

REPÚBLICA DEL ECUADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Tema:

Desarrollo de un programa de mantenimiento y diagnóstico posterior al vencimiento de la garantía vehicular aplicado a vehículos livianos de encendido por compresión

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Magíster en Ingeniería Automotriz mención Negocios Automotrices.

AUTOR: ING POZO PULE GANDY ISRAEL.
DIRECTOR: ING CARLOS NOLASCO MAFLA YEPEZ PHD.

IBARRA - ECUADOR

2026



CERTIFICACION DE DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Magíster en Ingeniería Automotriz con Mención en Negocios Automotrices, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Posgrado.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO POSTERIOR AL VENCIMIENTO DE LA GARANTÍA VEHICULAR APLICADO A VEHÍCULOS LIVIANOS DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN.”, presentado por el Ingeniero Gandy Israel Pozo Pule con número de cédula 0401661111, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 26 días del mes Febrero del 2026.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACION DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401661111		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pozo Pule Gandy Israel		
DIRECCIÓN:	Av. García Moreno Mira- Carchi		
EMAIL:	ggandis2@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	+593982969503	TELÉFONO MÓVIL:	+34613769820

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Desarrollo de un programa de mantenimiento y diagnóstico posterior al vencimiento de la garantía vehicular aplicado a vehículos livianos de encendido por compresión
AUTOR (ES):	Pozo Pule Gandy Israel
FECHA: DD/MM/AAAA	26/02/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Magister en Ingeniería Automotriz mención Negocios Automotrices
ASESOR /DIRECTOR:	PhD. Carlos Mafla

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 26 días del mes de febrero de 2026

EL AUTOR:

(Firma).....
Nombre: Gandy Israel Pozo Pule

DEDICATORIA

A ti Dios mío, a mi querida madre Virgencita de la Caridad, por todo lo brindado, por las bendiciones recibidas, por las oportunidades y la salud de mi familia, gracias.

Este arduo trabajo también quiero dedicar al esfuerzo incansable de mis padres JORGE ARTURO POZO ROSERO y mi madre OLIVA MARIETA PULE CHACA con todo mi amor, por ser mis compañeros de progreso y nunca rendirse en desarrollo de mi formación académica y personal, a mis hermanos con mucho cariño y admiración por estar siempre presentes en los momentos más fuertes del camino.

Especialmente quiero dedicar este trabajo a mi hermana LIZ POZO por su esfuerzo y lucha constante para salir adelante, arriesgarse a asumir nuevos retos y ser el motivo de inspiración para ver nuevos horizontes en busca de nuevas oportunidades.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a mi tutor PhD. Carlos Mafla por su guía y apoyo en este trabajo de titulación, por otra parte, al Ing. Cosme Mejía por guiarme y estar pendiente de mí y mis compañeros en su labor como coordinador de nuestra maestría, así como a la Universidad Técnica del Norte y todos los docentes quienes me brindaron sus valiosos conocimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACION DE DIRECTOR DE TESIS	ii
AUTORIZACION DE USO Y PUBLICACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I.....	1
EL Problema.....	1
1.1. Planteamiento del problema de investigación	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Justificación.....	5
CAPÍTULO II	8
Marco referencial	8
2.1. Marco Teórico	8
2.1.1. Mantenimiento.....	8
2.1.2. Tipos de mantenimiento en vehículos diésel	9
2.1.3. Motor diésel	10
2.1.4. Funcionamiento del motor diésel.....	10
2.1.5. Vehículos electrónicos	11
2.1.6. Tendencias de mantenimiento	12

2.1.7. Procedimientos de mantenimiento	13
2.1.8. Impacto del mantenimiento en la eficiencia vehicular.....	15
2.1.9. Normativas ambientales y su influencia en el mantenimiento	16
2.1.10. Límites de emisiones de gases contaminantes por países	16
2.1.11. Mantenimiento y la normativa medioambiental.....	17
2.1.12. Tecnologías de diagnóstico y mantenimiento automatizado.....	18
2.1.13. Procedimientos de mantenimiento en talleres no oficiales	19
2.1.16. Software ESI-TRONIC	20
2.2. Marco Legal	21
CAPÍTULO III.....	22
Marco Metodológico	22
3.1. Descripción del área de estudio / grupo de estudio.....	22
3.2. Enfoque y tipo de investigación	23
3.3. Procedimiento de investigación.....	25
3.4. Consideraciones bioéticas	27
CAPÍTULO IV.....	28
RESULTADOS Y Diagnóstico	28
4.1. Procedimientos de mantenimiento	28
4.2. Tendencias en mantenimiento	34
4.3. Procesos de mantenimiento incorporando con ESI-tronic.....	36
4.4. Procesos de mantenimiento dirigido a los propietarios.....	40
4.5. Problemas Comunes y posibles soluciones en estos modelos.....	42
CAPÍTULO V	46
Propuesta.....	46
5.1. Título de la propuesta.....	46
5.2. Objetivo general de la propuesta.....	46
5.3. Objetivos específicos.....	46

