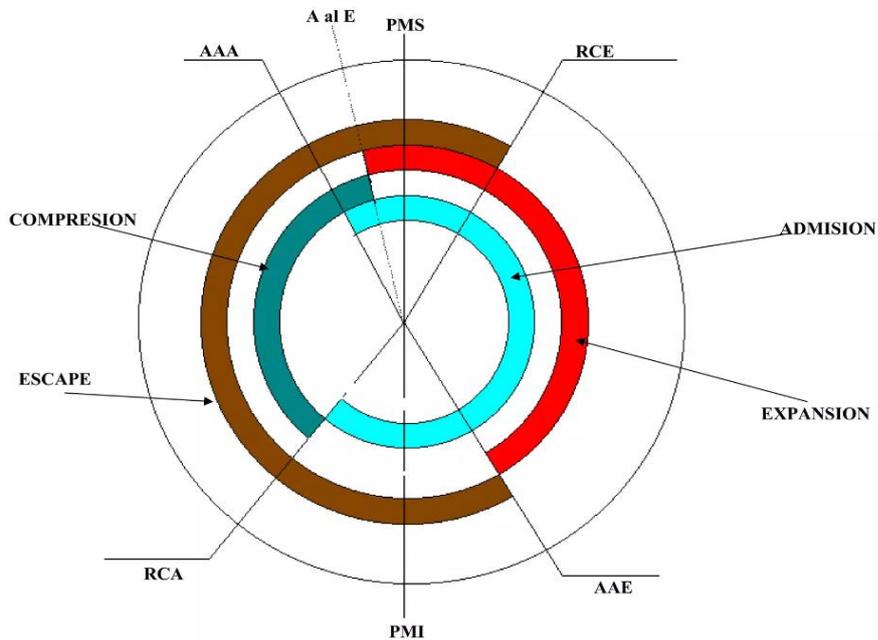
En conjunto a los pulsos se debe tomar en cuenta el cruce valvular para una mejor percepción de la posible falla que se pueda encontrar. El traslape valvular es el adelanto y atraso del cierre o apertura de las válvulas del motor con el fin de hacerlo más eficiente.

A continuación, se indica las abreviaturas mostradas en la figura 17:

- *A*. Significa admisión.
- *E*. Significa escape.
- *AAA*. Significa adelanto de apertura de admisión.
- *RCA*. Significa retraso de cierre de admisión.
- *AAE*. Significa adelanto de apertura de escape.
- *RCE*. Significa retraso de cierre de escape.
- *PMS*. Significa punto muerto superior.
- *PMI*. Significa punto muerto inferior.

**Figura 17**

*Traslape Valvular de los Ciclos de un Motor*



Fuente: (Gelgueta, 2013)

### 2.7.2 Osciloscopio

Este dispositivo tiene la tarea de mostrar una señal eléctrica en el tiempo, utilizando un sistema de ejes cartesianos bidimensionales, donde el eje X horizontal representa el Tiempo y el eje Y vertical indica el Voltaje. El osciloscopio es un instrumento que permite la visualización y medida de fenómenos oscilatorios o variables en el tiempo. (Muchoneumatico.com, 2023)

Las señales que recepta el equipo se llaman oscilogramas como los que se puede visualizar en la figura 18 y se realiza diagnósticos como:

- La forma que tiene una señal sinusoidal.
- Los voltajes máximos y mínimos en una señal.
- Que frecuencia tiene la señal.
- Las distorsiones con las que se caracteriza la señal.
- La existencia de ruido.

- Las señales alternas y directas.

**Figura 18**

*Eje X y Eje Y de Osciloscopio*



## 2.8 Pinza Amperimétrica

Una pinza amperimétrica se trata de un medidor eléctrico como el de la figura 19 muy útil ya que posibilita la medición de intensidades de corriente, en conductores con carga, sin tener que desconectar el circuito eléctrico. (Vázquez, 2022)

**Figura 19**

*Interior Pinza Amperimétrica Automotriz*



Fuente: (SEDA, 2024)

El funcionamiento de la pinza amperimétrica en corriente continua se basa en el efecto Hall. Cuando una corriente pasa por una célula semiconductor de efecto Hall, y al mismo tiempo se suministra un campo magnético de inducción perpendicular al sentido de la corriente, se obtiene en las caras laterales de la célula una tensión proporcional al valor de la inducción y de la intensidad. Esta tensión es la tensión de efecto Hall. (Vázquez, 2022)

### Capítulo III

#### Diagnóstico de Fugas de Compresión con Sensores de Presión Diferencial

Los sensores de presión diferencial mediante su membrana sensible, desempeña la función de captar los gases máximos y mínimos. Este dispositivo se distingue por su capacidad para identificar fugas de gases de escape que podrían pasar desapercibidas para otros equipos de detección de fugas.

#### 3.1 Características del Vehículo de Prueba

Para llevar a cabo la comprobación requerida, es necesario que el sistema de escape del vehículo se encuentre en óptimas condiciones, sin ninguna perforación que pudiera provocar fugas de los gases de escape.

Es importante destacar que el vehículo presenta un consumo mínimo de líquido refrigerante en condiciones de trabajo continuo. Los detalles del vehículo se encuentran en la tabla 2 adjunta.

**Tabla 2**

*Características de Vehículo Utilizado para el Diagnóstico*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Marca</b>	Mazda
<b>Motor</b>	2.5 Turbodiésel CRDi
<b>Año de fabricación</b>	2016
<b>Cantidad de cilindros</b>	4
<b>Kilometraje</b>	312980 km
<b>Inyección</b>	Diesel Common Rail

El diagnóstico se efectúa en el vehículo presentado en la figura 20.

## Figura 20

*Fotografía de Vehículo para el Diagnóstico*



### 3.2 Características de Equipo para Usar

En este apartado se muestra los equipos y sus características para realizar el diagnóstico y para qué sirve cada implemento.

Las características de los implementos son las siguiente:

#### 3.2.1 Características del Sensor de Presión Diferencial

El sensor de presión diferencial que se utiliza en este proyecto son los de la figura 21.

## Figura 21

*Sensores de Presión Diferencial*



Se caracteriza por poseer una membrana de alta precisión la cual en conjunto de otros elementos arrojan valores que con otros equipos de diagnóstico son difícil de encontrar, los elementos de acople deben ser colocados según el tipo de diagnóstico para lograr obtener valores reales y significativos.

Las características de fabrica del sensor de presión diferencial son las siguientes que se muestra en la tabla 3:

**Tabla 3**

*Características de Fabricación de Sensor de Presión Diferencial*

<b>Descripción</b>	<b>Características</b>
<b>Estructura del sensor</b>	Encapsulado en PVC y protección externa de aluminio
<b>Diámetro</b>	44mm
<b>Longitud</b>	90mm
<b>Sensor piezo-eléctrico</b>	Activado por pulsos de aire
<b>Voltaje máximo</b>	30 voltios
<b>Capacidad</b>	30 nF +/- 30 %
<b>Rango de frecuencia operativa</b>	1 Hz a 40 kz

El sensor de presión diferencial en su integración con otros componentes proporciona las funcionalidades requeridas para su aplicación en entornos específicos, permitiendo así la realización de comprobaciones en diversos sistemas.

Los acoples que dispone son para captar los gases necesarios para que puedan ser censados y reflejados en oscilogramas, y posterior a eso se realice la comparación de datos.

A continuación, se muestra los elementos y su función:

- *El embudo receptor de gases.* Es de caucho flexible y es para colocarlo en la tapa de radiador, sirve para detectar los gases dentro del radiador, el modelo de embudo de caucho flexible es el mostrado en la figura 22.

### **Figura 22**

*Embudo Receptor de Gases*



- *Pinza con manguera.* Sirve para diagnosticar gases de escape de motor, detecta fallos en válvulas, empaque o sobrealimentación de combustible, en la figura 23 se muestra la pinza.

### **Figura 23**

*Pinza para Diagnostico de Gases*



### 3.3 Características del Osciloscopio HS 402

Las características del osciloscopio deben ser configuradas en la aplicación que está situada en la tablet de nombre HScope la que se muestra en la figura 23 para obtener un mejor diagnóstico y preciso.

**Figura 24**

*Icono de Aplicación HScope en la Tablet*

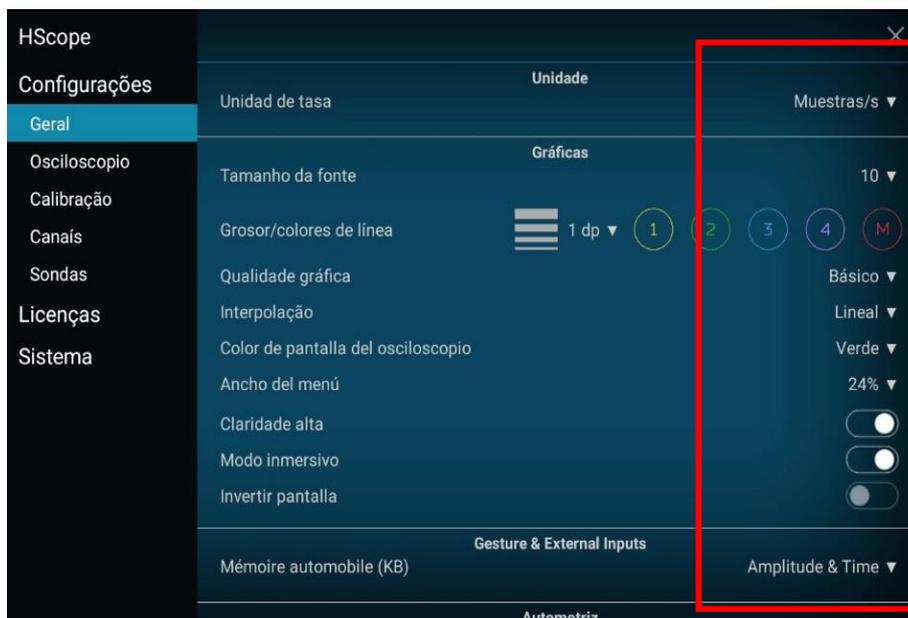


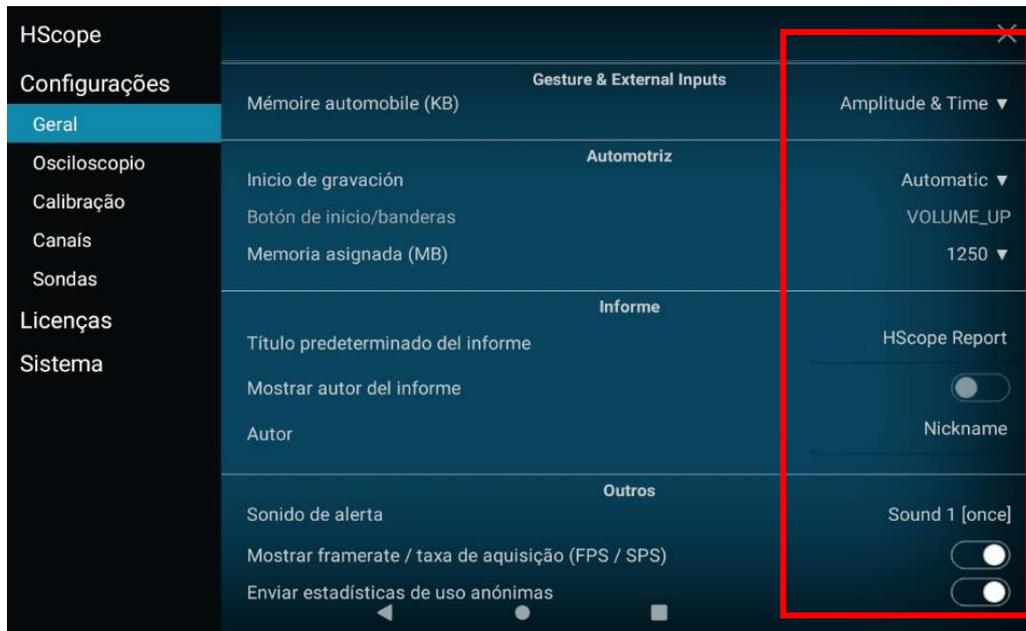
#### 3.3.1 Configuración General

Para realizar esta configuración de preferencia se debe colocar tal y como se muestra en la figura 25 y 26, para un mejor desarrollo de la aplicación y en memoria asignada (MB) colocar la más alta según la capacidad de la tablet. En caso de cambiar de dispositivo la aplicación y las licencias seguirán en la cuenta aplicada en el dispositivo.

**Figura 25**

*Configuración General 1*



**Figura 26***Configuración General 2***3.3.2 Configuración Osciloscopio**

En la sección osciloscopio activar la conexión wifi en conexión debido a que es la más viable para la conexión con el dispositivo, tal como se muestra en la figura 27.

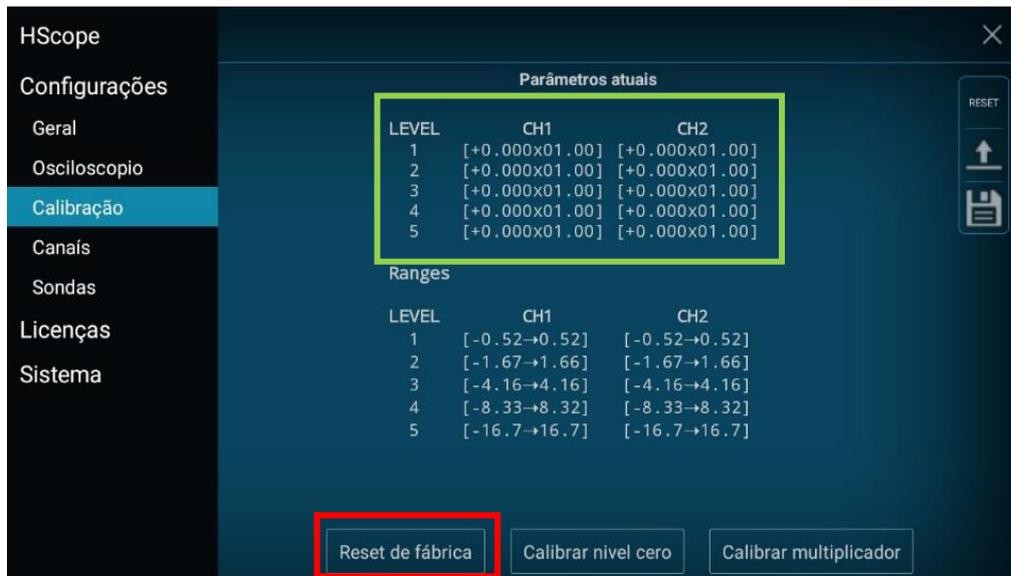
**Figura 27***Configuración de Osciloscopio*

### 3.3.3 Calibración de Osciloscopio a Nivel 0

Para realizar la calibración seleccionar en calibración, luego seleccionar Reset de fábrica. Observar que los valores estén como los del cuadro verde de la figura 28 al resetearlo.

