



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
Powered by Arizona State University

**FACULTAD DE INGENIERÍAS APLICADAS Y
DESARROLLO INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Evaluación de la Condición del Motor de Combustión
Interna Mediante Pruebas de Detección de Dióxido de
Carbono en el Sistema de Refrigeración Utilizando Block
Tester BT-500**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Autor: Salinas Álvarez, Marcus Benjamín

Tutor: Castro Mediavilla, Juan José

GUAYAQUIL
2026

Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Yo Juan José Castro Mediavilla, en calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Evaluación de la Condición del Motor de Combustión Interna Mediante Pruebas de Detección de Dióxido de Carbono en el Sistema de Refrigeración Utilizando Block Tester BT-500 realizado por Marcus Benjamín Salinas Álvarez ha sido orientado y revisado en todas sus partes y considero que cumple los requisitos establecidos por la institución. En virtud de ello doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Juan José Castro Mediavilla

Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Declaración de autoría y cesión de derechos

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

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

Autor: Marcus Benjamín Salinas Álvarez

C.I.: 1719122408

Acuerdo de Confidencialidad

La Biblioteca de la Universidad Internacional del Ecuador se compromete a:

No divulgar, utilizar ni revelar a otros la información confidencial obtenida en el presente trabajo, ya sea intencionalmente o por falta de cuidado en su manejo, en forma personal o bien a través de sus empleados.

Manejar la información confidencial de la misma manera en que se maneja la información propia de carácter confidencial, la cual en ninguna circunstancia podrá estar por debajo de los estándares aceptables de debida diligencia y prudencia.

Marcus Benjamín Salinas Álvarez

Director de la Escuela Ing. Daniela Jerez

Fernández Gilbert María Gabriela

Directora de Biblioteca y Desarrollo Cultural

Dedicatoria

Dedico este proyecto primero a Dios y por consiguiente a mi familia por ser los pilares fundamentales durante mi proceso de preparación como un profesional en mi carrera universitaria impulsándome a ser un mayor profesional con ética y moral y sobre todo bendecir todo lo que haga en nombre de Dios.

Marcus Benjamín Salinas

Agradecimiento

Agradezco de antemano a mi familia por darme todo el apoyo tanto emocional como económico, a mi mama Karen Alicia Álvarez Ruiz por ser una madre que me inculcó principios valores y sobre todo la honestidad como persona ante una situación en base a la palabra de Dios junto con mi papá, sobre todo a mi papa (Marco Antonio Salinas Calero), por darme el ejemplo tan grande y maravilloso que pude tener en mi vida, por enseñarme los principio de la vida conforme al corazón de un hijo de Dios, a mi hermana Marisha Sabrina Salinas Álvarez por darme los consejos de vida y de profesión.

.

Índice de contenido

Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Acuerdo de Confidencialidad.....	IV
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento.....	VI
Índice de contenido	VII
Índice de figuras	XI
Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción	3
Capítulo I.....	5
Antecedentes	5
1.1 Tema de investigación.....	5
1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema.....	5
1.2.1 Planteamiento del problema	6
1.2.2 Formulación del problema	7
1.2.3 Sistematización del problema.....	7
1.3 Objetivos de la investigación.....	7
1.3.1 Objetivo general	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Justificación y delimitación de la investigación	8
1.4.1 Justificación teórica.....	8
1.4.2 Justificación metodológica	9
1.4.3 Justificación práctica.....	9
1.4.4 Delimitación temporal.....	9
1.4.5 Delimitación geográfica.....	10

1.4.6	Delimitación del contenido.....	10
Capítulo II.....		11
Marco Referencial.....		11
2.1	Marco teórico	11
2.1.1	Diagnóstico automotriz	11
2.1.2	Eficiencia de diagnóstico	11
2.1.3	Importancia de la detección de fallas tempranas.....	12
2.1.4	Block Tester BT-500, descripción y su aplicación.....	13
2.1.5	Principios de diagnóstico automotriz.....	13
2.1.6	Composición química del reactivo del Block Tester BT-500	14
2.1.7	Principios de funcionamiento del reactivo (cambio de color ante <i>CO2</i>)	14
2.1.8	Seguridad y manipulación del reactivo	15
2.1.8.1	Normativa RTE INEN 034 en base a pruebas automotrices.	15
2.1.9	Uso práctico del block Tester BT-500 en talleres automotrices.....	16
2.1.10	Impacto del Block Tester en la reducción de errores de diagnóstico	16
2.1.10.1	Aporte evidencia visual inmediata	16
2.1.11	Parámetros de análisis	17
2.1.12	Uso del equipo Block Tester BT-500	18
2.1.12.1	Identificación de uso Block Tester BT-500	18
2.1.12.2	Método de comprobación Block Tester BT-500	19
Capítulo III.....		20
Desarrollo metodológico		20
3.1	Enfoque del estudio.....	20
3.2	Selección de vehículos de prueba	21
3.3	Descripción de los vehículos seleccionados a analizar	22
3.4	Prueba de uso compresómetro.....	24
3.4.1	Materiales a utilizar para prueba de compresómetro	24
3.4.2	Procedimientos de uso compresión.....	24

3.4.2.1	Procedimiento de compresión Mazda Allegro motor ZM 543343	24
3.4.2.2	Resultados obtenidos de la prueba de compresión Mazda Allegro	25
3.4.2.3	Procedimiento de compresión Mitsubishi Montero motor 4G64	25
3.4.2.4	Resultados obtenidos de la prueba de compresión Mitsubishi Montero	26
3.5	Procedimiento de uso del equipo Block Tester BT-500	26
3.5.1	Procedimiento de uso del equipo Block Tester BT-500 en Mazda Allegro....	26
3.5.2	Resultados obtenidos con equipo Block Tester BT-500 en Mazda Allegro...	30
3.5.3	Procedimiento de uso Block Tester BT-500 en Mitsubishi Montero	31
3.5.4	Resultados obtenidos con Block Tester BT-500 en Mitsubishi Montero.....	33
3.6	Evidencia visual Mitsubishi Montero ante diagnóstico Block Tester BT-500	33
Capítulo IV		35
Análisis de resultados.....		35
4.1	Análisis de resultados Mazda Allegro	35
4.1.1	Análisis de compresión motor Mazda Allegro	35
4.1.2	Análisis Block Tester BT-500 del Mazda Allegro	36
4.2	Análisis de resultados Mitsubishi Montero	36
4.2.1	Análisis compresión motor Mitsubishi Montero	36
4.2.2	Análisis Block Tester BT-500 de Mitsubishi Montero.....	37
4.2.3	Análisis de resultado visual vs Block Tester BT-500	38
4.3	Análisis final	38
Conclusiones		40
Recomendaciones		41
Referencias.....		42

Índice de tablas

Tabla 1	Descripción técnica de coloración del reactivo Block Tester BT-500	18
Tabla2	Descripción técnica del vehículo	22
Tabla 3	Resultados de compresión Mazda Allegro	25
Tabla 4	Resultado de compresión Mitsubishi Montero	26
Tabla 5	Resultados obtenidos por el equipo Block Tester BT-500 Mazda Allegro	30
Tabla 6	Resultados obtenidos por el equipo Block Tester BT-500 Mitsubishi Montero	33
Tabla 7	Valores de resultados obtenidos del compresómetro Mazda Allegro	35
Tabla 8	Resultados obtenidos de acuerdo a coloración del equipo Block Tester BT-500 Mazda	36
Tabla 9	Valores de resultados obtenidos del compresómetro Mitsubishi Montero	37
Tabla 10	Resultados obtenidos con el Block Tester BT-500 Mitsubishi	37

Índice de figuras

Figura 1 Empaque de culata soplada de motor 4G64 de Mitsubishi Montero año 1998	12
Figura 2 Block Tester BT-500	13
Figura 3 Diagrama de detector de CO ₂	14
Figura 4 Indicador de coloración Block Tester BT-500	17
Figura 5 Método de comprobación del equipo Block Tester BT-500.....	19
Figura 6 Diferencia en la tasa promedio entre motores viejos y nuevos	21
Figura 7 Valor de kilometraje en el tacómetro de Mitsubishi Montero año 1998	22
Figura 8 Mitsubishi Montero año 1998 motor 4G64	23
Figura 9 Valor de Kilometraje en el tacómetro de Mazda Allegro año 2003	23
Figura 10 Mazda Allegro año 2003 motor ZM 543343	23
Figura 11 Kit de medición de compresión, y ratchet con extensión y dado.....	24
Figura 12 Conexión de manómetro a cada cilindro y arranque del motor MZ 543343	24
Figura 13 Conexión de manómetro a cada cilindro y arranque del motor 4G64	25
Figura 14 Presentación de empaque Block Tester BT-500.....	26
Figura 15 Proceso de utilización Block Tester BT-500.....	27
Figura 16 Colocación Fluido del reactivo hacia el envase	27
Figura 17 Nivel del reactivo según indicador.....	28
Figura 18 Montaje de tapa superior del envase	28
Figura 19 Indicador de temperatura del motor según tablero Mazda Allegro	29
Figura 20 Verificación del nivel de líquido refrigerante y reservorio del mismo.....	29
Figura 21 Aplicación del Block Tester BT-500 Mazda Allegro Motor MZ 543343	30
Figura 22 Proceso de utilización Block Tester BT-500.....	31
Figura 23 Indicador de temperatura según tablero de Mitsubishi Montero	31
Figura 24 Implementación del Block Tester BT-500 en sistema de refrigerante, radiador.....	32
Figura 25 Aplicación Block Tester BT-500 Mitsubishi Montero Motor 4G64	32
Figura 26 Desmontaje de culata motor Mitsubishi Montero 1998	34
Figura 27 Gráfica resultado de coloración de acuerdo al ralentí	38