5.4. Desarrollo de la propuesta.....	47
5.4.1. Manual de mantenimiento	47
5.4.2. Módulos del Software ESI-Tronic	54
5.4.3. Capacitación en talleres no oficiales	59
5.5. Validación de la propuesta	61
5.5.1. Resultados de las encuestas a técnicos de los talleres.....	64
5.5.2. Resultados de las encuestas a propietarios de los vehículos	67
5.6. Conclusiones de la propuesta	69
conclusiones y recomendaciones.....	71
Conclusiones	71
Recomendaciones	72
REFERENCIAS	74
Anexos	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cifras emisiones de CO2 por países	17
Tabla 2. Frecuencia de procedimientos de mantenimiento de la muestra	29
Tabla 3. Recomendaciones del sistema de enfriamiento.....	31
Tabla 4. Recomendaciones del fabricante vs observaciones del sistema de escape	31
Tabla 5. Comparación de verificación de bujías de precalentamiento	33
Tabla 6. Aplicaciones del software ESI-tronic.....	35
Tabla 7. Comparación de mantenimiento de los dos modelos de vehículos.....	37
Tabla 8. Proceso de diagnóstico y evaluación.....	38
Tabla 9. Procedimiento de mantenimiento preventivo.....	38
Tabla 10. Procedimiento de mantenimiento basado en la condición	39
Tabla 11. Procedimiento de actualizaciones y optimización de software.....	39
Tabla 12. Procedimiento de gestión de lubricantes - combustibles	40
Tabla 13. Procedimiento RMI.....	40
Tabla 14. Características del mantenimiento.....	41
Tabla 15. Esquemas Eléctricos para Chevrolet DMAX 4x4.....	55
Tabla 16. Esquemas Eléctricos para Mazda BT-50 2.5	56
Tabla 17. Factores que influyen en la propuesta para talleres no oficiales	58
Tabla 18. Plan de capacitación sugerido	59
Tabla 19. Presupuesto estimado	60
Tabla 20. Vehículos piloto y kilometraje	61
Tabla 21. Diagnóstico piloto con ESI-Tronic	62
Tabla 22. Acciones realizadas en vehículos piloto	63
Tabla 23. Resultados de consumo de combustible y tiempo de inactividad	64
Tabla 24. Facilidades del programa en el mantenimiento postgarantía	65
Tabla 25. Efectividad del software ESI-Tronic en diagnóstico.....	65
Tabla 26. Claridad de las instrucciones del programa	65
Tabla 27. Utilidad del manual de mantenimiento	66
Tabla 28. Optimización del tiempo de servicio.....	66
Tabla 29. Probabilidad de recomendación del programa.....	66
Tabla 30. Percepción sobre recursos invertidos vs beneficios obtenidos.....	66
Tabla 31. Cobertura del programa para mantenimiento postgarantía	67
Tabla 32. Mejora en el rendimiento del vehículo.....	67

Tabla 33. Satisfacción con la reducción de costos de mantenimiento	68
Tabla 34. Reducción del tiempo de inactividad del vehículo	68
Tabla 35. Ajuste de las recomendaciones a las necesidades del vehículo	68
Tabla 36. Utilidad del manual de mantenimiento	69
Tabla 37. Recomendación del programa a otros propietarios	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estrategias de mantenimiento según el método del mapeo [8].....	8
Figura 2. Tipos de mantenimiento [18].....	9
Figura 3. Ciclos de funcionamiento del motor diésel [8], [19]	11
Figura 4. Componentes clave en vehículos electrónicos [5].....	12
Figura 5. Procedimientos de mantenimiento a vehículos livianos [20], [23].....	13
Figura 6. Elementos en el que impacta el mantenimiento [20].....	15
Figura 7. Chevrolet DMAX 4x4 a diésel	22
Figura 8. Mazda BT-50 2.5 a Diesel.....	23
Figura 9. Cooperativa de Transporte Mixto “Virgen de la Caridad”	23
Figura 10. Filtro de aceite	28
Figura 11. (a) Filtro de combustible obstruido y (b) Radiador en malas condiciones.	30
Figura 12. Inspección del sistema de escape.....	32
Figura 13. Revisión del sistema de frenado	32
Figura 14. Bujías de precalentamiento	33
Figura 15. Puntos clave del software ESI tronic [31].....	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Registro de revisiones mensuales y seguimiento de vehículos piloto	78
Anexo 2. Encuesta a los técnicos de talleres	79
Anexo 3. Encuesta a los propietarios de los vehículos.....	81
Anexo 4. Manual de Mantenimiento	83

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO
POSTERIOR AL VENCIMIENTO DE LA GARANTÍA VEHICULAR APLICADO A
VEHÍCULOS LIVIANOS DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN**

AUTOR: Pozo Pule Gandy Israel.

DIRECTOR: PhD. Carlos Nolasco Mafla Yepez

Año: 2026

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo desarrollar un programa de mantenimiento y diagnóstico para vehículos livianos con motor diésel de encendido por compresión, enfocado en su aplicación posterior al vencimiento de la garantía vehicular. Los objetivos específicos incluyeron la identificación de procedimientos de mantenimiento comunes, la incorporación de nuevas tendencias tecnológicas en el mantenimiento de vehículos diésel y la planificación de procesos que optimicen la eficiencia y la seguridad en talleres no oficiales.

El estudio se realizó con una muestra de 20 vehículos pertenecientes a la Cooperativa de Transporte “Virgen de la Caridad” en la ciudad de Mira, provincia de Carchi, Ecuador, centrándose en los modelos Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50 2.5, ambos con motores diésel. A través del análisis de procedimientos como el cambio de aceite y filtros, la revisión del sistema de enfriamiento y escape, y la inspección de frenos, se identificaron mejoras necesarias en las frecuencias de mantenimiento y en la aplicación de prácticas preventivas. Se implementaron herramientas avanzadas como el software ESI-Tronic de Bosch, que permitió diagnósticos precisos y un enfoque predictivo basado en la condición del vehículo.