**Figura 28**

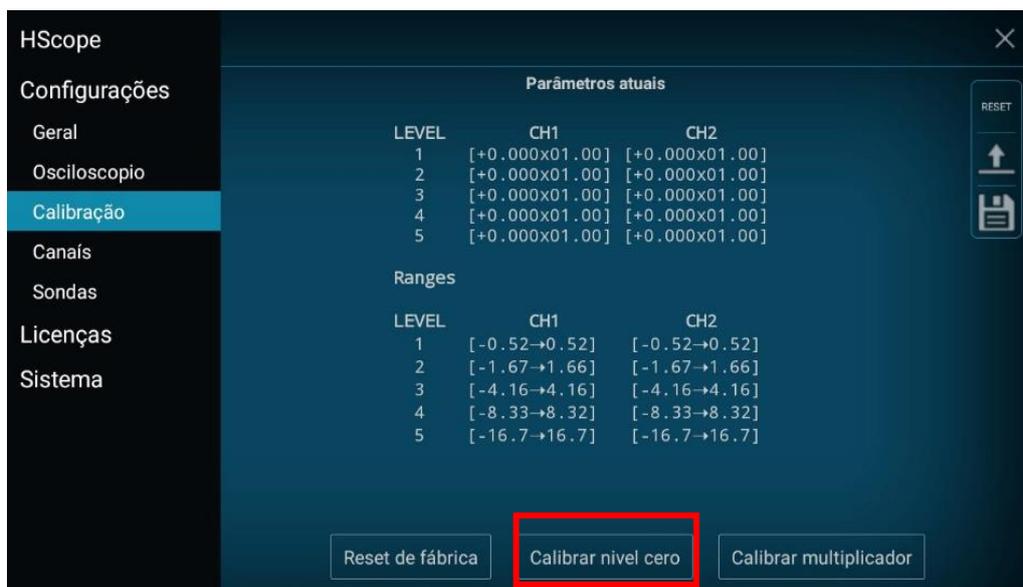
*Reseteo de Fabrica de los Parámetros*



El siguiente paso es seleccionar Calibrar nivel cero, lo indica el cuadro rojo en la figura 29.

**Figura 29**

*Calibración Nivel Cero*



Conectar la sonda con acople BNC (Bayonet Neill-Concelman) a banana al Canal 1, se coloca los caimanes en los acoples banana y se los une entre si hasta que se termine el procedimiento de nivel cero, tal y como en la figura 31.

**Figura 30**

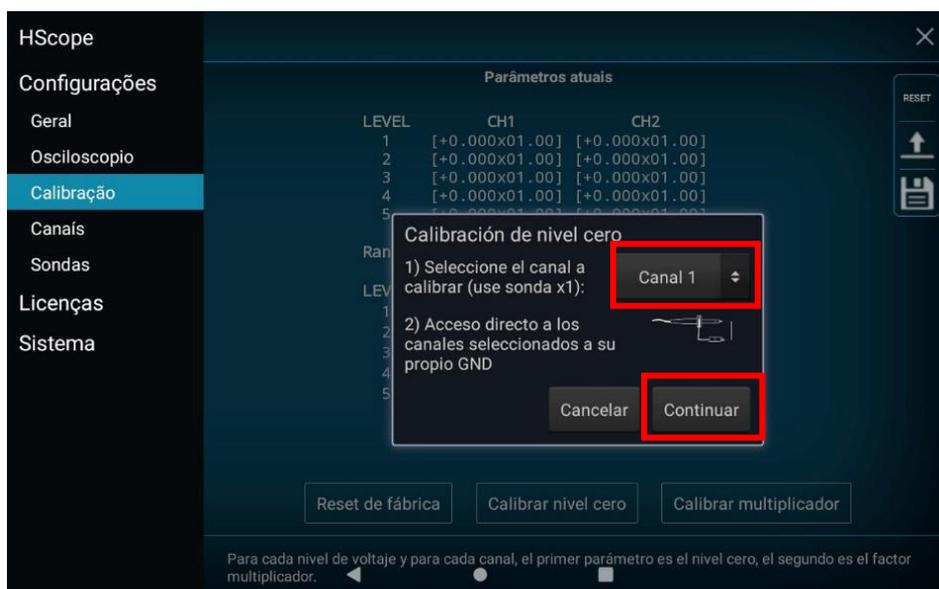
*Unión de Caimanes en Canal 1*



En el paso 1 seleccionar el canal 1. En el paso 2 se aplasta en continuar luego de juntar los caimanes, así como lo indican los cuadros rojos de la figura 31.

**Figura 31**

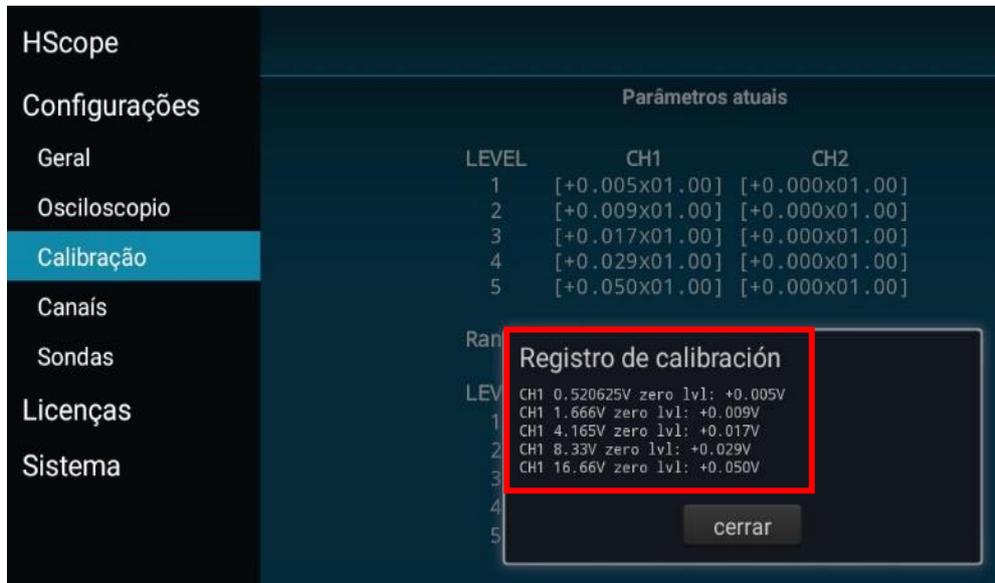
*Calibración de Nivel Cero en Canal 1*



Al terminar la calibración del canal 1 se debe revisar los resultados en el registro de calibración y deben ser igual a la figura 32.

**Figura 32**

*Resultados de Calibración nivel Cero en Canal 1*



Siguiente paso es calibrar el nivel cero en el canal 2 repitiendo los mismos pasos que el anterior, uniendo los caimanes del canal 2, así como en la figura 33.

**Figura 33**

*Unión de Caimanes en Canal 2*



En el primer paso de calibración en nivel cero, seleccionar el canal 2 y continuar con el proceso, como lo indica los cuadros rojos de la figura 34.

**Figura 34**

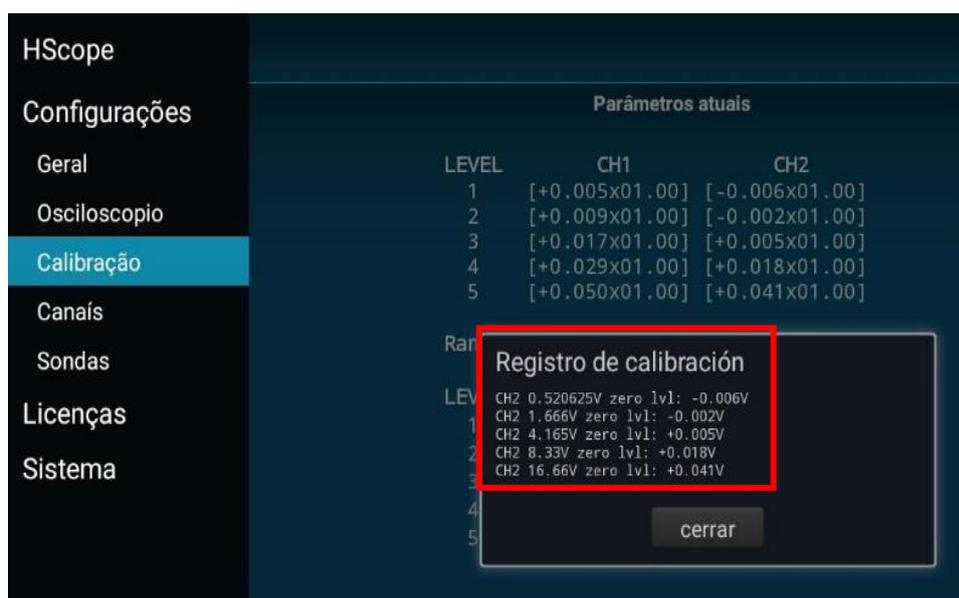
*Calibración de Nivel Cero en Canal 2*



Al terminar el proceso se debe verificar que los resultados sean iguales a los mostrados en la figura 35.

**Figura 35**

*Resultados de Calibración Nivel Cero en Canal 2*



Calibración del multiplicador en 5 voltios. Esta calibración consiste en que el multiplicador debe reconocer los 5 voltios de corriente continua que va a suministrarle un cargador de celular. Se debe seleccionar el botón mostrado en la figura 36.

**Figura 36**

*Calibración del Multiplicador*



Unir los caimanes con el polo correspondiente al color de cable, rojo con rojo y negro con negro. Siempre y cuando el suministro de 5 v esté conectado al tomacorriente. La unión se debe realizar, así como en la figura 37.

**Figura 37**

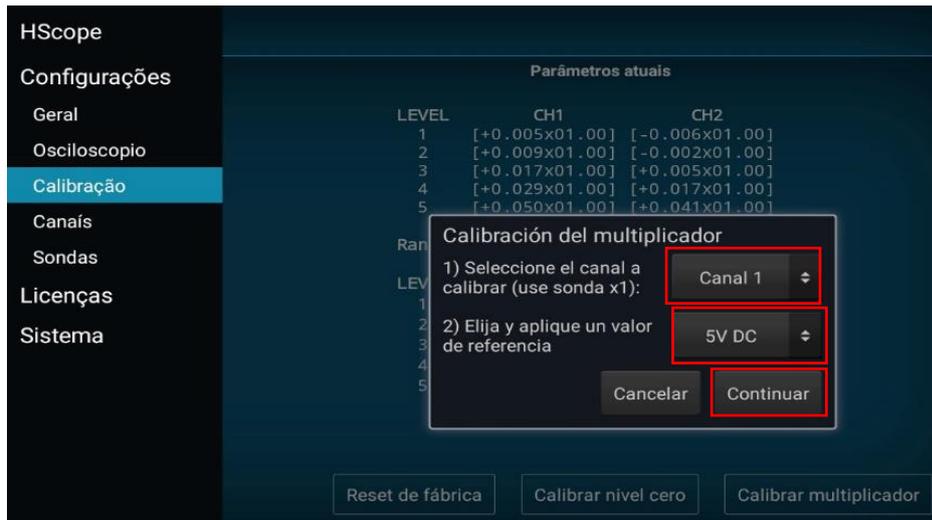
*Conexión de Caimanes en Fuente de 5 V Canal 1*



En calibración del multiplicador, en el primer paso seleccionar el canal uno, en el segundo paso seleccionar el voltaje que este caso es 5 voltios y continuar siempre y cuando este el suministro de voltaje conectado a los caimanos, así como se muestra en la figura 38.

**Figura 38**

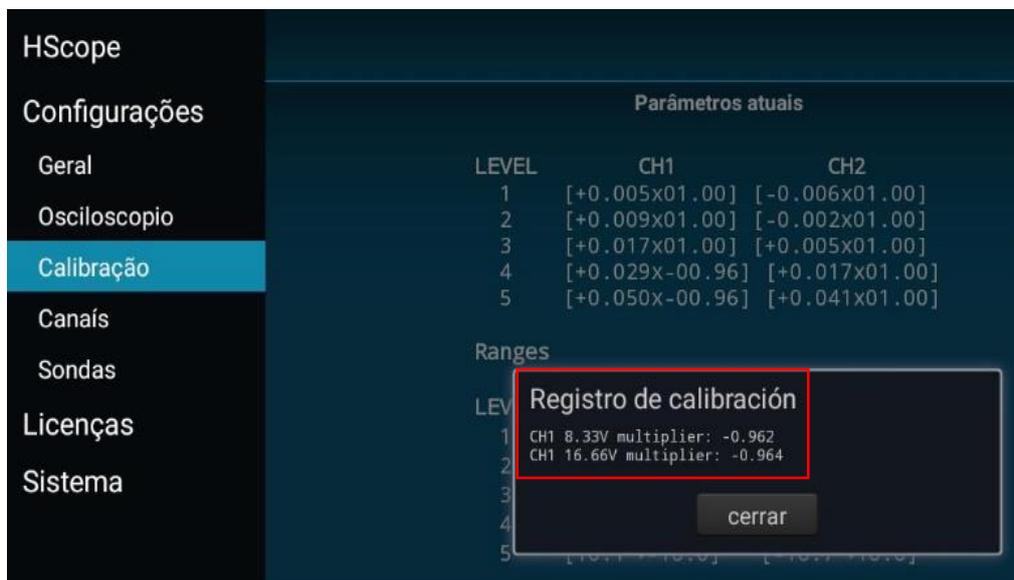
*Calibración del Multiplicador en Canal 1*



Luego de este proceso revisar el registro de calibración, los resultados que se visualicen en la pantalla deben ser iguales a los de la figura 39.