Resumen

La presente investigación cuya finalidad de evaluar la condición de motores de combustión interna mediante la detección de dióxido de carbono en el sistema de refrigeración, utilizando el equipo Block Tester BT-500 y comparando sus resultados con la prueba convencional de compresión. El estudio del desarrollo bajo un enfoque experimental con métodos cualitativos, aplicando ambas pruebas a dos vehículos con diferentes características y niveles de desgaste por ejemplo el Mazda Allegro 2003 y un Mitsubishi Montero año 1998. Los resultados obtenidos evidenciaron que dicha prueba de compresión permitió analizar el estado mecánico general del motor y la uniformidad entre cilindros; sin embargo, presenta limitaciones para poder identificar el origen específico de ciertas fallas internas. Por su parte, el Block Tester BT-500 permitió poder confirmar de manera directa la presencia de CO_2 dentro del Sistema de refrigeración especialmente en vehículos de mayor kilometraje, evidenciando un deterioro en la junta de la culata. Se concluye que el Block Tester BT-500 es una herramienta eficiente, rápida y no invasiva, que complementa significativamente los métodos tradicionales de diagnóstico automotriz.

Palabras clave: Diagnóstico Automotriz, Dióxido de Carbono, Block Tester BT-500

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the condition of internal combustion engines by detecting carbon dioxide in the cooling system, using the Block Tester BT-500 equipment and comparing its results with the conventional compression test. The study was conducted using an experimental approach with qualitative methods, applying both tests to two vehicles with different characteristics and levels of wear, namely a 2003 Mazda Allegro and a 1998 Mitsubishi Montero. The results obtained showed that the compression test allowed for analysis of the overall mechanical condition of the engine and the uniformity between cylinders; however, it has limitations in identifying the specific origin of certain internal faults. For its part, the Block Tester BT-500 made it possible to directly confirm the presence of CO_2 within the cooling system, especially in vehicles with higher mileage, evidencing deterioration in the cylinder head gasket. It is concluded that the Block Tester BT-500 is an efficient, fast, and non-invasive tool that significantly complements traditional automotive diagnostic methods.

Keywords: Automotive Diagnostics, Carbon Dioxide, Block Tester BT-500.

Introducción

El diagnóstico automotriz constituye una etapa fundamental dentro del mantenimiento y la evaluación de los motores de combustión interna, ya que permite identificar fallas, prevenir daños mayores y optimizar la vida útil del motor. En los talleres automotrices, la correcta interpretación de los síntomas y resultados de las pruebas de diagnóstico influye directamente en la calidad del servicio, los costos de reparación y la confianza del usuario. Sin embargo, a pesar del avance tecnológico en el sector automotriz, aún es común el uso de métodos tradicionales basados principalmente en la experiencia empírica del técnico y en prueba mecánica convencionales, como la prueba de compresión (Haynes Publishing, 2016).

La prueba de compresión ha sido ampliamente utilizada para evaluar el estado general del motor, ya que permite analizar la capacidad de los cilindros para retener presión durante el ciclo de combustión. No obstante, esta prueba presenta limitaciones importantes, dado que no permite identificar con precisión el origen de ciertas fallas internas, como fugas de gases de combustión hacia el sistema de refrigeración. Este tipo de fallas puede pasar desapercibido en etapas iniciales, generando daños progresivos que, con el tiempo, pueden derivar en averías graves como el deterioro de la junta de culata, deformaciones térmicas de la culata o sobrecalentamientos recurrentes del motor.

En ese contexto, la detección de dióxido de carbono (CO_2) en el sistema de refrigeración se convierte en un indicador clave para el diagnóstico de fallas internas. La presencia de este gas en el circuito de enfriamiento evidencia una comunicación anómala entre la cámara de combustión y el sistema de refrigeración, situación que no debería presentar bajo condiciones normales de funcionamiento. Para este propósito, el Block Tester BT-500 surge como una herramienta de diagnóstico alternativa y complementaria, basada en un principio químico que permite identificar la presencia de CO_2 mediante el cambio de color de un reactivo sensible al pH (Block Tester LLC, 2024).

El Block Tester BT-500 ofrece ventajas significativas frente a los métodos tradicionales, ya que permite realizar un diagnóstico rápido, visual y no invasivo, sin necesidad de desmontar componentes del motor. A pesar de su creciente uso en talleres automotrices, especialmente

en mercados con mayor desarrollo técnico, aún existe una limitada cantidad de estudios que respalden su aplicación sistemática y su comportamiento directa con pruebas mecánicas convencionales, particularmente en el contexto local y académico.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la condición de motores de combustión interna mediante la detección de CO_2 en el sistema de refrigeración utilizando el Block Tester BT-500, comparando sus resultados con los obtenidos a través de la prueba de compresión. Para ello, se desarrolló un estudio experimental aplicado a dos vehículos con características técnicas y niveles de desgastes diferentes, lo que permitió analizar el comportamiento de ambas herramientas bajo condiciones reales de operación.

El trabajo se estructura en cuatro capítulos. El primero aborda los antecedentes, el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación de la investigación. El segundo capítulo desarrolla el marco teórico que sustenta los principios del diagnóstico automotriz y el funcionamiento del Block Tester BT-500. El tercer capítulo describe la metodología empleada y los procedimientos de prueba. Finalmente, en el cuarto capítulo presenta el análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones, aportando a la evidencia técnica que contribuye a mejorar la precisión del diagnóstico automotriz y a fortalecer la formación profesional en ingeniería automotriz.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de investigación

Evaluación de la condición del motor de combustión interna mediante pruebas de detección de dióxido de carbono en el sistema de refrigeración utilizando Block Tester BT-500.

1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema

Hoy en día en los talleres siguen utilizando métodos convencionales de diagnósticos basados en la observación empírica, la experiencia del mecánico y pruebas convencionales como en este caso la compresión. Si bien es cierto estos procedimientos han sido útiles durante décadas, en el que se presentan un margen de datos erróneos al depender de interpretaciones subjetivas.

Este tipo de inconveniente obliga a poder introducir herramientas de diagnóstico más precisa, cuya finalidad es de estandarizar y dar resultados más precisos y fácil aplicación como lo es el Block Tester BT-500, esto permite detectar la presencia de dióxido de carbono (CO_2) en el sistema de refrigeración del motor mediante un reactivo químico en el que esto tiene un cambio en su coloración ante la presencia de estos gases de combustión. Aunque, a pesar de su potencial, no hay mucha información y estudio sobre el reactivo en el que avalen su fiabilidad en distintos tipos de motores ni que en este caso establezcan parámetros técnicos claros para su uso.

También hay que tener muy claro que existen factores externos como la temperatura ambiente, todo depende del tipo de refrigerante o el estado del sistema de refrigeración ya que esto puede alterar resultados y generar dudas en la interpretación de resultados (Erjavec, J., & Thompson, R, 2018), ya que por esta razón es primordial poder evaluar el desempeño del Block Tester BT-500 bajo diferentes condiciones en el que permita medir su eficiencia y efectividad como una herramienta de diagnóstico segura frente a pruebas convencionales, esta investigación también tiene un valor formativo, ya que esta herramienta puede servir en

la parte educativa para estudiantes de ingeniería automotriz en aprender tecnologías más actuales.

1.2.1 Planteamiento del problema

En la mayoría de talleres automotrices, el diagnóstico del poder detectar fallas aun depende del conocimiento empírico del técnico y el de poder identificar síntomas que sean evidentes. En consecuencia, se realizan reparaciones innecesarias o se sustituyen piezas en buen estado, lo que puede significar costos elevados y reducción de la eficiencia y confianza por parte del técnico hacia al cliente en el servicio.

Por ejemplo, en la famosa prueba de compresión, más conocido como prueba con compresómetro es una forma útil de diagnóstico del estado general de un motor de combustión interna pero no es del todo eficiente por sí sola, ya que esta herramienta solo mide la presión máxima en cada cilindro en caso de mostrar una presión baja puede deberse a varios factores como anillos de pistón desgastados, válvulas con fugas, junta de culata dañada, etc. Por otra parte, no mide fugas ni tasa de pérdida en los cilindros, ni hace un análisis de gases o compresión dinámica (Mandell, S., & Mandell, M., 2019).