Los resultados del programa evidenciaron reducciones del 8% en el consumo de combustible y del 12% en los tiempos de inactividad, al ser aplicado en una fase piloto con cinco vehículos seleccionados. Estas cifras destacan la efectividad del programa para garantizar un mantenimiento eficiente y económico posterior al vencimiento de la garantía, sin la necesidad de recurrir a talleres autorizados. Las conclusiones subrayan que el plan de mantenimiento desarrollado no solo optimiza la vida útil y la seguridad de los vehículos, sino que también establece una base técnica sólida para su implementación sostenible en talleres no oficiales, alineándose con las necesidades de propietarios y técnicos en la región.

Palabras clave: Mantenimiento vehicular, diagnóstico post-garantía, vehículos diésel, software de diagnóstico, eficiencia operativa.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO
POSTERIOR AL VENCIMIENTO DE LA GARANTÍA VEHICULAR APLICADO A
VEHÍCULOS LIVIANOS DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN

AUTOR: Pozo Pule Gandy Israel

DIRECTOR: PhD. Carlos Nolasco Mafla Yepez

Año: 2026

ABSTRACT

This research aimed to develop a maintenance and diagnostic program for light-duty diesel engine vehicles, focusing on its application after the expiration of the vehicle warranty. The specific objectives included identifying common maintenance procedures, incorporating new technological trends in diesel vehicle maintenance, and planning processes to optimize efficiency and safety in non-official workshops.

The study was conducted on a sample of 20 vehicles from the "Virgen de la Caridad" Transport Cooperative in Mira, Carchi, Ecuador, specifically the Chevrolet DMAX 4x4 and Mazda BT-50 2.5 models, both with diesel engines. By analyzing procedures such as oil and filter changes, cooling and exhaust system inspections, and brake checks, improvements were identified in maintenance frequencies and the application of preventive practices. Advanced tools like Bosch's ESI-Tronic software were implemented, enabling precise diagnostics and a predictive approach based on vehicle conditions.

The maintenance program results showed an 8% reduction in fuel consumption and a 12% decrease in downtime when applied in a pilot phase with five selected vehicles. These figures highlight the program's effectiveness in ensuring efficient and cost-effective maintenance after the warranty period without relying on authorized workshops. The conclusions emphasize that the developed maintenance plan not only optimizes vehicle lifespan and safety but also provides a solid technical foundation for sustainable implementation in non-official workshops, aligning with the needs of owners and technicians in the region.

Keywords: Vehicle maintenance, post-warranty diagnostics, diesel vehicles, diagnostic software, operational efficiency.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema de investigación

Los vehículos livianos de encendido por compresión (diésel) suelen ser susceptibles a fallas mecánicas, eléctricas y electrónicas que se acumulan con el tiempo, como la pérdida de potencia del motor, el desgaste acelerado de componentes y las posibles fallas en sistemas críticos como sensores y actuadores. Todo esto es el resultado de prácticas de mantenimiento inadecuadas o desorganizadas, generalmente debido al alto costo de los servicios en talleres autorizados y al poco conocimiento sobre las buenas prácticas de mantenimiento entre los propietarios [1].

Adicionalmente, este incremento en la frecuencia de averías suele ir acompañado de un aumento en el consumo de combustible y otros fluidos, pérdida de lubricación en sistemas críticos y la aparición de códigos de error en la unidad de control electrónico (ECU), complicaciones que derivan en problemas de encendido y eficiencia energética [2]. A su vez, los sistemas eléctricos, que son algunos de los componentes más complejos y vitales para el funcionamiento de este tipo de vehículos, requirieron un enfoque especializado y actualizado para su mantenimiento y diagnóstico [3].

Esta situación es más problemática cuando, al expirar el período de garantía, los ciclos de mantenimiento se llevan a cabo en talleres no autorizados que muchas veces desconocen los procedimientos correctos de mantenimiento preventivo y correctivo según el kilometraje del vehículo, lo que genera la necesidad de un plan de mantenimiento y diagnóstico específico para vehículos diésel livianos que asegure el funcionamiento óptimo del vehículo, incluso cuando el servicio se realizaba en centros de mantenimiento no oficiales.

Las estadísticas de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador [4] mostraron que en el primer trimestre de 2024 se importaron 22.443 vehículos y se vendieron 4.767 vehículos ensamblados. En cuanto a los vehículos diésel, estos representaron 681.141 unidades a nivel nacional, siendo los vehículos tipo “Pick-up” como la Chevrolet DMAX 4x4 los más comunes. En la provincia de Carchi, existe un total de 22.422 vehículos registrados, destacándose una significativa cantidad de vehículos diésel. A nivel nacional para el 2022, los vehículos diésel representaron aproximadamente el 25% del total de vehículos vendidos, lo que incluyó tanto vehículos livianos como comerciales.