**Figura 39**

*Registro de Calibración del Canal 1*



Para calibrar el multiplicador del canal 2 se debe repetir los mismos pasos que el procedimiento anterior en el canal 1, así como indica la figura 40.

**Figura 40**

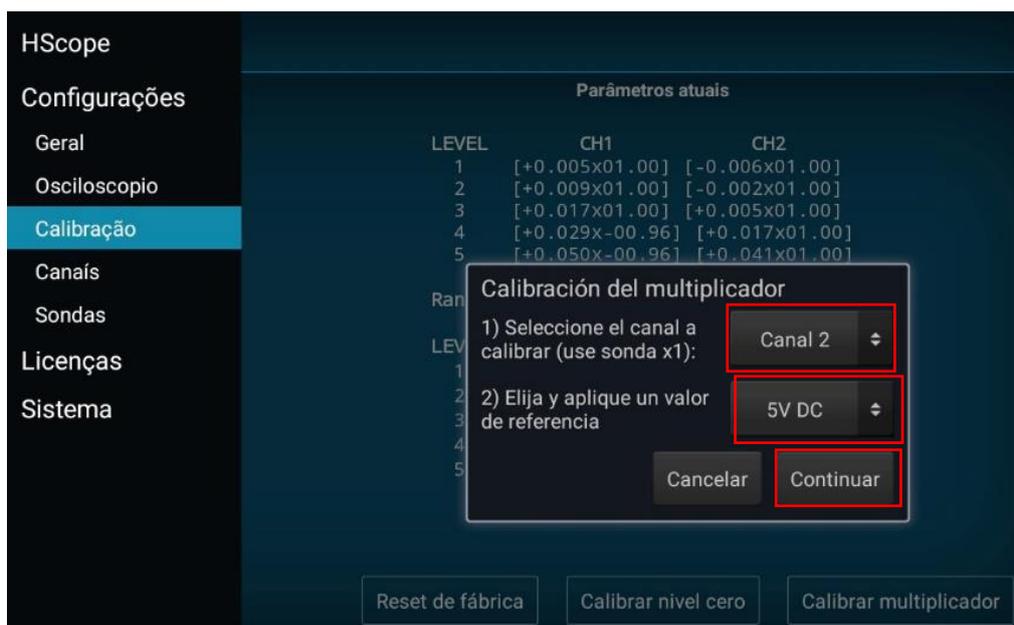
*Conexión de Caimanes en Fuente de 5 V en Canal 2*



Seleccionar el canal 2 en calibración del multiplicador, luego elegir el voltaje de 5 voltios dc, hacer click en continuar para avanzar con el proceso, como lo indica en los cuadros rojos de la figura 41. Verificar que los caimanes estén conectados a la fuente de voltaje.

**Figura 41**

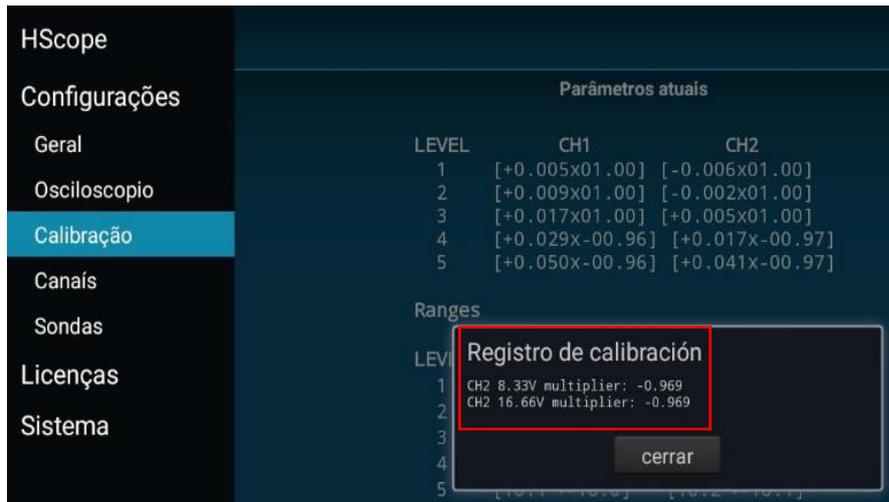
*Calibración del Multiplicador en Canal 2*



Posterior a este procedimiento revisar el registro de calibración y revisar cada uno de los valores para verificar si la calibración fue exitosa, así como en la figura 42 en el cuadro de color rojo.

**Figura 42**

*Registro de Calibración en Canal 2*

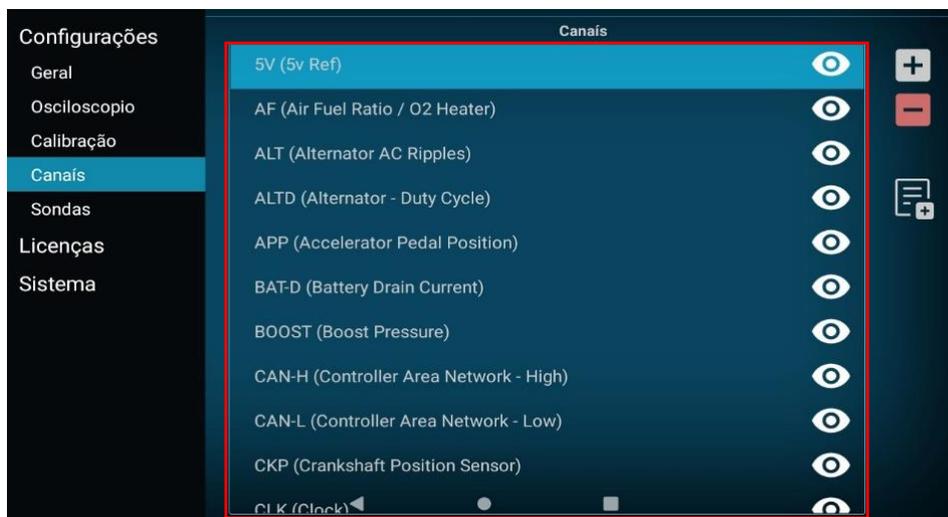


### 3.3.4 Configuración de los Canales

La configuración de canales por recomendación se debe dejar la estructura de cada sección tal como se muestra en la figura 43.

**Figura 43**

*Configuración de Canales*

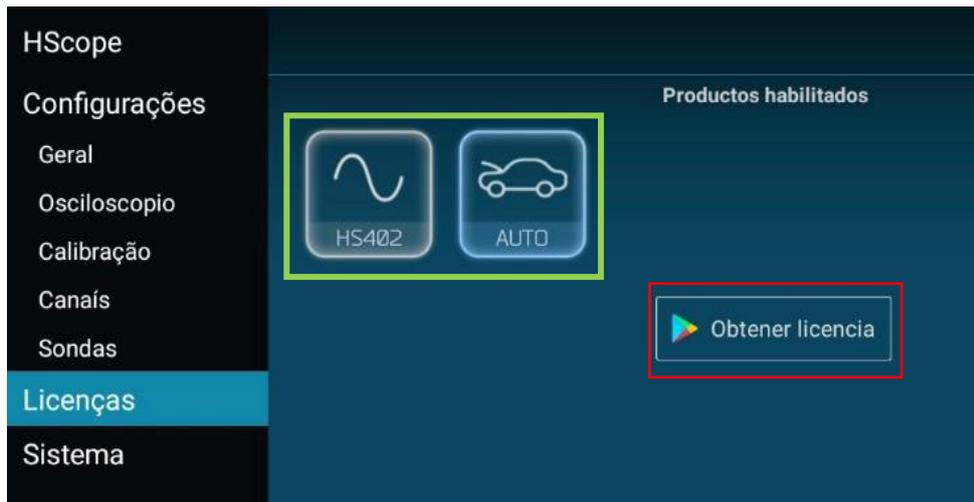


### 3.3.5 Licencias de la Aplicación HScope

Las licencias del programa se obtienen comprando en la playstore seleccionando donde dice Obtener licencia. Las licencias son las que se muestra en la figura 44 en el cuadro verde.

**Figura 44**

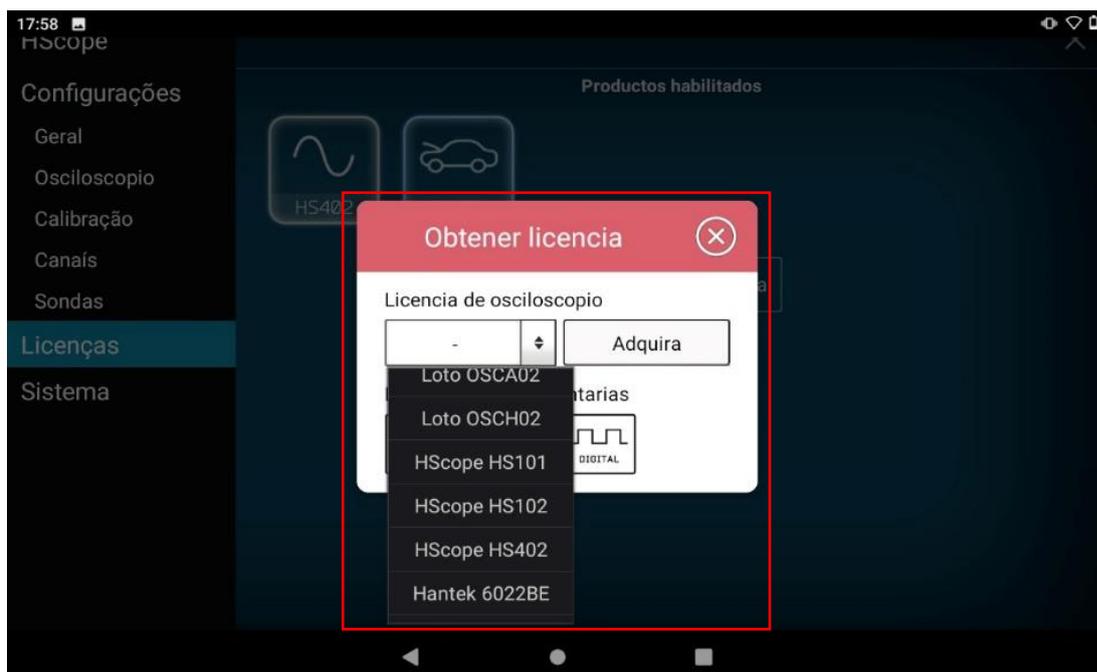
*Licencias para el Uso del Equipo*



Luego seleccionar la licencia hs402 y auto, en la figura 45.

**Figura 45**

*Obtención de Licencias*



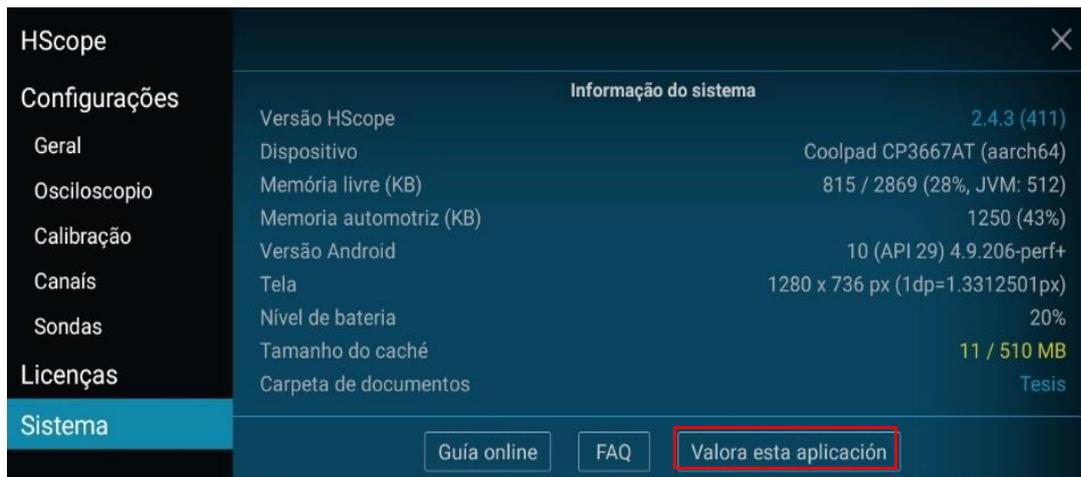
### 3.3.6 Configuración de Sistema

En este paso se debe establecer una carpeta para que toda la información que se recopile se guarde en una carpeta del dispositivo, la que indica el cuadro rojo de la figura 46.

En información de sistema hacer click en carpeta de documentos.

**Figura 46**

*Selección de Carpeta de Almacenaje*



En la ventana que refleja la figura 47 se debe crear una carpeta con un nombre personalizado

**Figura 47**

*Creación de Nueva Carpeta*



Luego de crear la carpeta se debe abrir y permitir el acceso a ella seleccionando el botón digital inferior, así como indica la figura 48.

### Figura 48

*Permiso de Acceso a la Carpeta Destinataria*



### 3.4 Proceso de Diagnostico

Existen dos tipos de conexiones del osciloscopio a la tablet con la aplicación:

#### 3.4.1 Conexión equipo HS402 a la Tablet

- Conexión por cable, es la forma directa y de conexión más segura, como en la figura 49.

### Figura 49

*Conexión de Osciloscopio por Cable*



- Conexión vía wifi, alimentando de energía al osciloscopio con una power bank y buscando la red con el nombre HS402 se conectan los dispositivos. Como indica la figura 50.

**Figura 50**

*Conexión WIFI de Osciloscopio y Tablet*



### 3.4.2 Adaptación de Pinza Amperimétrica

Seleccionando la pinza amperimétrica hantek cc65 y colocando la perilla de encendido en 1mV/100mA, se abraza con la tenaza cualquiera de los dos cables del inyector como se muestra en la figura 51.

**Figura 51**

*Colocación de la Pinza CC65*



Este paso es solo para identificar el inyector que va a dar referencia del cilindro que se está combustionando para según el orden de encendido comprender a que cilindro pertenecen las curvas en las gráficas del osciloscopio.