El block Tester BT-500 brinda una buena práctica y no carece de resultados erróneos al momento de identificar fugas internas de gases de combustión. Sin embargo, su aplicación profesional aún no está respaldada por muchas investigaciones que puedan demostrar su eficiencia y precisión al momento de detectar fugas frente a diferentes comportamientos o variables, como por ejemplo la temperatura o el tipo de refrigerante que el vehículo use.

Otro inconveniente es que no existe mucha información o material técnico a disposición o que sea accesible en el que explique su correcto funcionamiento, como también sus limitaciones y puntos necesarios para poder tener resultados confiables. Debido a este problema muchos usuarios hacen la aplicación sin conocer la herramienta ni los procedimientos adecuados, lo que significa que exista malas interpretaciones en un diagnóstico. Al momento de integrar su análisis dentro de la formación profesional, los estudiantes podrían adquirir competencias prácticas más sólidas, aprendiendo a utilizar

métodos modernos de diagnóstico que complementen los procedimientos convencionales y que este se fortalezca en su perfil técnico.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo influye la aplicación del equipo Block Tester BT-500 en la detección precisa de dióxido de carbono en el sistema de refrigeración, para poder determinar de manera confiable la condición del motor en distintos tipos de vehículo y condiciones de operación?

1.2.3 Sistematización del problema

- ¿Cuáles son las causas más frecuentes de la presencia de dióxido de carbono en el sistema de refrigeración de un motor?
- ¿Cómo funciona el Block Tester BT-500 y cuál es su principio de detección de CO_2 mediante cambio de color del reactivo?
- ¿Qué nivel de precisión y confiabilidad ofrece esta herramienta al aplicar en distintos tipos de vehículos?
- ¿Qué limitaciones presenta el Block Tester BT-500 al aplicarse como método de diagnóstico convencional frente a otras pruebas mecánicas como la compresión?
- ¿De qué manera la detección temprana de CO_2 en el sistema de refrigeración contribuye a la prevención de fallas en el motor?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar la condición de un motor de combustión interna mediante la detección de dióxido de carbono en el sistema de refrigeración utilizando Block Tester BT-500 en diferentes vehículos, como también su precisión y aplicación como herramientas de diagnóstico automotriz.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el uso adecuado del equipo Block Tester BT-500 para la verificación de la condición en el motor.

- Realizar pruebas en diferentes tipos de motores utilizando el equipo Block Tester BT-500 reforzando las pruebas, complementando con prueba de compresión.
- Analizar los resultados obtenidos en las diferentes pruebas utilizando el Block Tester BT-500.

1.4 Justificación y delimitación de la investigación

El poder diagnosticar de manera rápida y concisa problemas internos en los motores de combustión interna ya que es una tarea muy importante como parte del mantenimiento automotriz moderno. Teniendo en cuenta que los gases de combustión logran filtrarse al sistema de refrigeración, se produce un efecto que a lo largo del tiempo pueden pasar desapercibidos en un inicio, pero llega un momento en el que más adelante pueda existir fallas graves comprometiendo muchos elementos del motor, esto a causa del sobrecalentamientos y daños costosos en piezas como la junta de culata o la propia culata del motor.

En este caso el Block Tester BT-500 aparece como una opción fiable, cuya herramienta promete un método más claro, rápido y menos invasivo en el que se verifica si existe dióxido de carbono en el sistema de enfriamiento. No obstante, a pesar de su potencial, todavía no se tiene demasiada información o estudios que respalden su precisión dentro de un contexto local ni tampoco que este defina requisitos de manera clara sobre su aplicación. Esto se hace necesario ya que es un trabajo investigativo en el que analice su desempeño real, lo necesario para poder potenciar la práctica profesional en talleres como parte de fortalecimiento y aprendizaje de futuros ingenieros automotrices.

1.4.1 Justificación teórica

En función de la parte teórica, la capacidad de ciertos reactivos químicos que al mínimo contacto con el CO_2 este tiende a cambiar de coloración como lo es el funcionamiento del Block Tester BT-500. Ya que este fenómeno ocurre debido a que el gas ácido carbónico cuando este se mezcla con el refrigerante, alterando el pH del líquido y permitiendo que el reactivo muestre visualmente esta reacción, en términos teórico este proceso es muy

importante ya que tiene relación directamente con el comportamiento de la junta de culata, la hermeticidad de la cámara de combustión y los procesos térmicos del motor.

1.4.2 Justificación metodológica

Esta investigación tiene una relevancia metodológica ya que se plantea bajo un enfoque experimental, lo que nos permite observar de manera controlada como actúa el Block Tester BT-500 en diferentes motores y condiciones, en el que se requieren de pruebas reales que puedan brindar información concreta sobre la reacción del líquido, la temperatura adecuada del motor, el tipo de refrigerante, como también el tiempo de respuestas del reactivo y otros factores que en este caso influyen en el diagnóstico.

De esta manera el estudio y facilitara al momento de comparar los resultados obtenido con métodos convencionales o comunes como la prueba de compresión. Ya que, es posible poder determinar si el Block Tester BT-500 puede o no aportar una ventaja, si en este caso brinda un nivel de fiabilidad y cumple con los procedimientos o ya sea una alternativa más rápida y efectiva para poder detectar fallas internas.

1.4.3 Justificación práctica

En un diagnóstico que requiera de una práctica diaria de un taller, contar con una herramienta capaz de detectar problemas internos sin tener que desarmar el motor esto puede significar un ahorro significativo de tiempo y dinero. El Block Tester BT-500 en el que ofrece esta posibilidad, por eso es importante poder comprobar su uso en este estudio en el que puede tener un impacto directo en la calidad y precisión de un servicio y sobre todo la eficiencia operativa del técnico.

Adicional a esto, detecta de manera instantánea la presencia de CO_2 evitando las reparaciones innecesarias y sobre todo costosas como en este caso la rectificación de culata o incluso el reemplazo completo del motor.

1.4.4 Delimitación temporal

Esta investigación abarco un tiempo de 18 semanas que parte desde octubre de 2025 hasta febrero de 2026. Cabe mencionar que durante este periodo se mencionará todos los puntos del trabajo como, por ejemplo: consulta bibliográfica, planificación y sobre todo diseño

de las pruebas, selección de vehículos, ejecución del proceso de detección de CO_2 y para finalizar con la elaboración del informe de resultados.

Las primeras semanas estarán enfocadas para poder recoger información teórica, mientras que dicho tiempo intermedio del semestre se asignará para poder desarrollar pruebas prácticas, Al finalizar, se analizará las pruebas prácticas dando lugar a los datos obtenidos en el que se presenten un informe técnico con conclusiones y recomendaciones.

1.4.5 Delimitación geográfica

El estudio se desarrollará dentro de las instalaciones de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), sede Guayaquil. Ya que en este espacio se ofrece acceso a diferentes vehículos y de manera ilimitada, donde se puede hacer uso de herramientas y un espacio de trabajo más seguro, ambiente controlado perfecto para realizar pruebas de Block Tester BT-500 de manera segura y ordenada.

1.4.6 Delimitación del contenido

La investigación se centra de forma específica en el que se pueda hacer un análisis y estudio de la capacidad del Block Tester BT-500 para poder detectar la presencia de Dióxido de carbono en motores de combustión interna. No se toman en cuenta labores propias de reparación, desarme de motores o análisis de otros sistemas del vehículo. El estudio radica en que se pueda evaluar el desempeño del dispositivo como una herramienta de diagnóstico y medir su nivel de fiabilidad comparando con resultados de métodos tradicionales o convencionales que sea necesario.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco teórico

En este punto del marco referencial nos referimos a las bases de aquellos conceptos y técnica que se utilizan para poder sustentar la presente investigación. A través de este apartado se articulan los fundamentos del diagnóstico automotriz, los criterios de dicha eficiencia de la detección temprana de fallas internas y en este caso el funcionamiento del Block Tester BT-500.

2.1.1 Diagnóstico automotriz

En este tema, el diagnóstico automotriz trata de poder identificar el estado funcional de los sistemas de un vehículo mediante la recopilación de datos, el estudio de síntomas y el uso de herramientas especializadas. Con el desarrollo tecnológico, el diagnóstico deja de ser un proceso basado únicamente en la experiencia del técnico en el que se transforma en un procedimiento técnico en el que demanda interpretación de valores, condiciones térmicas, variaciones de presión y señales electrónicas.

Ahora, el diagnóstico automotriz es importante por estos factores, como por ejemplo la complejidad de los motores modernos, la incorporación de sensores y sistemas electrónicos, la presión por dar un servicios más rápido y eficiente (Mandell & Mandell, 2019).