Estos datos evidencian la demanda nacional y local de servicios de mantenimiento y reparación de vehículos diésel livianos. Así, en este trabajo se pretende desarrollar un programa de mantenimiento y diagnóstico que no solo aborde los retos técnicos específicos de los vehículos diésel post-garantía, sino que también incorpore las nuevas tendencias y tecnologías en el mantenimiento automotriz. La implementación de un plan de mantenimiento eficaz y asequible en talleres no oficiales mejoraría la seguridad, eficiencia y vida útil de estos vehículos, ocupando así el vacío existente en las prácticas de mantenimiento convencionales y proponiendo soluciones viables y sostenibles para los propietarios de vehículos diésel livianos fuera del período de garantía.

1.2. Antecedentes

La implementación generalizada de vehículos diésel en varios sectores ha sido crucial para cubrir las necesidades de transporte ya que estos vehículos se distinguen por su economía de combustible y su habilidad para producir un torque considerable, haciéndolos adecuados para tareas que exigen potencia y durabilidad especialmente en el contexto nacional [5]. No obstante, estos beneficios están comprometidos por complicaciones en su mantenimiento, las cuales pueden influir negativamente en su confiabilidad y eficacia operacional.

Con el incremento en el uso de vehículos diésel, los retos asociados a su mantenimiento también han crecido [6]. La ausencia de un plan de mantenimiento estructurado y anticipativo puede resultar en períodos de inactividad no previstos, incremento en los costos de operación y mayores emisiones de contaminantes. Es importante, por tanto, enfrentar estos retos implementando estrategias de mantenimiento que superen las meras reparaciones correctivas.

De aquí que se ha estudiado la evolución del mantenimiento de los vehículos diésel, desde su concepto de mantenimiento, y que se introdujo en la industria alrededor de 1950 y ha experimentado una significativa evolución desde sus inicios [7], donde se limitaba a reparar y arreglar equipos para mantener la producción. Hoy en día, ha avanzado hacia una práctica más integral que busca prevenir problemas, corregir errores y revisar los equipos con el objetivo de reducir los costos generales.

En este marco, la creación de este plan se basa en un entendimiento detallado de la historia y evolución del mantenimiento, para enfrentar los retos contemporáneos, incorporar las últimas tendencias y emplear las prácticas más efectivas para asegurar el funcionamiento eficiente y prolongado de los motores diésel en variadas aplicaciones y contextos operacionales, considerando varios enfoques.

Principalmente el enfoque inspirado en estudios sobre la elaboración de una estrategia de mantenimiento preventivo para motores diésel, utilizando como base el análisis de aceite, mismo que evidencia el desgaste diario del motor, resultado del roce entre componentes móviles y fijos, puede llevar al colapso de sistemas y al mal aprovechamiento de las capacidades del motor [8]. Se hace evidente, la importancia de la lubricación adecuada para minimizar el desgaste progresivo y evitar así la necesidad de intervenciones correctivas extensas, extendiendo de este modo la vida útil del motor.

En años recientes, ha habido progresos notables en los programas de mantenimiento para vehículos diésel, particularmente en la identificación temprana de posibles fallas antes de que se conviertan en problemas mayores. Estos programas emplean tecnologías avanzadas para monitorizar y analizar de forma continua el desempeño del motor, facilitando la detección temprana de irregularidades y la implementación de soluciones oportunas.

Además, algunas de las investigaciones más recientes sobre mantenimiento predictivo en motores diésel como las de Zambrano [9], evaluaron el estado de implementación del mantenimiento predictivo en talleres automotrices de la provincia de Manabí, enfocándose en el equipamiento, las técnicas empleadas y la preparación del personal. El estudio tuvo un enfoque exploratorio, con métodos como análisis documental, sistémico, síntesis, entrevistas no estructuradas y observación directa. Se diseñó un instrumento diagnóstico aplicado a 24 talleres, orientado a evaluar tres variables clave. Los resultados indicaron un bajo o nulo nivel de aplicación de técnicas avanzadas como análisis de aceite, gases, vibraciones y termografía, siendo el escáner la herramienta más común. Se detectó además que, aunque el personal en centros de posventa muestra preparación profesional, en los talleres predomina el personal empírico y los conocimientos técnicos están por debajo del promedio regional. Las condiciones de infraestructura se consideraron aceptables para la adopción de nuevas técnicas. El presente estudio destaca que la implementación del mantenimiento predictivo en motores diésel en la provincia es insatisfactoria, subrayando la necesidad de tecnificación, formación del personal e incorporación de herramientas avanzadas.

Otro antecedente a destacar del plan de mantenimiento mecánico preventivo para vehículo de carga pesada con motor Detroit Diesel de Orellana en 2016 [10] que tuvo como objetivo desarrollar un plan de mantenimiento mecánico preventivo adaptado a las necesidades específicas de los vehículos de carga pesada con motor Detroit Diesel Serie 60, optimizando su operación y reduciendo costos asociados al mantenimiento correctivo.