### ***3.4.3 Adaptación de Sensor de Presión Diferencial al Sistema de Refrigeración***

Al sistema de refrigeración se lo diagnostica con la combinación del sensor de pulsos y el embudo flexible ubicándolo en la boquilla del radiador, previamente retirado una pequeña cantidad de líquido refrigerante para que no logre llegar el líquido hasta el sensor de pulsos y se dañe. El sensor de pulso es preferible colocarlo elevado para que no logre ingresar liquido a su interior, tal y como en la figura 52.

#### **Figura 52**

*Conexión de Elementos al Radiador*



### ***3.4.4 Adaptación de Sensor Diferencial al Sistema de Escape***

Para el sistema de escape se utiliza el sensor de pulsos junto a la pinza con la manguera incorporada se debe introducir una parte de la manguera y sostener la pinza en la punta del

escape. Es recomendable limpiar un poco el hollín que se puede encontrar en la punta de escape para evitar que, entre esa suciedad al sensor, así como en la figura 53.

De preferencia no dejar que el sensor quede inclinado hacia el suelo, se debe elevar para evitar que se llegue a golpear o logre ingresar el agua que sale por el tubo de escape.

### **Figura 53**

#### *Colocación de Elementos al Escape*



#### **3.4.5 Configuración de Osciloscopio para Proceder con el Diagnóstico**

Luego de conectar el equipo a los sensores de diagnóstico se debe configurar los canales 1 y 2 según el sensor a utilizar. En el caso de la pinza amperimétrica CC65 existen dos opciones (cc65-100 y cc65-10), se debe elegir una de las dos dependiendo la opción que se eligió en la perilla de encendido de la pinza amperimétrica cc65 (1mV/100mA y 1mV/10mA).

Dependiendo de la opción seleccionada también se debe configurar en el osciloscopio en el canal que esté conectado la pinza amperimétrica la misma opción en la configuración del osciloscopio en la tablet. Tienen que estar coordinado el osciloscopio con la pinza amperimétrica para que no exista errores al momento de realizar el diagnóstico.

A continuación, se muestra la tabla 4 en la que se especifica la configuración de los canales 1 y 2:

**Tabla 4**

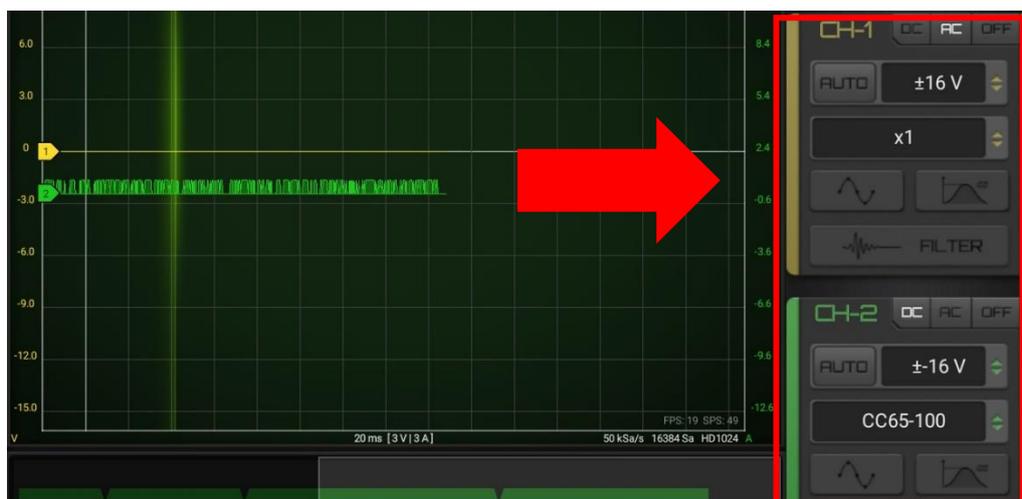
*Configuración de Osciloscopio para Diagnosticar con los Sensores*

Aplicación	Configuración				
Sensor	Voltaje de división	Tiempo	Tasa de muestreo	Atenuador	Acoplamiento DC/AC
Sensor de pulso en Radiador y Escape	5 V	20 ms	25 kSa/s	X1 o X10	AC
Inyector Amperaje	500 Ma	10 ms	50 kSa/s	Pinza Amperimétrica CC65	DC

La configuración presentada en la tabla 4 se debe aplicar en la tablet cuando los sensores están conectados, antes de realizar el diagnostico, así como se muestra en la figura 54 en el cuadro de color rojo, en la que el canal 1 es el sensor de presión diferencial y el canal 2 la pinza amperimétrica cc65:

**Figura 54**

*Configuración de los Canales para Utilizar los Sensores*



Después de obtener los datos y se presenta distorsión en la onda de pulsos de presión diferencial se debe filtrar la onda con la herramienta filter en la cual permite hacer más pura la señal con poca distorsión o sin distorsión total, las opciones que se encuentra son:

- *Inversor*. Permite invertir la onda en casa de que sea necesario.
- *Filtro*. Permite cambiar el tipo de paso de la onda para disminuir la distorsión.
- *Frecuencia hertz*. Al disminuir o aumentar la frecuencia permite bajar los picos altos de distorsión.

En la figura 55, cuando se aplasta en el botón que está dentro del cuadro amarillo aparece la ventana de filtros que está dentro del cuadro rojo para mejorar los picos de la onda.

### Figura 55

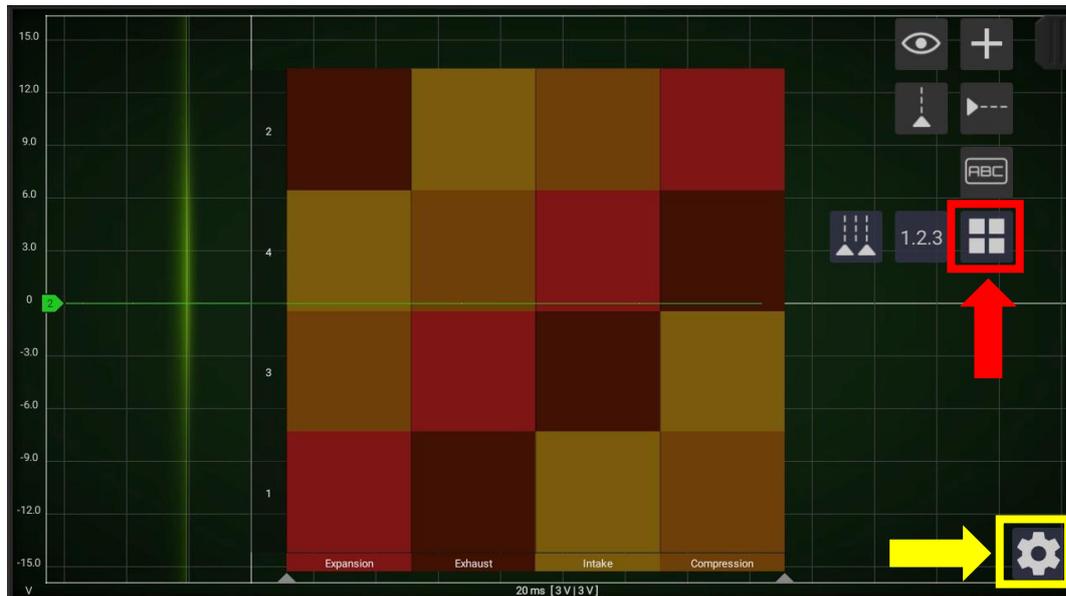
#### *Utilización de Filtros para la Onda*



Para comprender mejor las curvas existe una herramienta que indica el ciclo de trabajo del cilindro según la cantidad de cilindro y su orden de encendido, la que se muestra a continuación en la figura 56. Lo que está dentro del cuadro rojo es la herramienta para identificar el ciclo de trabajo y lo que está dentro del cuadro amarillo es la configuración de la cantidad de cilindros.

**Figura 56**

*Herramienta para Identificar el Ciclo de trabajo del Cilindro*



Cada color mostrado en el cuadro de la figura 56 represente un tiempo del ciclo de trabajo del motor, a continuación, el significado de cada color:

- *Color tomate*. Es el tiempo de expansión.
- *Color café oscuro*. Es el tiempo de escape.
- *Color mostaza*. Es el tiempo de admisión.
- *Color café claro*. Es el tiempo de compresión.

### 3.5 Diagnóstico en el Sistema de Escape

Para llevar a cabo este diagnóstico, se la dividió en dos pruebas distintas: una con el motor en frío y otra con el motor en caliente. Esta división se realizó con el propósito de obtener información más detallada y completa, lo que permite llegar a un diagnóstico preciso.

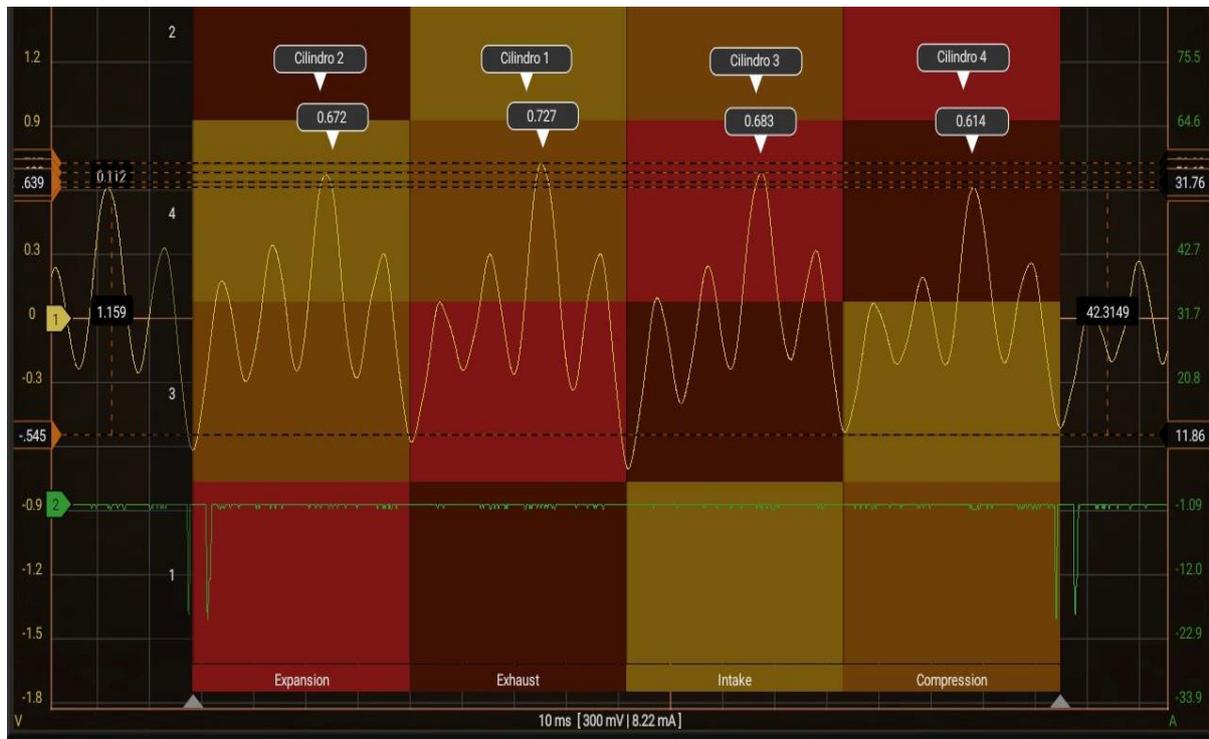
#### 3.5.1 Prueba en el Sistema de Escape con el Motor Frío

Con el motor en frío se procede a realizar el diagnóstico en el ducto de escape, utilizando el canal 1 del osciloscopio para monitorear la actividad en este ducto. Además, se emplea el canal 2 del osciloscopio para capturar el pulso de disparo.

En la figura 57 se muestra los picos positivos ubicados en la cresta de la onda que indica la apertura máxima de la válvula de escape y sus valores en voltios.

**Figura 57**

*Diagnóstico de los Picos Positivos del Sistema de Escape con Motor Frio*



La presente tabla 5 detalla los valores obtenidos en los picos positivos de la cresta de las ondas de la figura 57 son:

**Tabla 5**

*Valores Obtenidos de los Picos Positivos del Sistema de Escape con Motor Frio*

Número de cilindro	Valor en voltios
<b>Cilindro 1</b>	0.727 v
<b>Cilindro 2</b>	0.672 v
<b>Cilindro 3</b>	0.683 v
<b>Cilindro 4</b>	0.614 v

En el diagnóstico de los picos negativos que están situados en el valle de las ondas, muestra la diferencia de altura que existe entre ellas, en la figura 58 se aprecia los resultados.