Teniendo en cuenta que existan herramientas avanzadas como lo son los escáneres OBD, hay fallas internas (como las fugas de CO_2 hacia el sistema de refrigeración) ya que no generan códigos de error y en este caso se requiere métodos alternativos para poder ser detectadas. Por ello, instrumentos como el Block Tester BT-500 resultan esenciales para poder completar el trabajo de diagnóstico.

2.1.2 Eficiencia de diagnóstico

La eficiencia de diagnóstico se trata de que una herramienta o método sea capaz de detectar una falla de manera rápida, confiable y preciso, reduciendo la posibilidad de errores. En el mundo automotriz, un diagnóstico eficiente y preciso reduce los cambios incensarios de piezas, en el que pueda reducir costos de reparación y sobre todo acortar dichos tiempos de

mano de obra en el taller. Todo esto puede depender de estos factores como, por ejemplo, la precisión técnica en el que consiste que la herramienta debe dar resultados claros y verificables, rapidez en el procedimiento de diagnóstico cuanto más rápido se pueda detectar un problema, más pronto para poder evitar que su síntoma empeore (Duffy, 2020).

El Block Tester BT-500 puede permitir poder evaluar la eficiencia del diagnóstico desde un enfoque químico y no mecánico, ofreciendo una alternativa a procedimientos convencionales. Ya que esto radica en el que tenga la capacidad de confirmar fallas internas y de que una manera u otra exigirían a que se desarme el motor o tener que aplicar otras pruebas más complejas.

2.1.3 Importancia de la detección de fallas tempranas

La detección de manera rápida es primordial para poder evitar ciertos daños internos en el que pueden que evolucionen silenciosamente ya que solo muestra síntomas visibles cuando el daño ya es avanzado. En motores de combustión interna, al momento de haber presencia de CO_2 al sistema de refrigeración ya que es uno de los problemas que, no se identifican a tiempo, este puede provocar daños o consecuencias graves como, por ejemplo, sobrecalentamientos recurrentes, pérdida de compresión, deformaciones térmicas en la culata, daño en el empaque o junta como se muestra en la figura 1, reparaciones costosas como rectificaciones o cambio de motor (Unwin, 2018).

En este caso el poder detectar las fugas de gases de combustión a través de pruebas simples, mejora la toma de decisiones respecto al mantenimiento en el que se permita poder planificar futuras reparaciones antes de que el problema pueda afectar a otras partes del motor y en este caso evitar costos innecesarios para el dueño del vehículo.

Figura 1

Empaque de culata soplada de motor 4G64 de Mitsubishi Montero año 1998



2.1.4 Block Tester BT-500, descripción y su aplicación

El Block Tester BT-500 ya que es un equipo en el que está diseñado para poder detectar la presencia de dióxido de carbono en los vapores del sistema de refrigeración. Su estructura está compuesta por una cámara transparente y un líquido (reactivo químico) en el que este cambia de coloración cuando está en contacto con gases procedentes de la combustión.

La aplicación de este resulta eficiente su diagnóstico porque no requiere desmontar el motor, permite que se pueda detectar fallas internas en pocos minutos, se apoya en un principio químico fácil de interpretar, complementa pruebas convencionales como la compresión o fugas de cilindro (Haynes Publishing, 2016). Su aplicación consta en poder tomar una muestra de gas o vapor que se encuentre en el radiador o del depósito de expansión, en el que esto permita identificar si los gases de combustión están migrando hacia el sistema de refrigeración, figura 2.

Figura 2

Block Tester BT-500



Fuente: (Haynes Publishing, 2016)

2.1.5 Principios de diagnóstico automotriz

Dentro del diagnóstico automotriz se fundamenta en una secuencia de principios estructurados que apertura a una orientación técnica por ejemplo la observación y detección inicial en el que analiza ruidos, temperaturas, consumos y comportamientos anómalos, mediciones de variables como en este caso la presión, temperatura, voltajes, gases, fluidos,

uso de herramientas especializadas como equipos electrónicos, hidráulicos, en el que esto facilite el análisis interno del motor (Erjavec & Thompson, 2018).

2.1.6 Composición química del reactivo del Block Tester BT-500

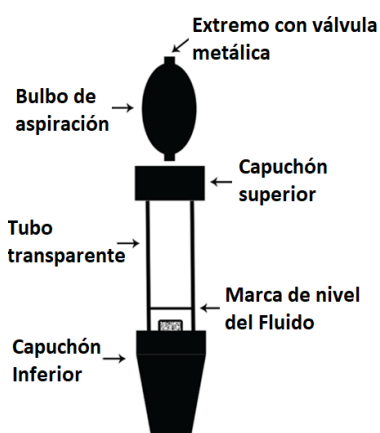
El Reactivo del Block Tester BT- 500 es una solución química en el que reacciona especialmente ante la presencia de dióxido de carbono. Su composición exacta es propiedad del fabricante, pero se sabe que esto contiene, el indicador de pH que es altamente sensible, sustancia estabilizadora en el que evita una falsa reacción, componentes que son capaces de reaccionar exclusivamente con CO_2 y no con otros gases que puedan presentar en el sistema.

2.1.7 Principios de funcionamiento del reactivo (cambio de color ante CO_2)

El funcionamiento del reactivo se centra en su interacción con el dióxido de carbono, cuando el CO_2 entra en contacto con el reactivo este se disuelve parcialmente en el líquido, se genera ácido carbónico (H_2CO_3), el pH de la solución disminuye, el reactivo cambia de coloración según el nivel de acidez (Atkins & Jones, 2020). Este proceso se expresa visualmente, por ejemplo, azul significa que no se detecta presencia de CO_2 (no hay fuga), verde representa moderada de CO_2 (posible fuga inicial), amarillo representa una alta concentración de CO_2 (hay un fuerte daño interno).

Figura 3

Diagrama de detector de CO_2



Fuente:(Block T.,2024)

La comprobación de fugas debe de realizarse con el motor en marcha y caliente. Adoptando las precauciones necesarias para no quemarse con el líquido refrigerante o con el motor caliente, es importante que el líquido refrigerante permanezca caliente y circulando durante todo el proceso de comprobación. Una vez que se haya colocado el comprobador al depósito de refrigerante, tener en cuenta que este debe estar totalmente sellado con la boca del radiador, por consiguiente, se debe presionar repetidamente el bulbo de aspiración durante aproximadamente 1 minuto, figura 3.

Luego verifique los niveles de coloración como se muestra en la figura 3 que este debe expresar por ejemplo si se mantiene azul es que no existe ninguna fuga, pero si cambia a color verde y amarillo es que hay una pequeña o grande cantidad de fuga en la junta o ya sea en las válvulas de admisión o escape.

2.1.8 Seguridad y manipulación del reactivo

El reactivo químico es utilizado en Block Tester BT-500 en el que se requiere de una manipulación cuidadoso en el que debido a su composición al pH y a su interacción directa con gases que provienen del sistema de refrigeración. Teniendo en cuenta que es un químico altamente tóxico, si su uso inadecuado puede causar datos adversos generando irritaciones o contaminación del área de trabajo.

Teniendo en cuenta que hay que recomendar que se utilicen guantes resistentes a químicos para poder evitar el contacto directo con la piel. También hay que tener en cuenta que se debe evitar la inhalación de vapores cuando el motor está caliente y se abre el radiador, es necesario hacer la prueba en lugares ventilados o áreas donde haya bastante ventilación en el que he posible que libere vapores de refrigeración.

2.1.8.1 Normativa RTE INEN 034 en base a pruebas automotrices.

La importancia es que, al poder usar el comprobador Block Tester BT-500, nunca se tiene que poner en riesgo la seguridad del operario. Por ejemplo, ante una prueba con el motor caliente, siempre hay que tener en cuenta poder usar el equipo de protección personal (guantes, gafas, etc.). Ya que esta norma aplica únicamente cuando se hace el uso de este

equipo en talleres o lugares que tengan la certificación en el que se puede hacer revisiones o pruebas técnicas.

2.1.9 Uso práctico del block Tester BT-500 en talleres automotrices

El Block Tester BT-500 ha garantizado diagnósticos en el país de estados unidos ya que recordemos que es un país donde tiene mucha demanda de este tipo de servicios ya que es uno de los países con un nivel de desarrollo industrial y trabajo avanzado, los vehículos que por lo general son vehículos que son utilizados en el medio, cabe mencionar este pequeño análisis el dispositivo ha sido capaz de diagnosticar sin necesidad de desmontar componentes del motor. Su uso práctico aporta al diagnóstico ya que por su simplicidad solo basta con detectar presencia de gases CO_2 en el sistema de refrigeración a través del cilindro transparente y se observa cambios de coloración del reactivo.