Mediante un enfoque metodológico basado en el análisis documental y la recopilación de datos técnicos, se evaluaron las condiciones actuales de los vehículos, los procedimientos de mantenimiento aplicados y las frecuencias recomendadas por el fabricante. Los resultados evidenciaron que la falta de mantenimiento preventivo estructurado incrementaba significativamente el desgaste de componentes críticos, como el sistema de inyección y el tren de válvulas, lo que derivaba en fallas recurrentes y altos costos de reparación. El estudio presentó un plan detallado que incluye cronogramas de mantenimiento, inspecciones periódicas, y recomendaciones para la formación del personal, subrayando la importancia de implementar estrategias preventivas que garanticen la eficiencia y disponibilidad operativa de los vehículos.

el estudio para la implementación de un centro de mantenimiento y reparación para automotores Diesel", realizado por Calahorrano [11], como proyecto de pre-factibilidad para la creación de un centro automotriz especializado en motores diésel en el sector de Ponceano, Quito. Estudió mediante encuestas a competidores los servicios menos atendidos, definiendo así la oferta diferenciada del centro "SOLO DIESEL". Se abordaron aspectos clave como la descripción de la empresa, servicios ofrecidos, infraestructura, flujos de trabajo y procesos estratégicos. Además, se realizó un análisis de mercado mediante la identificación de la población meta, el análisis de oferta y demanda, y un estudio financiero que determinó la viabilidad del proyecto. Finalmente, se diseñaron flujogramas de procesos, indicadores de control y la distribución de planta, asegurando eficiencia operativa y cumplimiento normativo. El proyecto concluye que la implementación del centro es factible, destacando su potencial para atender un segmento desatendido en el mercado.

Así en el ámbito internacional, Sasanka [12] en su estudio "Development of Machine Learning based approach to predict fuel consumption and maintenance cost of Heavy-Duty Vehicles using diesel and alternative fuels", estudiaron el uso del aprendizaje automático para predecir consumo de combustible y costos de mantenimiento en vehículos pesados, reduciendo emisiones y costos operativos. Usando datos recopilados en el laboratorio CAFEE de la West Virginia University, se desarrollaron modelos que analizan parámetros como tipo de combustible, peso, y velocidad del vehículo. Los resultados incluyen predicciones precisas de consumo y costos promedio por milla, útiles para optimizar decisiones de mantenimiento, selección de combustibles y rutas. El estudio resaltó el potencial de implementar estos modelos en sistemas en tiempo real, como servicios en la nube o sistemas a bordo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un programa de mantenimiento y diagnóstico destinado a vehículos livianos de encendido por compresión posterior al vencimiento de la garantía vehicular, basado en las nuevas tendencias de mantenimiento diésel.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar procedimientos comunes de mantenimiento de vehículos livianos de encendido por compresión.
- Investigar sobre nuevas tendencias en mantenimiento aplicados a vehículos livianos de encendido por compresión.
- Planificar procesos de mantenimiento para dos modelos seleccionados de vehículos de encendido por compresión posterior al vencimiento de la garantía, incorporando las nuevas tendencias de mantenimiento.
- Crear un manual de mantenimiento para los modelos seleccionados, que incluya los procedimientos actualizados y las mejores prácticas.

1.4. Justificación

El presente estudio tiene como propósito desarrollar un programa de mantenimiento y diagnóstico para vehículos livianos de encendido por compresión posterior al vencimiento de la garantía vehicular y se sustenta en la necesidad de abordar los desafíos específicos que enfrentan estos vehículos, tales como fallas mecánicas, eléctricas y electrónicas, que aumentan debido a prácticas de mantenimiento inadecuadas o desorganizadas, así como al alto costo de los servicios en talleres autorizados y la falta de conocimiento entre los propietarios sobre las mejores prácticas de mantenimiento [1].

La relevancia radica en su capacidad para ofrecer soluciones viables a los problemas de mantenimiento que se presentan una vez expirado el período de garantía de los vehículos diésel. El desarrollo de un programa de mantenimiento eficaz y asequible en talleres no oficiales permitirá mejorar la seguridad, eficiencia y vida útil de los vehículos diésel livianos, ocupando así el vacío existente en las prácticas de mantenimientos convencionales.

Las ventas históricas de vehículos en América Latina desde 2020 hasta 2023, según estadísticas oficiales, han mostrado un notable crecimiento en países como Argentina, Brasil, Chile y Ecuador. En particular, en Ecuador, las ventas aumentaron de 85,818 unidades en 2020 a 132,388 unidades en 2023 [13]. Este crecimiento se refleja también en el sector automotriz, donde en 2023 se registraron 70,596 trabajadores en

mantenimiento y reparación de vehículos, y 14,910 empleados en la venta de vehículos motorizados. Estos datos exteriorizan una tendencia al alza en el mercado automotor, lo que resalta la relevancia de abordar el mantenimiento de vehículos diésel livianos.

El aumento en la utilización de vehículos livianos diésel electrónicos en Ecuador evidencia la necesidad de un mantenimiento eficiente, especialmente después de expirar la garantía vehicular, y son esenciales para el desempeño laboral y la economía de transporte a nivel nacional. Sin embargo, a medida que envejecen, enfrentan un aumento en la frecuencia de fallos mecánicos, lo que usualmente resulta en costos operativos elevados y problemas de seguridad. La implementación del protocolo ha expuesto la necesidad de actualizar y mejorar los métodos de diagnóstico y mantenimiento para adaptarse a las nuevas tecnologías y normativas emergentes [14].

Este estudio es relevante ya que atiende a la creciente utilización de vehículos diésel livianos en Ecuador, para desarrollar un programa de mantenimiento y diagnóstico especializado no solo mejorará la operatividad y seguridad de estos vehículos, sino que también reducirá los costos operativos al minimizar las averías inesperadas y extender la vida útil de los vehículos. Los beneficiarios directos de esta investigación serán los propietarios de vehículos diésel livianos, quienes verán reducidos sus costos de mantenimiento y mejorada la eficiencia de sus vehículos.