**Figura 58**

*Diagnóstico de los Picos Negativos del Sistema de Escape con Motor Frio*



La tabla 6 detalla los valores obtenidos en el valle de las ondas presentadas en la figura 58, son los siguientes:

**Tabla 6**

*Valores Obtenidos en los Picos Negativos del Sistema de Escape con Motor Frio*

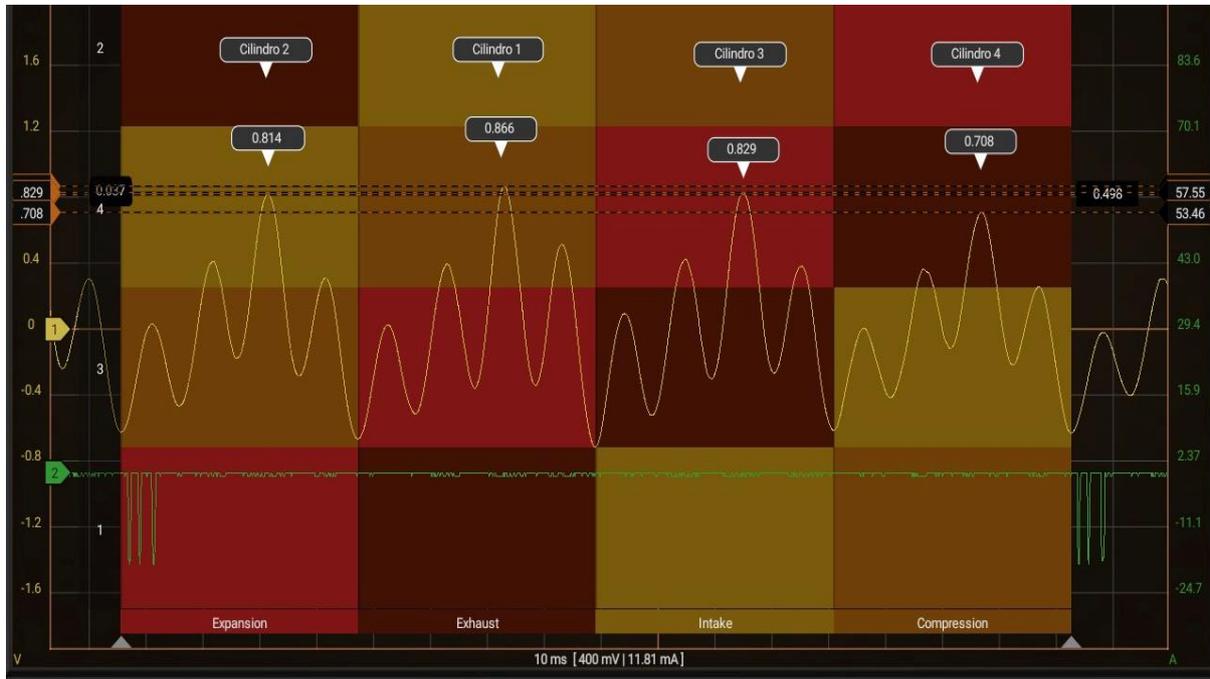
Número de cilindros	Valor en voltios
Cilindro 1	-0.704 v
Cilindro 2	-0.580 v
Cilindro 3	-0.533 v
Cilindro 4	-0.512 v

### 3.5.2 Prueba en el Sistema de Escape con el Motor Caliente

Con el motor a temperatura de trabajo se realiza el diagnóstico de los picos positivos ubicados en la cresta de las ondas expuestas en la figura 59.

**Figura 59**

*Diagnóstico de los Picos Positivos del Sistema de Escape con Motor Caliente*



En la tabla 7 se proyecta los valores obtenidos en el diagnóstico de los picos positivos de la figura 59.

**Tabla 7**

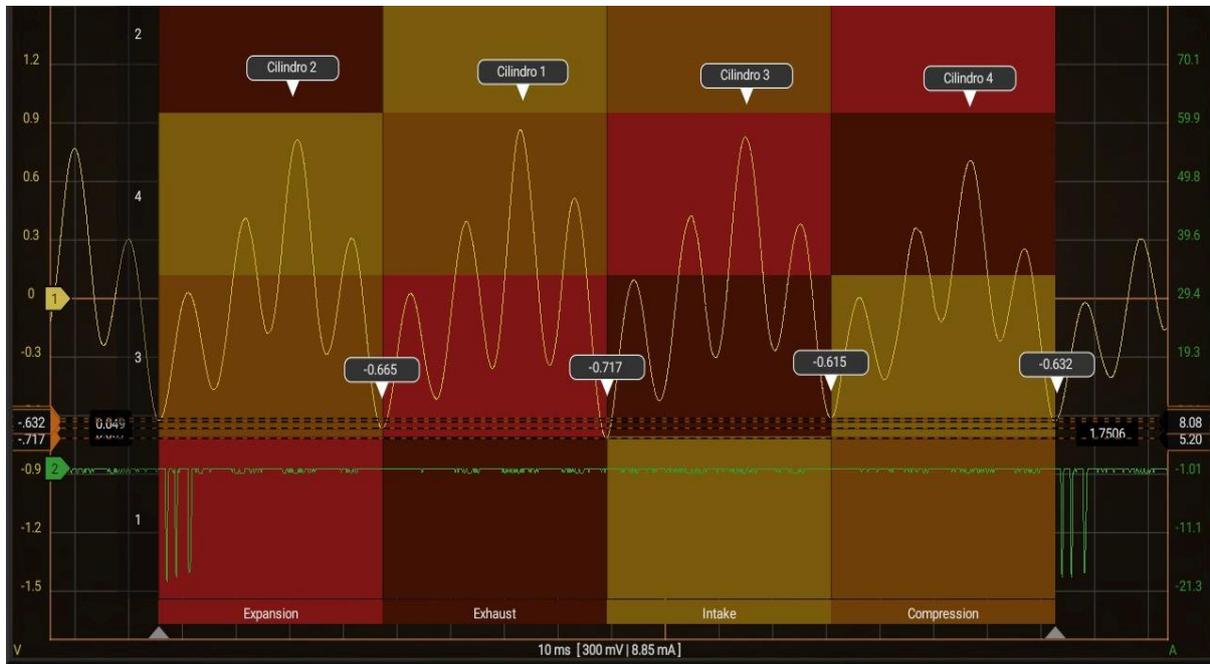
*Valores Obtenidos de los Picos Positivos del Sistema de Escape con Motor Caliente*

Número de cilindros	Valor en voltios
Cilindro 1	0.866 v
Cilindro 2	0.814 v
Cilindro 3	0.829 v
Cilindro 4	0.708 v

Se procede con la toma de los picos negativos de las válvulas de escape a temperatura de trabajo, que se presentan en la figura 60.

**Figura 60**

*Diagnóstico de los Picos Negativos del Sistema de Escape con Motor Caliente*



En la tabla 8 se encuentra los valores reflejados en la tabla 60 sobre los resultados obtenidos en el valle de las ondas negativas del sistema de escape con el motor caliente.

**Tabla 8**

*Valores Obtenidos de los Picos Negativos del Sistema de Escape con Motor Caliente*

Número de cilindro	Valores en voltios
<b>Cilindro 1</b>	-0.717 v
<b>Cilindro 2</b>	-0.665 v
<b>Cilindro 3</b>	-0.615 v
<b>Cilindro 4</b>	-0.632 v

### 3.6 Diagnóstico en el Sistema de Refrigeración

Este proceso se lleva a cabo en el radiador para detectar fugas de compresión a través del empaque del cabezote y para visualizar el cilindro que está experimentando la falla en el osciloscopio. Este procedimiento consta de dos pruebas distintas: una realizada con el motor frío y otra con el motor caliente, este proceso brinda mayor exactitud.

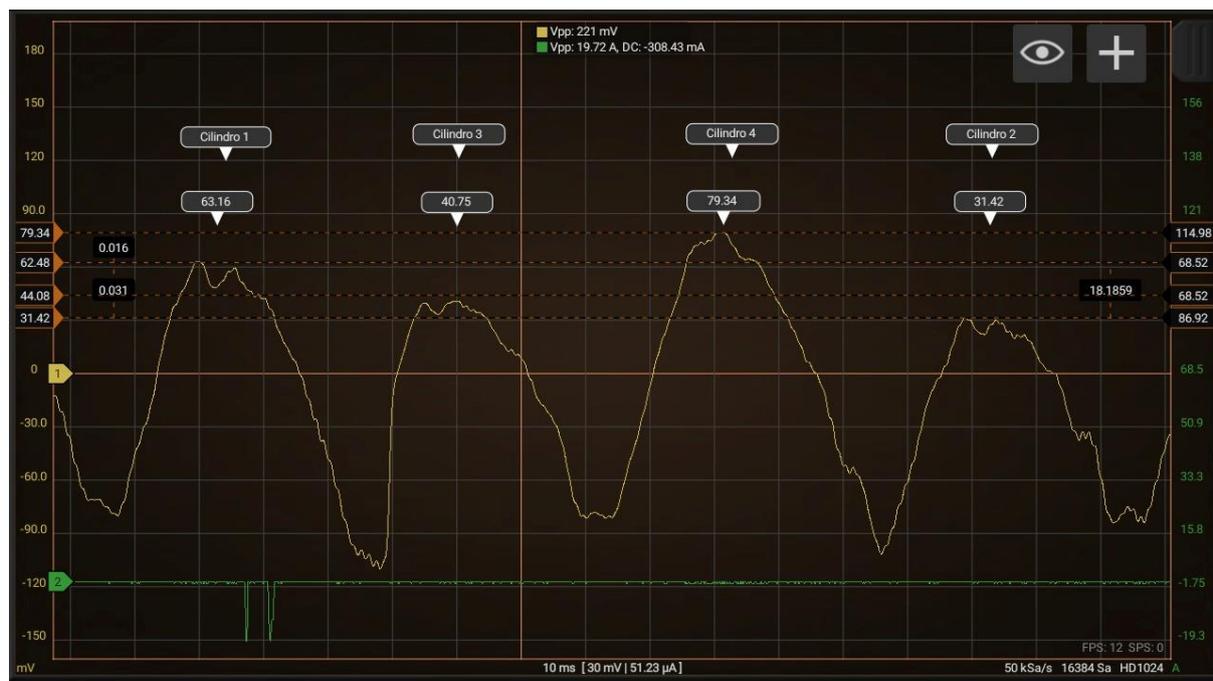
#### 3.6.1 Prueba en el Sistema de Refrigeración con el Motor Frío

El proceso de diagnóstico comienza con el motor en frío, donde se coloca el sensor de presión diferencial equipado con un embudo flexible en la boca del radiador. La señal generada por este sensor se envía al canal 1 del osciloscopio para su análisis. La señal dos que es de color verde es la que indica el disparo del inyector en el canal 2.

Es importante tener en cuenta que durante esta fase se debe disminuir el nivel del fluido en el radiador para evitar que llegue el líquido al sensor, lo que podría ocasionar daños en el mismo. En la figura 61 muestra los picos positivos en el sistema de escape con motor frío.

**Figura 61**

*Diagnóstico de los Picos Positivos del Sistema de Refrigeración con el Motor Frío*



En la tabla 9 se puede apreciar los valores obtenidos en la prueba de los picos positivos en el sistema de refrigeración con el motor frío con referencia a la figura 61.

**Tabla 9**

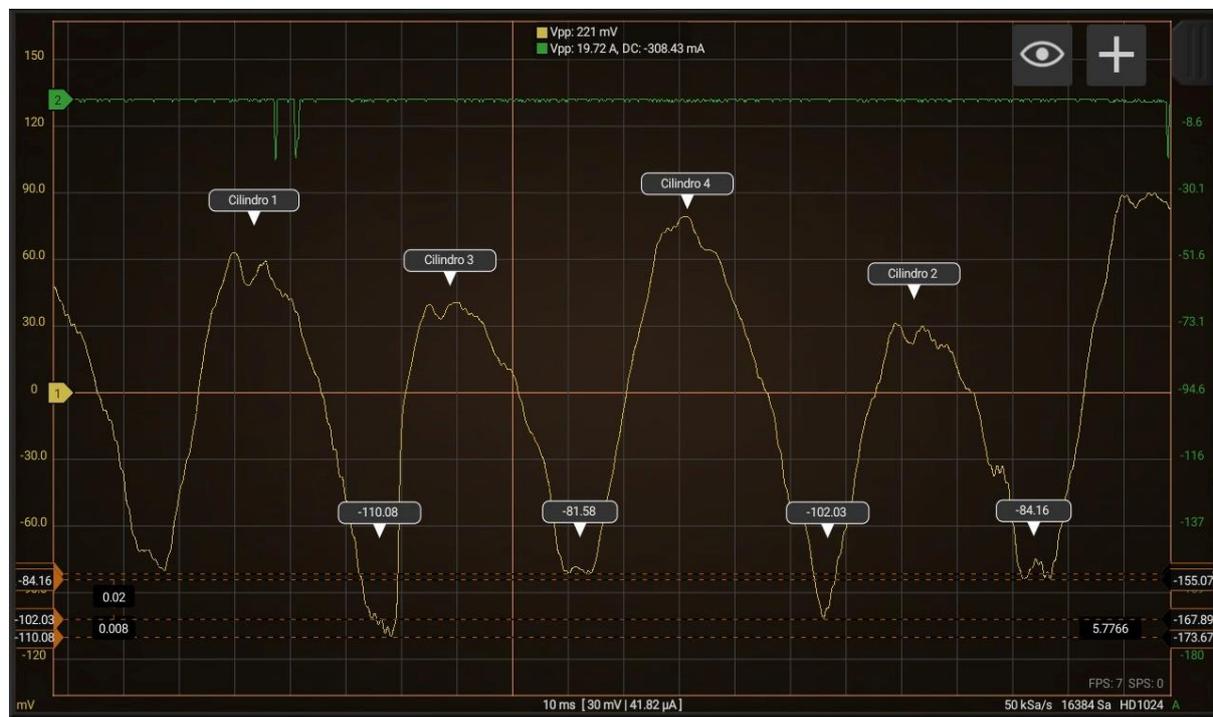
*Valores de Picos Positivos del Sistema de Refrigeración con el Motor Frío*

Número de cilindro	Valores en voltios
<b>Cilindro 1</b>	0.063 v
<b>Cilindro 2</b>	0.031 v
<b>Cilindro 3</b>	0.041 v
<b>Cilindro 4</b>	0.079 v

En la figura 62, muestra los picos negativos que indican el final e inicio de un ciclo de curva en el sistema de refrigeración.

**Figura 62**

*Diagnóstico de los Picos Negativos del Sistema de Refrigeración con el Motor Frío*



En la tabla 10 indica los valores obtenidos en el análisis de los picos negativos del sistema de refrigeración de la figura 62.