2.1.10 Impacto del Block Tester en la reducción de errores de diagnóstico

Ante un diagnóstico automotriz es un reto en el que hay una posibilidad de poder cometer errores al momento de mal interpretar datos erróneos de un mal síntomas o en este caso poder confiar en pruebas incompletas, cabe mencionar que ante un mal diagnóstico podemos conducir a reparaciones innecesarias y que incluso son muy costosas dando como resultado la desconfianza del cliente y la poca fiabilidad que se da en un servicio como lo es un diagnóstico. Por ello el Block Tester BT-500 es una herramienta que ofrece diagnósticos incluso cuando los síntomas no son concluyentes como, por ejemplo.

2.1.10.1 Aporte evidencia visual inmediata

El cambio de color permite la confirmación de presencal de CO_2 sin tener que desmontar ningún elemento mecánico, ya que los cambios de coloración son indicadores en los cuales nos dan los resultados dependiendo el estado del motor cuando se está en caliente o en marcha figura 4.

En conjunto, el aporte de evidencia visual inmediata fortalece la precisión del diagnóstico automotriz, mejorando la comunicación de resultados entre técnicos y el cliente, y contribuye a un mantenimiento más preventivo y eficiente, alineados con las exigencias actuales del sector automotriz.

Figura 4*Indicador de coloración Block Tester BT-500*

Fuente: (Ramirez,2024)

2.1.11 Parámetros de análisis

Para el desarrollo de la prueba con el Block Tester BT-500 se establecieron parámetros de análisis en el que permitieron que se pueda evaluar de manera clara y exhaustivamente la condición interna de un motor. Estos parámetros fueron ya definidos considerando las condiciones reales de funcionamiento del vehículo y en este caso las variables que este influye directamente en la detección de dióxido de carbono del sistema de refrigeración de acuerdo a su coloración como se ilustra en la tabla 1. Uno de los elementos fundamentales fue la temperatura de operación del motor, teniendo en cuenta que la prueba se realiza únicamente cuando el motor alcance su rango de trabajo normal. Esto asegura la correcta circulación del refrigerante y facilitó la infiltración en posibles gases de combustión hacia el sistema de refrigeración, teniendo en cuenta que se consideró, el tiempo de aplicación del equipo en el que se mantiene una aspiración de gases continuas durante un tiempo controlado, esto con el fin de poder garantizar una reacción adecuada del reactivo químico. Finalmente, los resultados que se obtengan de estas pruebas son las que se contrastan con pruebas mecánicas convencionales, permitiendo así una correcta evaluación integral y reforzando la validez del método aplicado.

Tabla 1*Descripción técnica de coloración del reactivo Block Tester BT-500*

Coloración del Reactivo	Interpretación	Resultado de diagnóstico
Azul	No se detectó CO_2 dentro del sistema de refrigeración	Motor en condiciones de Trabajo normales, sin fugas internas
Verde	Se detecto una pequeña presencia de CO_2	Posible agrietamiento de culata o empaque desgastado
Amarillo	Se detecto una alta presencia de CO_2	Fuga severa de gases de CO_2 daño interno de cilindros

Cuando durante la prueba la coloración azul permanece, es porque e indica que en el sistema de refrigeración no presenta contaminación de gases de combustión, lo que quiere decir que esto tienen una mejor estanquidad interna en el motor. Pero siendo esto lo contrario a un cambio de manera progresiva hacia una tonalidad verdosa o amarilla, quiere decir la evidencia de presencia de CO_2 , en el que esta interactuando la cámara de combustión y el sistema de refrigeración, tabla 1 (Block Tester LLC.,2024).

2.1.12 Uso del equipo Block Tester BT-500

2.1.12.1 Identificación de uso Block Tester BT-500

La identificación del equipo Block Tester BT-500 se analiza en la correcta interpretación del cambio de coloración en el que está compuesta el reactivo químico del equipo, en el que este actúa como un indicador ante una presencia inmediata del dióxido de carbono (CO_2) dentro del sistema de refrigeración del motor. Ya que este proceso permite poder diagnosticar de manera rápida y menos invasiva posible ante una falla interna, este daño en la junta de culata, fisuras en la culata o fugas entre la cámara de combustión y los conductos de refrigeración.

2.1.12.2 Método de comprobación Block Tester BT-500

El método de comprobación con el Block Tester Bt-500 se realiza colocando el equipo en el tubo de escape en el que este aspire los gases ya combustionados por el motor mientras este se encuentra en funcionamiento y a su temperatura normal de trabajo. El reactivo químico contenido en el dispositivo permite identificar la posible presencia de gases de combustión mediante un cambio de color. Como se ilustra en la figura 5.

Figura 5

Método de comprobación del equipo Block Tester BT-500



Capítulo III

Desarrollo metodológico

En este capítulo se presenta de manera específica la metodología en el que este se emplea para poder evaluar la condición de un motor de combustión interna mediante la detección de dióxido de carbono CO_2 en el sistema de refrigeración utilizando el equipo Block Tester BT-500. La metodología emplea en una serie de apoyos en el que se fundamenta el diagnóstico automotriz que este menciona en el marco teórico, priorizando la aplicación práctica del equipo bajo condiciones reales de funcionamiento.

El propósito principal es analizar su comportamiento, fiabilidad y utilidad frente a otros diagnósticos convencionales como lo es el compresómetro, teniendo en cuenta que este método es muy común en los talleres automotrices. Por otra parte, el desarrollo que se emplea incluye la definición del enfoque del estudio y la justificación técnica para la selección de vehículos en el que se realizará la prueba, debido a que los resultados obtenidos sean consistentes, verificables y relevantes para el ámbito académico y profesional.

3.1 Enfoque del estudio

Esta investigación se desarrolla de acuerdo al enfoque experimental, cuantitativo y cualitativo aplicados al estudio que se hace relevancia con la comprobación de diagnóstico utilizando el equipo Block Tester BT-500 versus las comprobaciones convencionales.

Desde el punto de vista experimental, el estudio se basa en las pruebas directas del equipo Block Tester BT-500, sobre el sistema de refrigeración de un motor de combustión interna en condiciones normales de operación. Este procedimiento nos permite observar de manera controlada la reacción del reactivo químico ante la posible presencia de gases de combustión, específicamente CO_2 , teniendo en cuenta el no ser necesario de desmontar componentes del motor ni realizar intervenciones invasivas.

El enfoque cuantitativo se evidencia en la recopilación cronológica de datos en el que se ha obtenido durante la aplicación de la prueba. Entre las variables en el que se considera se incluye el tiempo en el que tarda el reactivo en cambiar de color, la intensidad de dicha coloración, la temperatura de funcionamiento del motor y el resultado final de la detección.

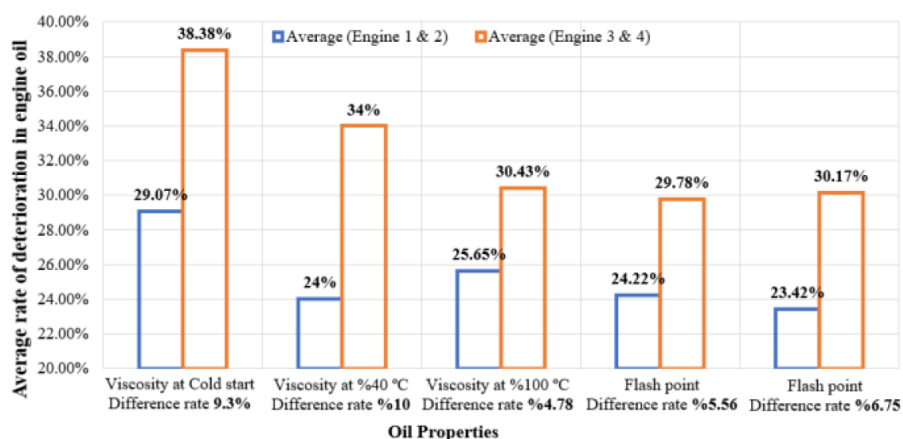
Estos datos permiten en el que se realice un análisis de manera objetiva en el desempeño del equipo teniendo en cuenta la facilitación de la comparación entre ambos métodos de diagnósticos.

3.2 Selección de vehículos de prueba

Para la selección de los vehículos de prueba, se ha tomado en cuenta tanto el tipo de vehículo como también los kilometrajes que cada vehículo posee, por ejemplo, el nivel de desgaste que un vehículo de 50.000 km de recorrido van hacer muchos menores o insignificantes ante un vehículo que conste con un kilometraje más de 100.000 km de recorrido. De hecho, según el artículo “Effects of Vehicle Mileage Rate on Engine Oil Properties”, muestra que vehículos con alto kilometraje presentan mayores tasas de deterioro de propiedades críticas del aceite, como la viscosidad cinemática, el punto de inflamación y el punto de fuego, en comparación con vehículos de menor kilometraje, ya que este estudio se implementó en cuatro motores Nissan Sunny de dos modelos 2012 con más de 100 000 km y dos modelos 2020 con menos de 25 000 km, figura 5(Hameed,2023).