Los aportes teóricos y metodológicos de este estudio contribuirán al área de conocimiento en la ingeniería automotriz y al desarrollo regional, mediante el desarrollo de un programa de mantenimiento y diagnóstico innovador para vehículos diésel livianos, basado en las últimas tendencias tecnológicas. A nivel regional, facilitará el desarrollo económico y la creación de empleos al capacitar talleres no oficiales y mejorar la accesibilidad a servicios de mantenimiento de calidad.

Este trabajo se alinea con el Plan Nacional de Desarrollo vigente del país, apoyando objetivos nacionales de sostenibilidad y eficiencia energética, además, promoverá la sostenibilidad y la eficiencia energética en el sector automotriz. El presente trabajo no está enmarcado en ningún grupo de investigación, pertenece a un aporte del autor con la Universidad Técnica del Norte (UTN), aprovechando recursos académicos y digitales de esta institución educativa para fundamentar la investigación con datos concretos y estudios de caso relevantes, sin financiación de ningún tipo. Asimismo, este estudio contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente en los objetivos 7 (Energía asequible y no contaminante), 9 (Industria, innovación e infraestructura) y 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), promoviendo

el uso eficiente de los recursos energéticos y la reducción del impacto ambiental del sector transporte. [1]

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Mantenimiento

El mantenimiento involucra una serie de tareas y procesos realizados en una máquina, que pueden incluir la sustitución o reparación de componentes o sistemas, con el objetivo de mantenerla en óptimas condiciones operativas [15]. Este se distingue por incorporar diversas estrategias de diagnóstico que ayudan a clasificar y resolver problemas en los sistemas vehiculares, como se ilustra en la Figura 1.

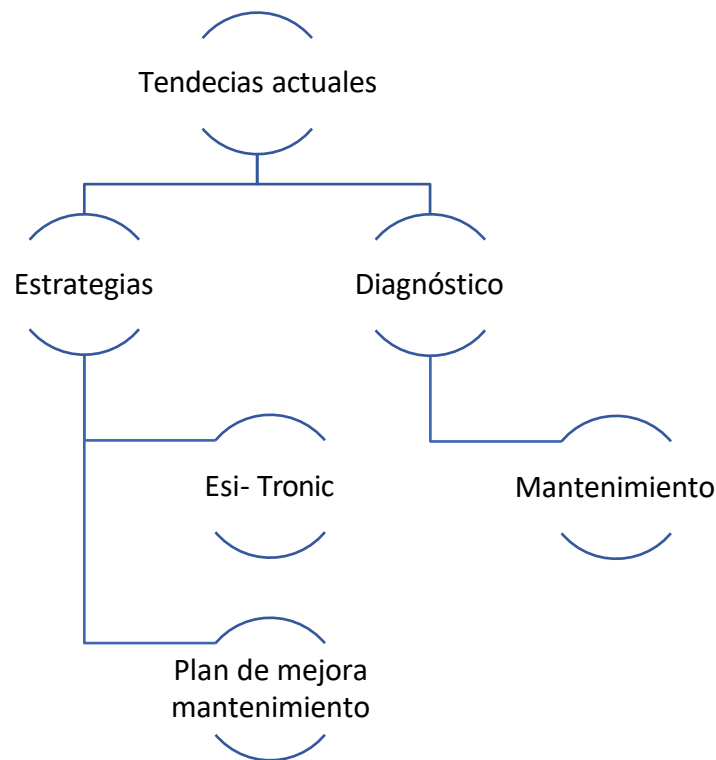


Figura 1. Estrategias de mantenimiento según el método del mapeo [8].

Históricamente, en la industria manufacturera se utilizaban motores de gran tamaño cuyo mantenimiento era prácticamente inexistente y la capacidad para identificar defectos de fabricación, errores operativos y el desgaste inherente era limitada por la falta de conocimiento y de estrategias de mantenimiento avanzadas disponibles en la actualidad [16]. A lo largo del tiempo, la ausencia de un mantenimiento adecuado resultó en pérdidas económicas sustanciales causadas por detenciones imprevistas de la maquinaria. De acuerdo a estudios de Maldonado [8] “la adopción de medidas aleatorias para examinar la condición y operatividad de la maquinaria ha marcado un cambio

significativo hacia la modernización del mantenimiento en diversos ámbitos, ayuda a evitar pérdidas económicas y problemas operacionales relacionados con fallos inesperados”.

Así, el concepto de mantenimiento evolucionó significativamente cuando se comenzó a implementar un plan estructurado de intervención con el propósito de evaluar y responder a las necesidades de las máquinas, previniendo así fallas futuras y con la expansión del uso de motores de combustión interna, tanto diésel como gasolina, quedó demostrada la importancia de realizar mantenimientos periódicos y sistemáticos para asegurar el rendimiento óptimo y la eficiencia de estas máquinas [17].

El mantenimiento engloba acciones técnicas y administrativas para conservar, restaurar o mejorar la funcionalidad y eficiencia de equipos, maquinarias o sistemas [8], [18]. Y en el contexto automotriz, especialmente en vehículos diésel electrónicos, el mantenimiento abarca una variedad de procedimientos que aseguran el rendimiento óptimo y la seguridad del vehículo a lo largo de su vida útil.