**Tabla 10**

*Valores de Picos Negativos del Sistema de Refrigeración con el Motor Frio*

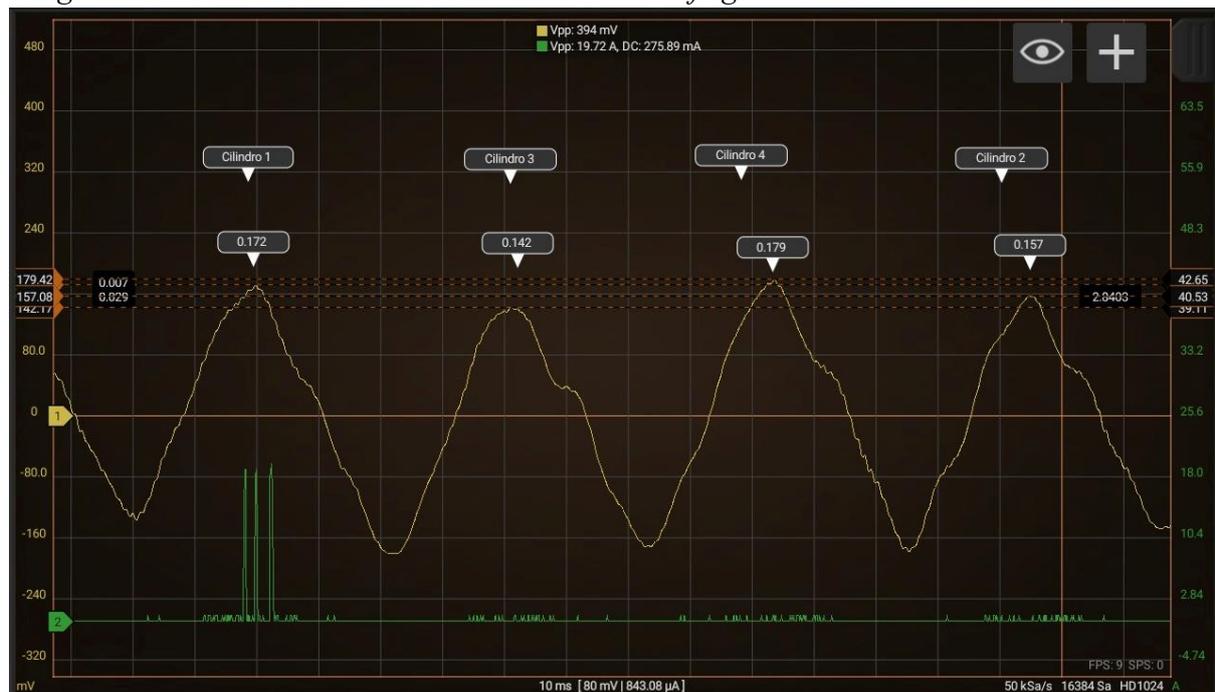
Número de cilindro	Valores en voltios
Cilindro 1	-0.110 v
Cilindro 2	-0.084 v
Cilindro 3	-0.082 v
Cilindro 4	-0.084 v

### 3.6.2 Prueba en el Sistema de Refrigeración con el Motor Caliente

para realizar el siguiente diagnóstico con respecto al sistema de refrigeración con el motor a temperatura de trabajo. Se va a mostrar los picos positivos expuestos en la figura 63.

**Figura 63**

*Diagnóstico de los Picos Positivos del Sistema de Refrigeración con el Motor Caliente*



En la tabla 11 se expone los valores presentados en la figura 63 sobre los picos positivos en el sistema de refrigeración con el motor caliente.

**Tabla 11**

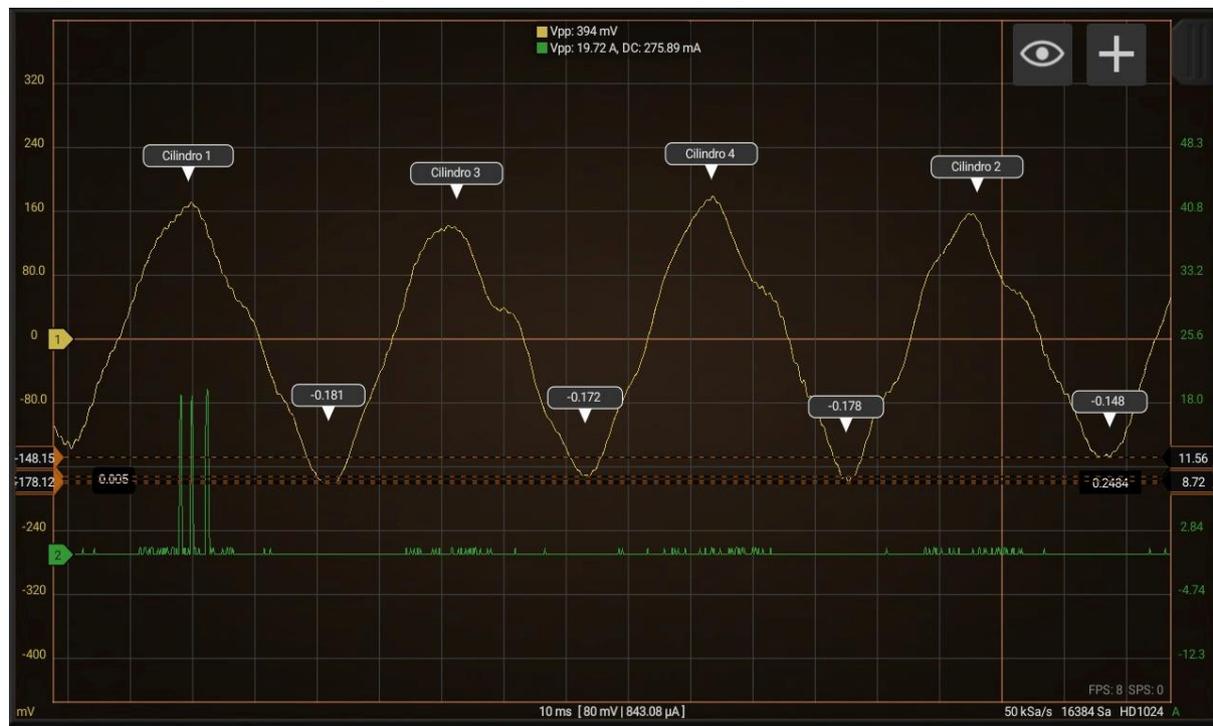
*Picos Positivos del Sistema de Refrigeración con el Motor Caliente*

Número de cilindro	Valores en voltios
Cilindro 1	0.172 v
Cilindro 2	0.157 v
Cilindro 3	0.142 v
Cilindro 4	0.179 v

La figura 64 muestra los valores obtenidos de los picos negativos obtenidos en la prueba con el motor en caliente.

**Figura 64**

*Diagnóstico de los Picos Negativos del Sistema de Refrigeración con el Motor Caliente*



En la tabla 12 se puede visualizar los valores reflejados en la figura 64 con más claridad.

**Tabla 12**

*Valores Obtenidos en los Picos Negativos del Sistema de Refrigeración con el Motor Caliente*

<b>Número de cilindro</b>	<b>Valores en voltios</b>
<b>Cilindro 1</b>	-0.181 v
<b>Cilindro 2</b>	-0.148 v
<b>Cilindro 3</b>	-0.172 v
<b>Cilindro 4</b>	-0.178 v

## Capítulo IV

### Análisis de Resultados de Diagnóstico de Motor

#### 4.1 Análisis de Compresión en el Sistema de Escape

Para el análisis de resultados en el sistema de escape se consideraron tanto las aperturas máximas como el cierre de válvulas, realizando mediciones tanto con el motor frío como en caliente.

##### 4.1.1 Análisis de Apertura Total De Válvulas de Escape

En la tabla 13 se presenta los voltajes de apertura de las válvulas tanto con el motor en frío como en caliente, con el propósito de visualizar las diferencias en la apertura indicadas en voltios y realizar una comparación entre ellas.

Esta tabla proporciona una visión clara y detallada de como varían los voltajes de apertura de las válvulas en función de la temperatura del motor.

Al comparar los voltajes registrados con el motor en frío y en caliente, se puede identificar tendencias significativas que pueden tener implicaciones en la eficiencia del sistema de escape.

**Tabla 13**

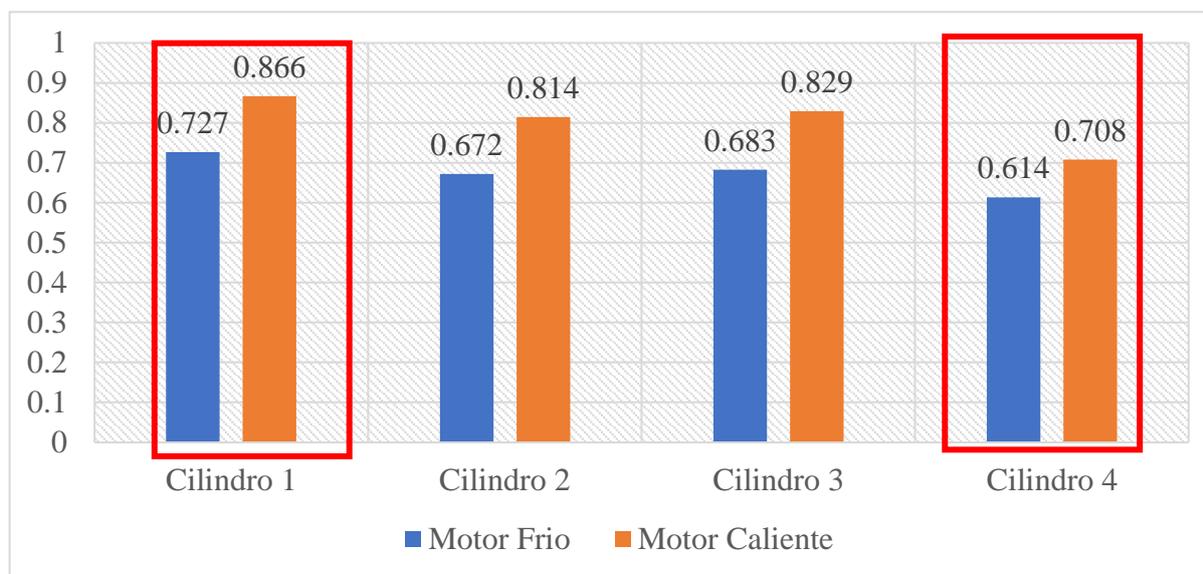
*Análisis de Voltajes de Apertura Total de Válvulas en el Sistema de Escape*

Número de cilindro	Voltaje Apertura Frío	Voltaje Apertura Caliente
<b>Cilindro 1</b>	0.727 v	0.866 v
<b>Cilindro 2</b>	0.672 v	0.814 v
<b>Cilindro 3</b>	0.683 v	0.829 v
<b>Cilindro 4</b>	0.614 v	0.708 v

Para comprender mejor la diferencia de voltaje que ocurre en cada cilindro, se presenta a continuación la figura 65, que proporciona una representación estadística de dichas variaciones de voltaje.

**Figura 65**

*Análisis de Voltajes de Apertura Total de Válvulas de Escape*



En la gráfica mostrada en la figura 65, se observa que el cilindro uno presenta un voltaje alto en condición con el motor frío y caliente, lo que sugiere la presencia de un problema en las válvulas de escape de dicho cilindro. Este voltaje elevado indica anomalía en el proceso de apertura en las válvulas de escape.

Por otro lado, el cilindro cuatro exhibe un voltaje bajo en condición con el motor frío y caliente en la misma gráfica, lo que sugiere la existencia de un problema similar en las válvulas de escape de este cilindro. Un voltaje bajo indica que el proceso de apertura no está ocurriendo adecuadamente.

#### **4.1.2 Análisis de Cierre de Válvulas de Escape**

En este proceso presentado en la tabla 14, se lleva a cabo una comparación de los voltajes negativos que representan el cierre de las válvulas de escape, tanto con el motor en frío como en caliente. Al registrar y analizar los voltajes negativos correspondientes al momento

de cierre en las válvulas de escape en ambas condiciones térmicas, se puede identificar diferencias significativas. Los valores negativos se los ha dejado sin el signo positivo con el fin de que se pueda apreciar la diferencia en la figura 66 de estadística.

**Tabla 14**

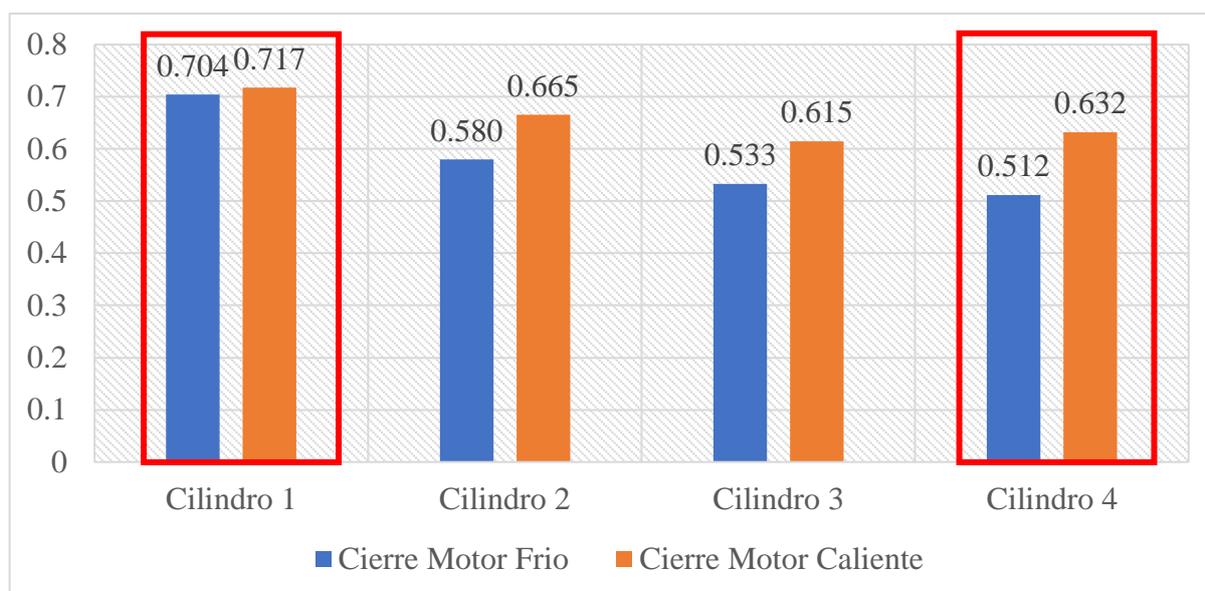
*Análisis de Voltajes de Cierre de Válvulas en el Sistema de Escape*

Número de cilindro	Voltaje Cierre Frio	Voltaje Cierre Caliente
<b>Cilindro 1</b>	0.704 v	0.717 v
<b>Cilindro 2</b>	0.580 v	0.665 v
<b>Cilindro 3</b>	0.533 v	0.615 v
<b>Cilindro 4</b>	0.512 v	0.632 v

Para una presentación más detallada de las discrepancias de voltaje entre los cilindros, se presenta la figura 66, que ofrece una presentación estadística de estas diferencias.