Figura6

Diferencia en la tasa promedio entre motores viejos y nuevos



Fuente: (Hameed, 2023)

Por ejemplo, en la figura 6, se evidencia una diferencia clara ante el comportamiento de la viscosidad del aceite entre motores nuevos y motores antiguos. Según hameed (2023), los motores nuevos presentan una disminución de viscosidad del 20,07 %, mientras que en los motores antiguos la disminución es mayor, alcanzando el 38,37%. Esto en pocas palabras nos informa que motores que tienen un mayor tiempo de recorrido presentan una degradación

más acelerada de las propiedades del lubricante ya sea que se utilice aceite mineral. Por ende, se observa una diferencia del 9,3% en la tasa de cambio de la viscosidad entre motores nuevos y antiguos, lo que demuestra que el estado del motor influye de manera significativa el comportamiento del aceite, aun mas en temperatura de trabajo.

3.3 Descripción de los vehículos seleccionados a analizar

Tabla2
Descripción técnica del vehículo

Datos	Vehículo 1	Vehículo 2
Marca	Mitsubishi	Mazda
Modelo	Montero	Allegro
Motor	4G64	ZM 543343
Año	1998	2003
Cilindrada Motor (cc)	2400	1598
Kilometraje (Km)	671004	423345
Tipo de Sistema de alimentación	Carburación	Full Injection

Por ejemplo, la selección del Mitsubishi Montero 1998 con motor 4G64 como se muestra en la tabla 2, tiene un kilometraje de 671004 km en el que en base al punto 3.2 el kilometraje acumulado tiene un efecto notable en las propiedades físico químico de los fluidos y los componentes del motor. El Mitsubishi Montero seleccionado supera significativamente un alto kilometraje ya que es perfecto para dichas investigaciones comparativas para poder ser evaluado ante el equipo Block Tester BT-500 bajo condiciones reales que representen su estado en el que se encuentra, como se muestra en la figura 7.

Figura 7

Valor de kilometraje en el tacómetro de Mitsubishi Montero año 1998



Figura8

Mitsubishi Montero año 1998 motor 4G64

**Figura9**

Valor de Kilometraje en el tacómetro de Mazda Allegro año 2003

**Figura10**

Mazda Allegro año 2003 motor ZM 543343



3.4 Prueba de uso compresómetro

3.4.1 Materiales a utilizar para prueba de compresómetro

Los materiales que se ha utilizado fueron los necesarios para poder realizar la prueba como lo es el kit de medición de compresión y un ratchet con extensión y dado diámetro 16 mm (5/8 pulg) como lo especifica en la figura 11.

Figura 11

Kit de medición de compresión, y ratchet con extensión y dado.



3.4.2 Procedimientos de uso compresión

3.4.2.1 Procedimiento de compresión Mazda Allegro motor ZM 543343

- Del kit de medición de compresión se utilizó el acople M14 para conectar el manómetro por donde va las bujías de cada cilindro y una vez conectado se procedió a dar arranques de 5 segundos por 3 veces, como se evidencia en la figura 12.

Figura 12

Conexión de manómetro a cada cilindro y arranque del motor MZ 543343



3.4.2.2 Resultados obtenidos de la prueba de compresión Mazda Allegro

En el Mazda Allegro, los valores de compresión se mostraron diferentes en todos los cilindros, lo que esto evidenció un funcionamiento mecánico y equilibrado del motor como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Resultados de compresión Mazda Allegro

Compress Test			
Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4
			
177 Psi	170 Psi	195 Psi	186 Psi

3.4.2.3 Procedimiento de compresión Mitsubishi Montero motor 4G64

- Del kit de medición de compresión se utilizó el acople M14 para conectar el manómetro por donde va las bujías de cada cilindro y una vez conectado se procedió a dar arranques de 5 segundos por 3 veces, como se evidencia en la figura 13.

Figura 13

Conexión de manómetro a cada cilindro y arranque del motor 4G64



3.4.2.4 Resultados obtenidos de la prueba de compresión Mitsubishi Montero

Tabla 4

Resultado de compresión Mitsubishi Montero

Compress Test			
Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4
			
210 Psi	210 Psi	210 Psi	211 Psi

3.5 Procedimiento de uso del equipo Block Tester BT-500

3.5.1 Procedimiento de uso del equipo Block Tester BT-500 en Mazda Allegro

- Se ilustra la presentación de como viene en el empaque el conjunto del equipo

Block Tester BT-500, como se evidencia en la figura 14.

Figura 14

Presentación de empaque Block Tester BT-500



- Desmontaje de bulbo de aspiración o tapa superior del envase o recipiente del equipo Block Tester BT-500 como se muestra en la figura 15.

Figura 15

Proceso de utilización Block Tester BT-500



- Colocación del reactivo “Test Fluid” hasta la marcación de nivel establecido en el envase donde dice “Fluid Level”, como se evidencia la figura 16.

Figura 16

Colocación Fluido del reactivo hacia el envase



- Verificación de nivel del reactivo hasta la marcación “Fluid Level”, según indicaciones o instrucciones del producto, para que el proceso de funcionamiento no se altere y los resultados sean de manera precisa, como se evidencia en la figura 17.

Figura 17

Nivel del reactivo según indicador



- Se sella la tapa superior del envase ya con el fluido o reactivo puesto en su nivel, figura 18.

Figura 18

Montaje de tapa superior del envase



- Con el motor en marcha a una temperatura de trabajo que oscila entre 85°C a 90°C, como se evidencia en la figura 19.

Figura 19

Indicador de temperatura del motor según tablero Mazda Allegro



- Se identificó el reservorio del líquido refrigerante en el cual se pondrá el equipo Block Tester BT-500, como se evidencia en la figura 20.

Figura 20

Verificación del nivel de líquido refrigerante y reservorio del mismo



- Una vez puesto, se coloca la bombilla de aspirado que es de caucho, y con la mano se va presionando de forma paulatina y despacio sin hacer mucha presión durante 1 minuto, como se evidencia en la figura 21.

Figura 21

Aplicación del Block Tester BT-500 Mazda Allegro Motor MZ 543343



3.5.2 Resultados obtenidos con equipo Block Tester BT-500 en Mazda Allegro

Tabla 5

Resultados obtenidos por el equipo Block Tester BT-500 Mazda Allegro

Descripción	Antes	Después
Ilustración		
Tiempo (min)	1	2
Coloración	Azul	Azul

3.5.3 Procedimiento de uso Block Tester BT-500 en Mitsubishi Montero

- Para volver a utilizar el reactivo, según las indicaciones este no es reutilizable, por lo tanto, se debe desechar y enjuagar con agua el envase, tal como se ilustra en la figura 22 y el proceso es el mismo que el anterior vehículo (Mazda) como en el punto 3.6.1.

Figura 22

Proceso de utilización Block Tester BT-500



- Una vez hecho el mismo proceso de preparación del Block Tester BT-500, se espera a que el motor se encuentre en marcha y a temperatura de trabajo entre 85°C a 90°C, como se muestra en la figura 23.

Figura 23

Indicador de temperatura según tablero de Mitsubishi Montero



- Una vez con la temperatura de trabajo del motor para que el termostato se accione y así pueda circular el líquido refrigerante ya sea del reservorio o del radiador, se coloca el Block Tester BT-500, como se muestra en la figura 24.

Figura 24

Implementación del Block Tester BT-500 en sistema de refrigerante, radiador



- Se aprisiona la bombilla de aspirado repentinamente veces de manera pausada y suave durante 1 minuto según las indicaciones del producto, como se evidencia la figura 25.

Figura25

Aplicación Block Tester BT-500 Mitsubishi Montero Motor 4G64



3.5.4 Resultados obtenidos con Block Tester BT-500 en Mitsubishi Montero

Tabla 6

Resultados obtenidos por el equipo Block Tester BT-500 Mitsubishi Montero

Descripción	Antes	Después
Ilustración		
Tiempo (min)	1	2
Coloración	Azul	Verde

Durante la investigación práctica, el reactivo fue colocado en la cámara transparente del Block Tester BT-500 y expuesto de manera en el que los vapores que este aspira desde el radiador o depósito de expansión, con el motor en marcha y a temperatura de operación. El resultado de la prueba se determinó mediante la observación directa del color final del reactivo, el cual fue comparado con la tabla de referencia establecida del equipo, como se evidencia en la tabla 6, ya que de acuerdo a la tabla 1 en el que muestra la información de diagnóstico ante la presencia del color verde. Esta coloración muestra una fuga leve y su causa es el deterioro del empaque del motor como también posibles fisuras en el cabezote.