2.1.2. Tipos de mantenimiento en vehículos diésel

El mantenimiento de vehículos diésel electrónicos es importante debido a la complejidad de sus sistemas electrónicos y mecánicos que no son los tradicionales, además que estos vehículos requieren cuidados específicos para asegurar su eficiencia energética, rendimiento mecánico, y conformidad con las normativas de emisiones. En la Figura 2 se observa un adecuado mantenimiento garantiza no solo la fiabilidad y seguridad del vehículo, sino también su valor a largo plazo.



Figura 2. Tipos de mantenimiento [18]

Mantenimiento preventivo: este tipo de mantenimiento se realiza de manera regular y programada, basándose en el tiempo de uso o kilometraje del vehículo. Su objetivo principal es prevenir fallos y averías antes de que ocurran, a través de la revisión sistemática y el reemplazo de partes que suelen desgastarse con el uso [8].

Mantenimiento predictivo: consiste en el uso de tecnologías avanzadas para monitorear en tiempo real el estado de diversos componentes del vehículo [19]. A través de técnicas como el análisis de vibraciones, termografía, y análisis de fluidos (como el aceite), este mantenimiento busca predecir fallos potenciales, permitiendo su corrección antes de que provoquen averías mayores.

Mantenimiento correctivo: este tipo se lleva a cabo una vez que el fallo ha ocurrido. Su objetivo es restaurar la operatividad del vehículo reparando o sustituyendo los componentes dañados. Aunque es a menudo el más costoso y el que implica mayores tiempos de inactividad, sigue siendo esencial cuando las estrategias preventivas y predictivas no han sido suficientes [20].

2.1.3. Motor diésel

En [18] los motores diésel, inventado por Rudolf Diesel a finales del siglo XIX, se refieren a un tipo de motor de combustión interna que utiliza el gasóleo (diésel) como combustible y “en contraste con los motores de gasolina, que emplean bujías para encender el combustible, los motores diésel logran la ignición comprimiendo el aire a una alta presión”. Esto eleva la temperatura del aire hasta alcanzar un nivel en el que el combustible inyectado se auto enciende.

Actualmente, el motor diésel representa una de las fuentes de energía más eficientes, particularmente en el sector automotriz. Su uso generalizado es evidente en el aumento de ventas de vehículos que lo incorporan. Durante los últimos años, los motores diésel han experimentado una evolución constante, estableciéndose como una de las opciones más eficaces disponibles [16].

En cuanto a la naturaleza del motor diésel, opera de manera distinta a los motores de gasolina, lo cual redefine fundamentalmente el proceso de combustión en dichos motores, son altamente eficientes y económicos debido a su mayor relación de compresión y la capacidad de extraer más energía del diésel comparado con la gasolina [8]. Su eficiencia energética se traduce en un menor consumo de combustible y, por ende, menores emisiones de CO₂ en comparación con los motores de gasolina [1], lo que los hace preferidos en aplicaciones tanto de vehículos pesados como ligeros que requieren una operación económica y duradera.

2.1.4. Funcionamiento del motor diésel

El motor diésel se compone de cuatro fases fundamentales, las cuales se ilustran en la **Figura 3** y se describe detalladamente cada una de estas etapas:

1. **Admisión:** durante esta fase, el motor aspira aire limpio sin mezcla de combustible.
2. **Compresión:** el aire admitido es comprimido a presiones extremadamente altas, llegando a superar hasta 20 veces la presión atmosférica. Este proceso eleva la temperatura del aire comprimido a alrededor de 700°C.
3. **Explosión:** la combustión del diésel genera gases expansivos que empujan el pistón hacia abajo, generando así el movimiento que se transfiere al cigüeñal.
4. **Escape:** finalmente, los gases de combustión son expulsados del cilindro a través de la apertura de la válvula de escape, completando así el ciclo de funcionamiento del motor diésel.

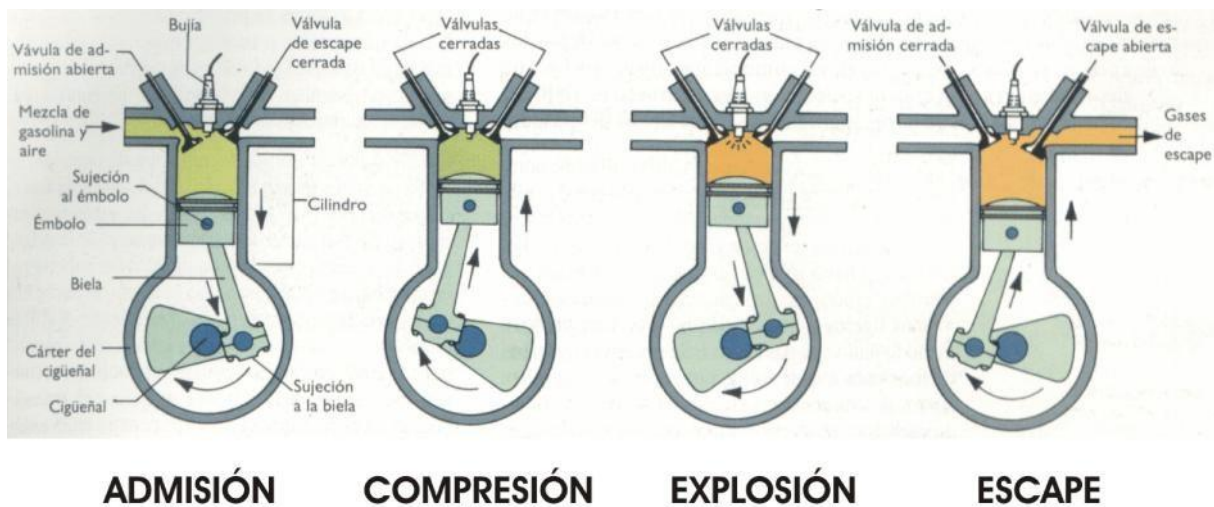


Figura 3. Ciclos de funcionamiento del motor diésel [8], [19]