**Figura 66**

*Análisis de Voltajes de Cierre Total de Válvulas de Escape*



En el proceso de análisis de cierre de válvulas, se han invertido los valores negativos para visualizarlos como positivos, lo que proporciona una mejor percepción de las diferencias de voltaje y facilita la detección de anomalías. En este contexto, se observa una discrepancia significativa en el cilindro uno, lo que sugiere un fallo en el cierre de las válvulas de escape de este cilindro.

Asimismo, se identifica un problema en el cilindro 4, donde inicialmente se registra un voltaje bajo en condiciones con el motor frío, pero luego se observa una regulación cuando el motor alcanza la temperatura de funcionamiento. Esta variación en voltaje indica una posible irregularidad en el cierre de las válvulas de escape en el cilindro 4.

## 4.2 Análisis de Compresión en el Sistema de Refrigeración

El desarrollo de este diagnóstico se lo divide en analizar los picos de onda en presión negativa y positiva con el motor frío y caliente.

### 4.2.1 Análisis de Ondas Senoidales positivas en el Sistema de Refrigeración

En la tabla 15 se observa los resultados del diagnóstico obtenidos en el sistema de refrigeración para poder interpretarlos. Las presiones positivas en el sistema de refrigeración es una señal de que está fugando la compresión de los cilindros por el empaque de cabezote.

**Tabla 15**

*Análisis de Voltajes de las Ondas Senoidales Positiva en el Sistema de Refrigeración*

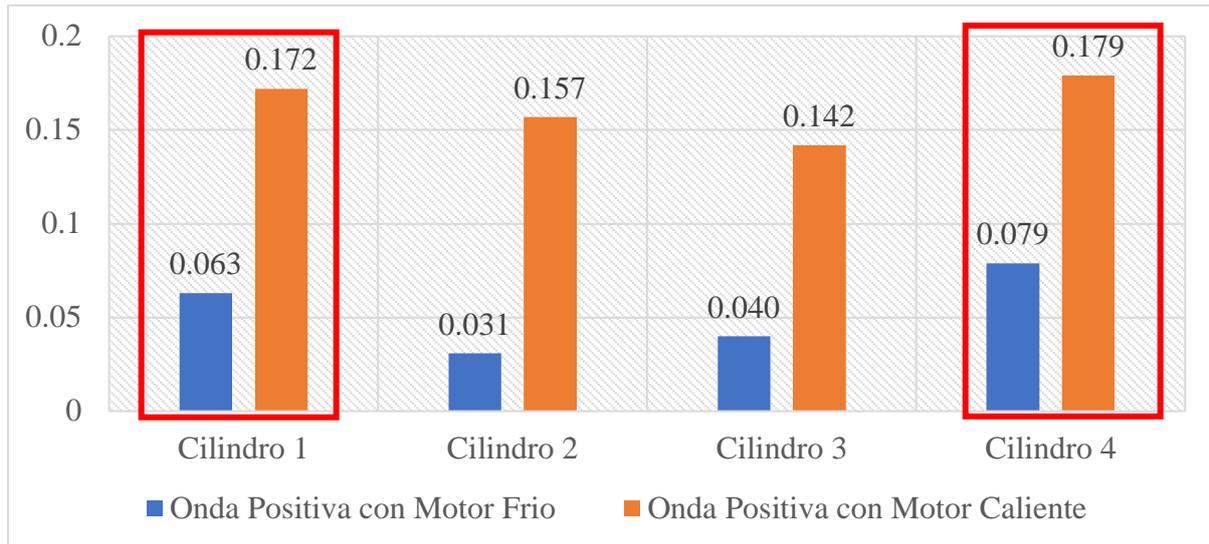
Número de cilindro	Onda Positiva Motor Frío	Onda Positiva Motor Caliente
<b>Cilindro 1</b>	0.063 v	0.172 v
<b>Cilindro 2</b>	0.031 v	0.157 v
<b>Cilindro 3</b>	0.040 v	0.142 v
<b>Cilindro 4</b>	0.079 v	0.179 v

Para una mejor comprensión de las diferencias de voltaje positivo en el sistema de refrigeración se presenta de manera estadística en la figura 67. Esta representación visual

permite observar de forma clara y detallada las variaciones en los voltajes positivos en el sistema de refrigeración.

**Figura 67**

*Análisis de Voltajes de las Ondas Senoidales Positivas en el Sistema de Refrigeración*



La visualización de los voltajes muestra que los cilindros uno y cuatro presentan un voltaje alto, lo que sugiere la existencia de un problema en el empaque del cabezote en la sección correspondiente a estos dos cilindros.

Esta observación es indicativa de posibles fugas de compresión en el empaque del cabezote de los cilindros uno y cuatro, tanto cuando el motor se encuentra frío y cuando el motor está en temperatura de trabajo.

#### **4.2.2 Análisis de Ondas Senoidales Negativas del Sistema de Refrigeración**

En la tabla 16 se observa las ondas senoidales negativas en el sistema de refrigeración del motor tanto cuando está frío como cuando está caliente. Para una mejor comprensión de los resultados se ha invertido sus resultados negativos a positivos.

La forma de la onda en el sistema de refrigeración debe ser baja, debido a las vibraciones del motor y el trabajo de la bomba de agua. Pero si los picos de onda son muy bajos es por daños en el empaque de cabezote.

**Tabla 16**

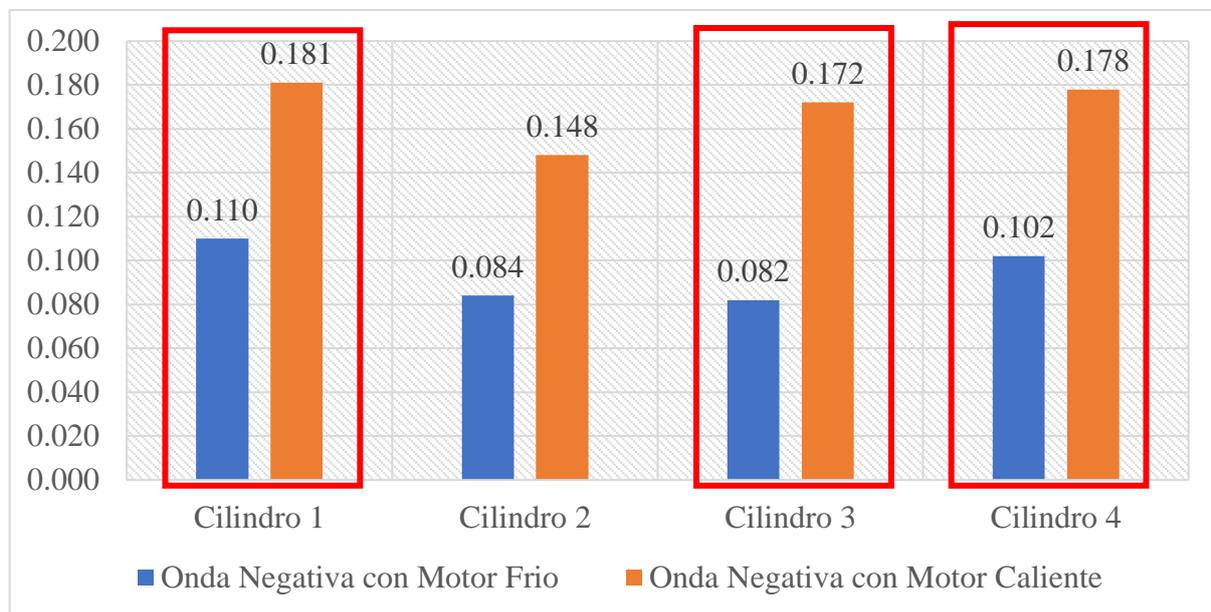
*Análisis de Voltajes de las Ondas Senoidales Negativa en el Sistema de Refrigeración*

Número de cilindro	Onda Negativa Motor Frio	Onda Negativa Motor Caliente
<b>Cilindro 1</b>	0.110 v	0.181 v
<b>Cilindro 2</b>	0.084 v	0.148 v
<b>Cilindro 3</b>	0.082 v	0.172 v
<b>Cilindro 4</b>	0.102 v	0.178 v

Para comprender de mejor manera se expresa de forma estadística en la gráfica 68 los voltajes expuestos en la tabla 16.

**Figura 68**

*Análisis de Voltajes de las Ondas Senoidales Negativa en el Sistema de Refrigeración*



Según los resultados proporcionados en la estadística de la figura 68, se puede concluir que los voltajes negativos registrados en los cilindros uno y cuatro continúan mostrando un problema en el empaque del cabezote, similar a lo observado en la prueba de voltajes positivos en el sistema de refrigeración.

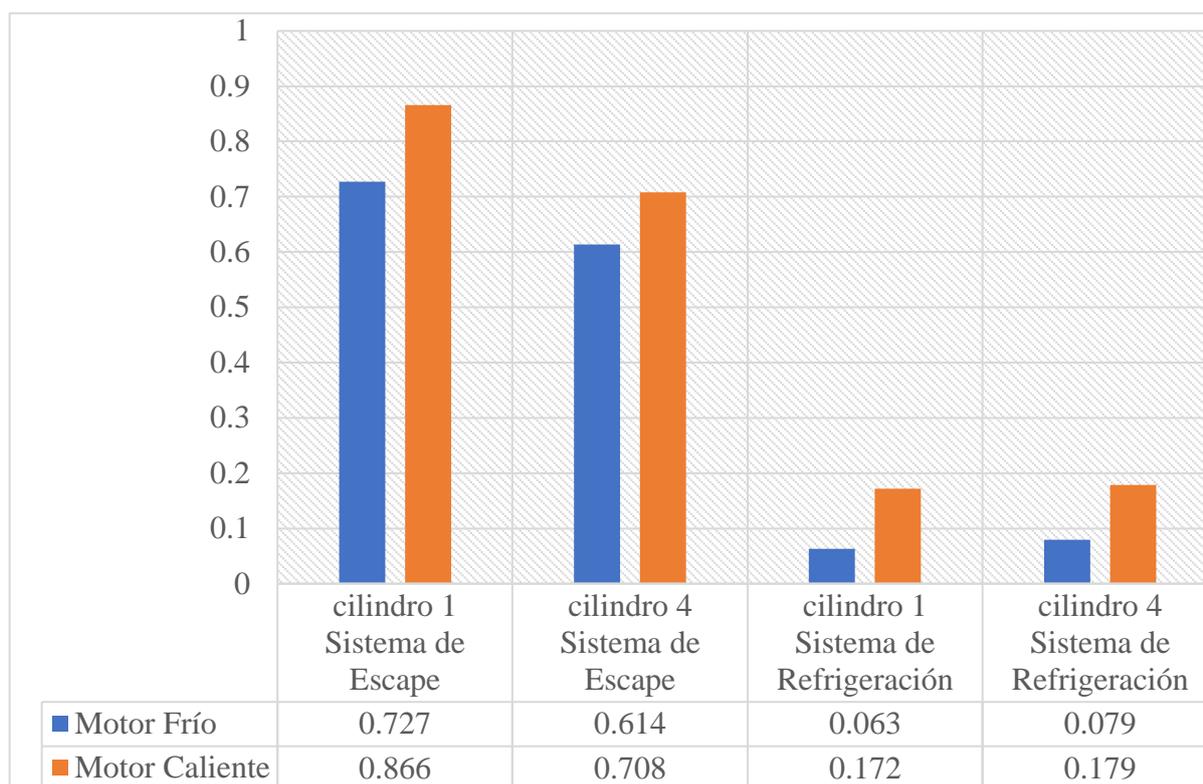
Esta observación refuerza la hipótesis de que exista una fuga de compresión en el empaque del cabezote en los cilindros uno y cuatro. Y un posible daño de empaque en la sección del cilindro 3 cuando está en temperatura de trabajo.

#### 4.3 Análisis Final de Diagnóstico de Fugas de Compresión de un Motor

En el análisis concluyente de esta etapa final de diagnóstico, se determina que los cilindros afectados por la falla de fugas de compresión, tanto en el sistema de escape como en el sistema de refrigeración, revelan una relación directa entre los picos positivos registrados en ambas pruebas.