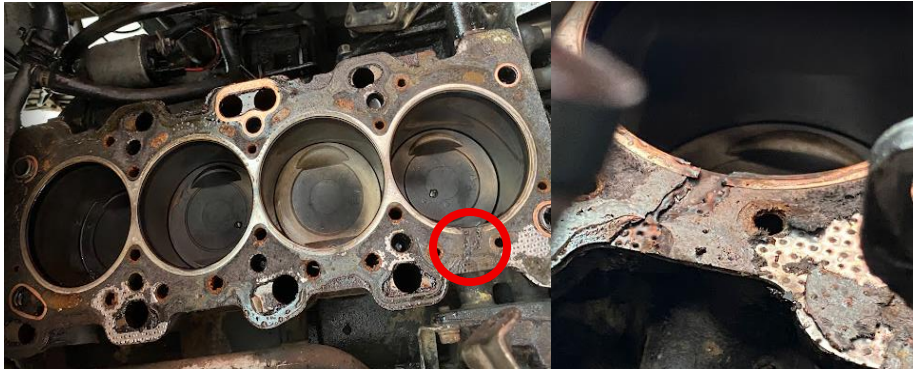
3.6 Evidencia visual Mitsubishi Montero ante diagnóstico Block Tester BT-500

Al desmontar el cabezote del Mitsubishi Montero con el fin de corroborar el resultado positivo del Block Tester BT-500 (coloración verde), se evidenció visualmente la causa directa de la fuga leve de CO_2 en el sistema de refrigeración. Como se muestra en la figura 26, el deterioro localizado es en el empaque de culata del motor, identificado en la zona señalada, lo que confirma que el paso de gases de combustión hacia el circuito de refrigeración se

produjo por un empaque soplado o degradado, en otras palabras, esta evidencia mecánica valida el diagnóstico previo mediante la prueba química, demostrando concordancia entre ambos métodos de evaluación.

Figura 26

Desmontaje de culata motor Mitsubishi Montero 1998



Capítulo IV

Análisis de resultados

4.1 Análisis de resultados Mazda Allegro

4.1.1 Análisis de compresión motor Mazda Allegro

Dentro de estos valores se evidencia en la tabla 7 que tanto el cilindro 2 como el cilindro 1 tienen mucha variación entre los demás cilindros teniendo en cuenta que los demás cilindros siguen variando por ejemplo entre los cilindros 3 y 4 tienen una diferencia de 9 psi, mientras que la diferencia del cilindro 1 y 2 del valor máximo del cilindro 3 hay una variación de 18 y 25 psi, según datos del fabricante el valor estándar de compresión del motor ZM de Mazda con el número de serie de motor ilustrado en la tabla 1, el valor es de 199 psi mientras que el mínimo es de 142 psi y la diferencia máxima entre cilindros es de 28 psi (196 Kpa), (Mazda Motor Corporation, 2003).

Tabla 7

Valores de resultados obtenidos del compresómetro Mazda Allegro

	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4
Valor				
(Psi)	177	170	195	186

Entonces para el Mazda motor ZM el valor máximo del cilindro 3 de 195 psi y el mínimo del cilindro 2 de 170 psi ay una diferencia de 25 psi lo cual quiere decir que está dentro del rango permitido que son 28 psi teniendo en cuenta que todos los cilindros están por encima del mínimo 142 psi, por lo tanto, la diferencia entre cilindros sobre todo el cilindro 1 y 2 puede deberse a menor sellado por anillos o válvulas, o simplemente condiciones de prueba como batería, rpm, mariposa, etc. También puede deberse a los asientos de válvulas con carbonilla, o válvula ligeramente quemada o un cierre imperfecto, en pocas palabras el motor del Mazda no presenta una fuga considerable de acuerdo a los estándares establecidos por Mazda.

4.1.2 Análisis Block Tester BT-500 del Mazda Allegro

Los valores de compresión que se muestra en la tabla 7 del punto 4.1, el Mazda Allegro se mantuvieron estables y dentro de su rango establecido por el fabricante en todos los cilindros, lo que se evidencia un funcionamiento mecánico equilibrado del motor. Este resultado fue respaldado por el Block Tester BT-500, ya que el reactivo no presentó variaciones de coloración como se ilustra en la tabla 8, esto indica que no existe la ausencia de dióxido de carbono dentro del sistema de refrigeración y, por lo tanto, este concluye que no presenta ninguna fuga en su interior.

Tabla 8

Resultados obtenidos de acuerdo a coloración del equipo Block Tester BT-500 Mazda

Vehículos	Mazda Allegro
Ralentí (rpm)	970
Coloración final	Azul

4.2 Análisis de resultados Mitsubishi Montero

4.2.1 Análisis compresión motor Mitsubishi Montero

En los valores de compresión obtenidos en la tabla 4, teniendo en cuenta que para el Mitsubishi Montero es un tipo de motor robusto número de serie 4G64 que se especifica en la tabla 1, se puede observar los valores de cada cilindro son constantes y no hay mucha variaciones entre cilindros, sin embargo comparando con los datos establecido por el fabricante, el valor estándar de compresión es 213 psi y la compresión mínima establecida es de 150 psi y una variación máxima entre cilindros es de 25 – 30 psi todos estos datos establecido según Mitsubishi Motors Corporation (1998).

Tabla 9*Valores de resultados obtenidos del compresómetro Mitsubishi Montero*

	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4
Valor				
(Psi)	210	210	210	211

Entonces estos valores tanto los cilindros 1, 2 y 3 que constan con 210 psi como muestra la tabla 9, están por debajo del valor estándar de 213 psi (Mitsubishi Motors Corporation), en el que se estima que existe un mínimo desgaste homogéneo, por consiguiente, fugas por blow-by hacia el cárter del motor ya sea por desgaste de los anillos del pistón o las camisas del cada cilindro, lo cual no sella completamente la cámara de combustión.

4.2.2 Análisis Block Tester BT-500 de Mitsubishi Montero

En caso del Mitsubishi Montero presentó irregularidades ya que durante la prueba del uso del equipo Block Tester BT-500 dio una coloración mínima verde o tonalidad verdosa del reactivo evidenciando en la tabla 5, sin embargo ante la prueba de compresión mantenía un buen valor de 210 psi como se evidencia en la tabla 9, pero con el equipo Block Tester BT-500 se confirma una pequeña presencia de CO_2 dentro del sistema de refrigeración, lo que puede evidenciar una falla interna asociada a deterioro de sello de válvulas u otra posibles causas como deterioro de empaque o fisura de la culata, tabla 10.

Tabla 10*Resultados obtenidos con el Block Tester BT-500 Mitsubishi*

Vehículos	Mitsubishi Montero
Ralentí (rpm)	900
Coloración final	Verde

4.2.3 Análisis de resultado visual vs Block Tester BT-500

Sin embargo, en el punto 3.6 se muestra una comprobación visual en el que se corrobora plenamente la presencia de CO_2 en el sistema de refrigeración y su posible causa de acuerdo a la coloración, en la figura 26 se observa de forma directa un empaque de culata soplado. La falla del empaque explica el paso de gases de alta presión desde los cilindros hacia los conductos de refrigeración, fenómeno que fue detectado previamente por el Block Tester BT-500, ya que en la prueba con la mínima presencia de CO_2 en el sistema, su coloración verdosa nos proporcionó posibles causas en el que fueron coincidadas con la evidencia mecánica.

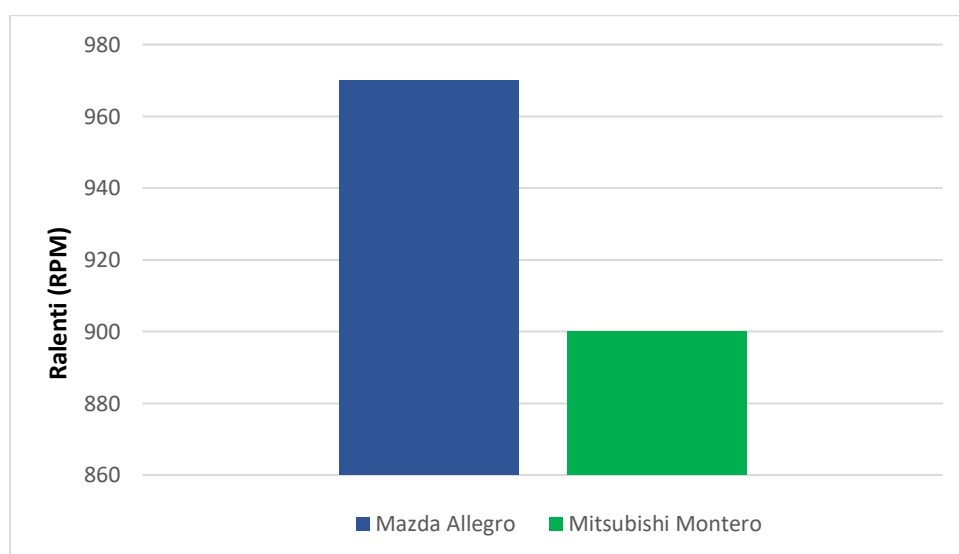
4.3 Análisis final

Ante la ejecución de estas pruebas de diagnóstico, esto se observó que el correcto funcionamiento del Block Tester BT-500 depende en gran medida de que la temperatura del motor se encuentre bajo operación normal. Bajo estas condiciones, el reactivo pudo presentar respuestas claras y coherentes con el estado real del motor.