**Figura 69**

*Análisis Final de Fugas de Compresión en los Picos Positivos*



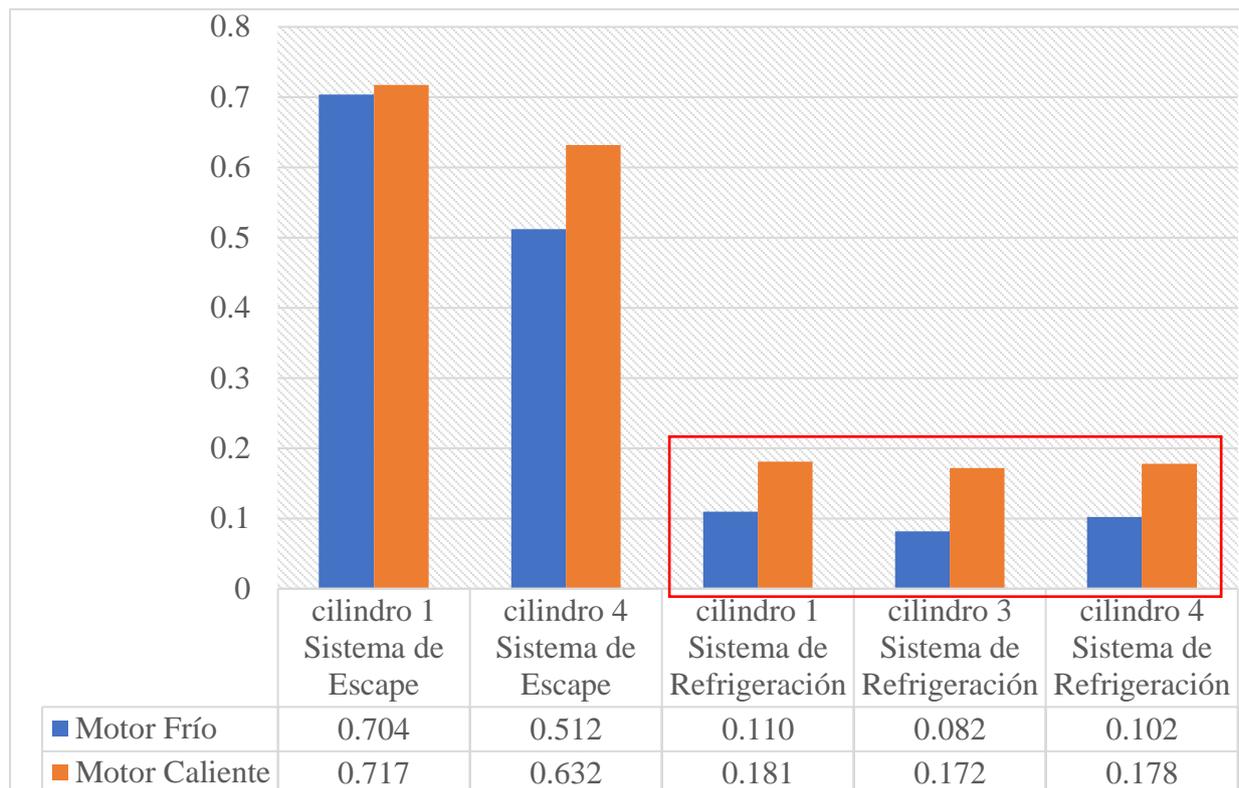
En el contexto del presente análisis, se centra en la observación de los resultados de los cilindros uno y cuatro del motor que se muestra en la figura 69. Los resultados obtenidos revelan la presencia de deficiencias significativas en las válvulas de escape de dichos cilindros.

Particularmente se ha observado un exceso de salida de gases en el cilindro uno, acompañado de una cresta de onda inusualmente alta en el sistema de refrigeración. Lo que indica la existencia de una fuga de compresión por el empaque del cabezote y problemas en las válvulas de escape del cilindro uno.

Por otro lado, en el cilindro cuatro se presenta una cresta de onda baja, lo que significa que se trata de un problema en las válvulas de escape. A la vez presenta una cresta de onda alta en el sistema de refrigeración, dando como conclusión que existe una fuga de compresión por el empaque del cabezote, con lo que se puede apreciar en la figura 69.

**Figura 70**

*Análisis Final de Fugas de Compresión en los Picos Negativos*



Los resultados obtenidos de los valles de ondas negativas en los sistemas de escape y refrigeración que esta proyectadas en la figura 70, así como los hallazgos previos de las crestas de ondas positivas visualizadas en la figura 69, arrojan conclusiones significativas sobre el

estado de los cilindros analizados. Específicamente, se determina que tanto el cilindro uno como el cuatro presentan averías en las válvulas de escape y en el empaque del cabezote.

Esta conclusión se basa en una interpretación exhaustiva de los datos recopilados, que revelan patrones consistentes de anomalías en ambas pruebas. Además de los hallazgos en los cilindros uno y cuatro, se ha identificado que el cilindro 3 también presenta problemas en el empaque del cabezote cuando el motor se encuentra a temperatura de trabajo, como lo indica la figura 70 en un cuadro rojo.

## Conclusiones

- En esta investigación, se ha explorado la evolución de los métodos de diagnóstico y comprobación de motores de combustión, identificando tanto los enfoques tradicionales como las nuevas tendencias en la industria automotriz. Además de los métodos convencionales, como el uso de compresímetro y comprobadores de fugas, se ha destacado el papel crucial de los sensores de pulsos de presión, también conocidos como sensores de presión diferencial. Estos sensores han emergido como una herramienta innovadora que permite no solo verificar la compresión a través del sistema de escape o de refrigeración, sino también a través de la medición de presiones en el cárter y el sistema de admisión. Esta capacidad ampliada de monitoreo ofrece una visión más completa del funcionamiento del motor y facilita a la investigación de carácter académico de los posibles problemas de un motor.
- Se desarrollo el proceso detallado para el uso de los medidores de pulso de presión en el sistema de refrigeración y en el sistema de escape, los cuales siguen diferentes procesos según la forma de colocación de sus acoples en el caso del escape se debe colocar una pinza que sujete el acople al tubo para censar los gases, mientras que para el sistema de refrigeración se necesita un acople tipo embudo para que la compresión sea censada, el proceso también comprende en la calibración del osciloscopio de los diferentes canales para poder obtener los voltajes adecuados. En el caso del sistema de escape se obtuvo se obtuvo unas ondas de picos positivos y picos negativos lo cuales dieron una falla en el cilindro número uno porque se obtuvo un voltaje alto de 0.727 v con el motor en frio y 0.866 v con el motor en temperatura de trabajo, y en el cilindro cuatro un voltaje de 0.624 v con el motor en frio y 0.708 v , mientras que de picos negativos se tuvo voltajes muy bajos en el cilindro número uno que son de -0.704 v con el motor frio y -0.717 v con el motor a temperatura de trabajo, y en el cilindro cuatro un voltaje de -0.512 v con el motor

en frío y  $-0.632$  v con el motor en caliente. En el caso del sistema de refrigeración se obtuvo picos altos de voltaje positivo en el cilindro uno con un voltaje de  $0.063$  v con el motor frío y  $0.172$  v con el motor caliente, mientras que de picos negativos se obtuvo voltajes bajos en el cilindro uno de  $-0.110$  v con el motor frío y  $-0.181$  v con el motor caliente, en el cilindro cuatro se obtuvo voltajes de  $-0.102$  v con el motor frío y  $-0.178$  v con el motor caliente, por último se apreció el cilindro tres con un voltaje de  $-0.082$  con el motor frío y  $-0.178$  con el motor caliente.

- Se concluye en las pruebas efectuadas tanto en el sistema de escape como en el de refrigeración, se ha llegado a la conclusión de que existen fallas de compresión en el cilindro uno y el cilindro cuatro, estas anomalías están asociadas con problemas en las válvulas, así como con defectos en el empaque del cabezote. Esto se sustenta en el registro de un voltaje mayor en el cilindro uno, el cilindro cuatro y el cilindro tres durante las pruebas realizadas en el sistema de refrigeración.

## **Recomendaciones**

Se recomienda encarecidamente llevar a cabo la calibración periódica del equipo de acuerdo con las instrucciones específicas presentadas en este documento. Esta práctica garantizará la realización de diagnósticos precisos y confiables, así como evitar posibles daños en el software del equipo debido a una calibración inadecuada.

Seguir las instrucciones de uso meticulosamente, ya que esto garantiza la exactitud y consistencia de los resultados obtenidos durante el proceso de diagnóstico. La calibración regular del equipo asegurara que esté funcionando de manera óptima.

Es importante manipular los sensores de pulso de presión con delicadeza y cuidado, evitando cualquier tipo de golpe o presión que exceda su capacidad y que logre comprometer daños en la membrana sensible que tiene en su interior. Se aconseja colocar los sensores en un lugar seguro y estable durante su uso, minimizando el riesgo de daños accidentales.

## Bibliografía

- Autolab. (05 de Julio de 2023). *Autolab*. Autolab.com:  
<https://autolab.com.co/blog/basicos/cual-es-la-funcion-del-turbo-0723/>
- Blázquez, L. (05 de Septiembre de 2022). *CochesCom/Noticias*. noticias.coches.com:  
<https://noticias.coches.com/consejos/partes-sistema-de-escape/470489>
- Castillo, A. (29 de Diciembre de 2022). *Slideshare*.  
<https://es.slideshare.net/AntonioCastillo211821/mantenimiento-mecanica-unidad-iipptx>
- DPF Revival. (07 de Marzo de 2024). *DPF Revival*. <https://dpf-revival.com/productos/comprobador-de-fugas-de-cilindro/>
- Escudero, S., Gonzáles, J., Rivas, J. L., & Suárez, A. (2000). *Motores*. Macmillan Iberia, S.A. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de la Plata. (2022).  
[aula.virtual.agro.unlp.edu.ar](http://aula.virtual.agro.unlp.edu.ar)  
[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/145406/mod\\_resource/content/1/Guia%20de%20Sistema%20de%20Admisi%C3%B3n%20de%20aire%202022.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/145406/mod_resource/content/1/Guia%20de%20Sistema%20de%20Admisi%C3%B3n%20de%20aire%202022.pdf)
- Fuso. (24 de Febrero de 2020). *fuso.com.pe*. <https://www.fuso.com.pe/blog/que-es-sistema-escape-camion-averias-comunes/>
- García, J. (2017). *Análisis de curvas de potencia y torque del motor J3 CRDI del Hyundai Terracan GL EX en el uso de combustible diésel de diferentes proveedores*. UIDE.
- Gelgueta. (09 de Agosto de 2013). *Slideshare*. <https://es.slideshare.net/gelgueta/distribucion1>
- Gomez, J. M. (02 de Diciembre de 2023). Configuración y manejo de Hscope 402. Medellín, Antioquia, Colombia.
- Lopez, D. (14 de Junio de 2022). *ActualidadMotor*. <https://www.actualidadmotor.com/datos-esenciales-para-la-revision-de-la-compresion-del-motor/>

- Mecany. (07 de Marzo de 2024). *mecanicabasicacr.com*. <https://mecanicabasicacr.com/prueba-de-fugas-a-los-cilindros/>
- Mobilize. (16 de Abril de 2021). *Mobilize Financial Services*. <https://mobilize-fs.es:https://mobilize-fs.es/blog/que-es-la-compresion-del-motor-y-que-problemas-puede-ocasionar/#:~:text=Con%20una%20baja%20compresi%C3%B3n%20del,se%20est%C3%A1%20produciendo%20un%20fallo.>
- Motorservice. (09 de Febrero de 2024). *Motorservice*. [motorservice.com: https://www.ms-motorservice.com/int/es/tecnipedia/danos-de-pistones-y-sus-causas-239](https://www.ms-motorservice.com/int/es/tecnipedia/danos-de-pistones-y-sus-causas-239)
- Motorservice. (09 de Febrero de 2024). *Motorservice*. [motorservice.com: https://www.ms-motorservice.com/int/es/tecnipedia/danos-de-valvulas-y-sus-causas-308](https://www.ms-motorservice.com/int/es/tecnipedia/danos-de-valvulas-y-sus-causas-308)
- Muchoneumatico.com. (12 de Enero de 2023). *muchoneumatico.com*. <https://www.muchoneumatico.com/blog/coches/osciloscopio-automocion/>
- Noroña, M. (2018). Estudio de emisiones contaminantes producidas por un motor MEP con transmisión automática y transmisión manual. *INNOVA Research Journal*, 3(4), 120-128. <https://doi.org/https://doi.org/10.33890/innova.v3.n4.2018.644>
- ONU HABITAD. (2016). *ONU HABITAD por un mejor futuro urbano*. [onuhabitad.org.mx: https://onuhabitad.org.mx/index.php/contaminacion-automoviles-y-calidad-del-aire#:~:text=Los%20autom%C3%B3viles%20particulares%20generan%20el,las%20medidas%20de%20prevenci%C3%B3n%20adecuadas.](https://onuhabitad.org.mx:https://onuhabitad.org.mx/index.php/contaminacion-automoviles-y-calidad-del-aire#:~:text=Los%20autom%C3%B3viles%20particulares%20generan%20el,las%20medidas%20de%20prevenci%C3%B3n%20adecuadas.)
- Pesantes, K. (07 de Junio de 2019). Guayaquil, una de las 25 ciudades con más tráfico en el mundo, opta por trabajo comunitario en lugar de multas. *Sociedad*, págs. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/guayaquil-traffic-trabajo-comunitario-multas/>.
- Prueba de Ruta. (12 de Febrero de 2024). *pruebaderuta.com*. <https://www.pruebaderuta.com/motor-diesel.php>

- Putra, W., Jamaaluddin, J., & Anshory, I. (2024). Spreadsheet-Based Car Engine Temperature And Compression Pressure Gauge. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, 6(1). <https://doi.org/10.47709/cnahpc.v6i1.3472>
- Renting Finders. (2023). *rentingfinders.com*. [rentingfinders.com: https://rentingfinders.com/glosario/motor-crdi/](https://rentingfinders.com/glosario/motor-crdi/)
- Rhonmer Pérez, & Osal Herrera, W. J. (2019). Impacto de los sistemas de transporte público latinoamericanos en la movilidad urbana y en el ambiente. *Publicaciones en ciencias y tecnología.*, 38-53.
- Roldán, L. F. (24 de Julio de 2019). *Ecologia Verde*. [ecologiaverde.com: https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-vehicular-que-es-tipos-causas-y-consecuencias-2130.html](https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-vehicular-que-es-tipos-causas-y-consecuencias-2130.html)
- SEDA. (16 de Febrero de 2024). *Sistemas Electricos Del Automovil*. [sistemaselectricosdelautomovil.com: https://sistemaselectricosdelautomovil.com/pinza-amperimetrica-automocion/](https://sistemaselectricosdelautomovil.com/pinza-amperimetrica-automocion/)
- ServicioAleman. (28 de Febrero de 2022). *servicioaleman.es*. [servicioaleman.es: https://www.servicioaleman.es/articulo/general/turbo-diesel-como-limpiarlo-mantenerlo/20220228133254001707.html](https://www.servicioaleman.es/articulo/general/turbo-diesel-como-limpiarlo-mantenerlo/20220228133254001707.html)
- SPG Talleres. (17 de Junio de 2022). *spgtalleres.com*. [spgtalleres.com: https://www.spgtalleres.com/es/noticias/sistema-refrigeracion-motor-diesel/\\_id:288/](https://www.spgtalleres.com/es/noticias/sistema-refrigeracion-motor-diesel/_id:288/)
- Vázquez, R. (04 de Mayo de 2022). *Certicalia*. [certicalia.com: https://www.certicalia.com/blog/pinza-amperimetrica-funcionamiento](https://www.certicalia.com/blog/pinza-amperimetrica-funcionamiento)