En el Mazda Allegro, el reactivo permaneció estable durante todo el proceso de aspiración de vapores y con el funcionamiento del carro en ralentí de 970 rpm como se evidencia en la figura 27.

Figura 27

Gráfica resultado de coloración de acuerdo al ralentí



Confirmando que el sistema de refrigeración del Mazda Allegro se encontraba libre de gases de combustión. Por otro lado, el Mitsubishi Montero cambio de color en el que se produjo un corto periodo de tiempo, lo que se evidencia una concentración significativa de CO_2 y una falla activa y su coloración verdosa pudo ser producto de la detección de estos gases combustionados con un ralenti de 900 rpm como se evidencia en la figura 27. Esto se comprobó que el Block Tester BT-500 requiera de menos tiempo de ejecución y menor intervención mecánica en comparación con la prueba de compresión, lo que representa una ventaja en el que este opere en un entorno de taller.

El uso del Block Tester BT-500 permitió que se pueda detectar fallas internas que no siempre son evidentes mediante prueba mecánicas tradicionales. Entre las principales anomalías identificada se encuentran las fugas de gases de combustión hacia el sistema de refrigeración, ocasionada por daños en la junta de culata o microfisuras en la culata del motor.

Este tipo de fallas, especialmente en motores con un alto kilometraje, pueden no generar síntomas visibles en etapa iniciales. En el caso del Mitsubishi Montero, la prueba permitió confirmar una condición interna crítica.

El análisis de los resultados demostró que el block Tester BT-500 no sustituye a la prueba de compresión, sino que la complementa de manera efectiva. Mientras la prueba de compresión proporciona información general sobre el estado mecánico de los cilindros.

La principal ventaja del Block Tester BT-500 radica en su rapidez, facilidad de interpretación y carácter no invasivo. Estas características reducen el margen de error en el diagnóstico y mejoran la toma de decisiones técnicas, especialmente en motores con desgaste avanzando, donde las pruebas convencionales pueden resultar insuficientes.

En consecuencia, existe una relación directa y coherente entre el diagnóstico químico y la inspección mecánica, validando la confiabilidad del método de detección de CO_2 . El Block Tester BT-500 permitió identificar la falla de manera no invasiva valga la redundancia, esto demuestra que el equipo es una herramienta eficaz para el diagnóstico temprano de fallas en el motor de combustión interna reduciendo tiempos y evitando desmontajes innecesarios.

Conclusiones

- La investigación permitió establecer que, cuando el Block Tester BT-500 se utiliza correctamente y bajo condiciones adecuadas de funcionamiento del motor, se convierte en una herramienta confiable para evaluar el estado interno del mismo. El procedimiento aplicado pudo demostrar que la lectura visual del cambio de coloración del reactivo facilitó la identificación de la presencia de dióxido de carbono en el sistema de refrigeración, en el que ofrece un resultado claro y fácil de interpretar. Ya que esto contribuye a disminuir la dependencia de diagnósticos basados únicamente en la experiencia empírica del técnico y mejora la objetividad del proceso.

- La realización de pruebas en motores con diferentes características y niveles de desgaste evidenció que el uso conjunto del Block Tester BT-500 y la prueba de compresión permita obtener una visión más completa del estado del motor. Mientras que la prueba de compresión aporta información sobre el comportamiento mecánico general y la uniformidad entre cilindros, el reactivo complementa este análisis al detectar posibles fugas internas de gases combustionados en el que no siempre se manifiestan como una pérdida directa de compresión.

- El análisis de resultados obtenidos confirmó que el Block Tester BT-500 representa un aporte significativo al diagnóstico automotriz, ya que esto permite identificar fallas internas en etapas tempranas, incluso cuando los valores de compresión se mantienen dentro de su rango aceptables. La comparación entre ambas pruebas evidenció que la combinación de métodos mecánicos y químicos incrementa la precisión del diagnóstico, reduciendo la probabilidad de errores ante decisiones técnicas, en el que esto contribuye a un mantenimiento más eficiente y preventivo en los motores de combustión interna.

Recomendaciones

- Se recomienda que el uso del Block Tester BT-500 se realice únicamente bajo condiciones controladas, asegurando que el motor alcance su temperatura normal de operación y que se sigan estrictamente los procesos establecidos y estandarizados por el fabricante. Adicional a eso, es conveniente tener una capacitación al personal técnico en la correcta interpretación del cambio de color del reactivo, con el fin de evitar errores en la lectura y garantizar al cliente un diagnóstico más preciso.

- Se aconseja complementar de manera sistemática la prueba de compresión con el uso del Block Tester BT-500, especialmente en motore con alto kilometraje o cuando existan indicios de sobrecalentamiento, consumo anormal de refrigerante o fallas intermitentes. La aplicación conjunta de ambas pruebas permite reducir diagnóstico incompleto y mejorar la identificación del origen real de las fallas internas del motor.

- Se sugiere incorporar el Block Tester BT-500 como parte del protocolo regular de diagnóstico en talleres automotrices y en prácticas académicas, ya que su aplicación contribuye a detectar fallas internas en etapas tempranas y a poder optimizar la toma de decisiones técnicas. Además, se recomienda complementar este método con otras pruebas avanzadas, como la prueba de fugas de cilindros, para obtener evaluaciones más precisas y fortalecer los procesos de mantenimiento preventivo de motores de combustión interna.

Referencias

- American Psychological Association. (2020). Publication manual of the American Psychological Association (7th ed.). American Psychological Association.
<https://doi.org/10.1037/0000165-000>
- Atkins, P., & Jones, L. (2020). Chemical principles: The quest for insight (7th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Bermeo Ayora, J. A. (2017). Diseño de un manual de operación del banco de calibración de bombas a diésel COM-EMC (Trabajo de titulación, Universidad Internacional del Ecuador). Facultad de Mecánica Automotriz, UIDE.
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1800>
- Block Tester LLC. (2024). Combustion leak detection system: Theory and application. Block Tester LLC. <https://blocktester.com>
- Bosch. (2018). Automotive handbook (10th ed.). Robert Bosch GmbH.
- Duffy, J. (2020). Modern automotive technology (9th ed.). Goodheart-Willcox.
- Erjavec, J., & Thompson, R. (2018). Automotive technology: A systems approach (6th ed.). Cengage Learning.
- Hameed, A. A. (2023). Effects of vehicle mileage rate on engine oil properties. International Journal of Automotive Engineering, 13(2), 45–56.
<https://www.researchgate.net/publication/367348038>
- Haynes Publishing. (2016). Automotive engine diagnostics manual. Haynes Publishing Group.
- Heywood, J. B. (2018). Internal combustion engine fundamentals (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- ISO. (2015). ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements. International Organization for Standardization.
- Lara Ponce, M. G., & Galarza Romero, G. R. (2020). Sistema de detección de niveles de dióxido de carbono (CO₂) dentro de la cabina simulada de un vehículo utilizando comunicación LoRaWAN (Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana).
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19625>

- Mandell, S., & Mandell, M. (2019). *Automotive diagnosis and repair* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Mazda Motor Corporation. (2003). *Mazda Allegro service manual*. Mazda Motor Corporation. https://www.mazdaspd.com/manual_files/01-10a.pdf
- Mitsubishi Motors Corporation. (1998). *Mitsubishi Montero workshop manual*. Mitsubishi Motors Corporation. <https://www.scribd.com/document/948322878/Manual-de-servicio-del-motor-Mitsubishi-4g64-2-4l>
- Montero León, E. X., Sanmartín Romero, P. A., & Bazantes Vinueza, M. P. (2017). Estudio de emisiones de gases en gasolina extra y aditivo (Trabajo de titulación). Facultad de Mecánica Automotriz, UIDE. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2285>
- Ramírez, J. (2024). Aplicación práctica del block tester en diagnóstico de motores. *Revista Técnica Automotriz*, 8(1), 22–30.
- RTE INEN 034. (2016). *Reglamento técnico ecuatoriano: Revisión técnica vehicular*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Society of Automotive Engineers. (2017). *Automotive engine performance testing*. SAE International.
- Stone, R. (2012). *Introduction to internal combustion engines* (4th ed.). Palgrave Macmillan.
- Unwin, G. (2018). *Automotive engines: Diagnosis, repair, rebuilding*. Pearson Education.
- Walker, R. (2015). *Engine performance and diagnostics*. Delmar Cengage Learning.
- Wilson, D. G., & Korakianitis, T. (2014). *The design of high-efficiency turbomachinery and gas turbines*. MIT Press.