2.1.5. Vehículos electrónicos

Los vehículos electrónicos se refieren a aquellos automóviles que combinan un motor diésel con sistemas electrónicos avanzados para mejorar el rendimiento, la eficiencia del combustible y reducir las emisiones [21]. Estos sistemas electrónicos controlan diversas funciones del motor y del vehículo, desde la inyección de combustible hasta los Sistemas de Diagnóstico a Bordo.

En el contexto nacional, en Ecuador, los vehículos electrónicos desempeñan un papel crucial, contribuyendo significativamente al progreso social mediante el transporte de pasajeros y la movilización de bienes esenciales como materiales de construcción y alimentos. Se conoce el crecimiento en la venta de vehículos electrónicos y su distribución geográfica, donde la provincia de Carchi tiene un parque vehicular significativo, con 22.242 unidades registradas. Además, se muestra un aumento constante

en las ventas de vehículos en Ecuador, desde 85.818 unidades en 2020 a 132.388 en 2023, reflejando una tendencia al alza en la demanda de vehículos, incluyendo los diésel electrónicos [13].

En particular, estos vehículos son altamente valorados por su capacidad para manejar grandes masas gracias a su elevado torque, así como por su eficiencia de combustible comparada con la gasolina. Este aspecto es especialmente relevante en el contexto ecuatoriano donde, debido a la reducción de los subsidios gubernamentales en años recientes, el coste de los combustibles ha aumentado notablemente, afectando las ganancias de quienes dependen de estos vehículos para su sustento [5].

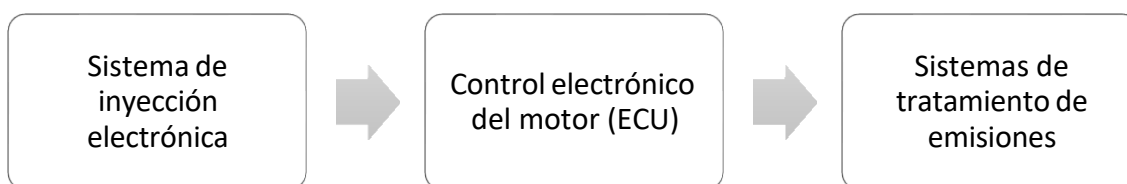


Figura 4. Componentes clave en vehículos electrónicos [5].

Los vehículos diésel electrónicos han evolucionado significativamente con respecto a sus predecesores mecánicos, especialmente en componentes clave que mejoran tanto la eficiencia como el cumplimiento ambiental (ver Figura 4). El sistema de inyección electrónica es un ejemplo claro, utilizando inyectores controlados electrónicamente que ajustan la cantidad de combustible y el momento de inyección según las condiciones de operación. Esto no solo mejora la eficiencia del combustible, sino que también ayuda a reducir las emisiones nocivas.

Otro componente fundamental es la Unidad de Control del Motor (ECU), que actúa como el cerebro del vehículo. Esta unidad es responsable de gestionar y monitorear todas las funciones del motor, ajustando los parámetros en tiempo real para garantizar el máximo rendimiento del vehículo. Además, los sistemas de tratamiento de emisiones desempeñan un papel crucial en la reducción de la contaminación.

2.1.6. Tendencias de mantenimiento

Actualmente las tendencias reflejan los avances tecnológicos y los cambios en las prácticas de mantenimiento que buscan optimizar la eficiencia, reducir costos operativos y aumentar la longevidad y fiabilidad de los vehículos [15]. Algunas de las tendencias más conocidas y citadas [18], [21] son:

- Diagnóstico avanzado y monitoreo en tiempo real

- Mantenimiento predictivo
- Personalización del mantenimiento
- Automatización y robótica
- Software de diagnóstico Esi-tronic
- Sostenibilidad y mantenimiento ecológico
- Capacitación y desarrollo continuo

Por su parte, el software Esi-tronic es reconocido por su capacidad para facilitar un diagnóstico veloz y eficiente, con actualizaciones automáticas y frecuentes, permite a los talleres mantenerse actualizados en cuanto a los procedimientos de servicio, mantenimiento y reparación de vehículos comerciales, asegurando así una gestión y asistencia técnicas de alta calidad [18].

2.1.7. Procedimientos de mantenimiento

Este procedimiento corresponde a los más actuales aplicados a vehículos livianos de encendido por compresión en Ecuador ya que el mantenimiento de los vehículos livianos de encendido por compresión (diésel) es fundamental para asegurar su eficiencia operativa, longevidad y cumplimiento de normativas ambientales [22]. Actualmente estos procesos abordan aspectos mecánicos como los sistemas de control de emisiones y según la literatura [20], [23] los procedimientos más relevantes en Figura 5;

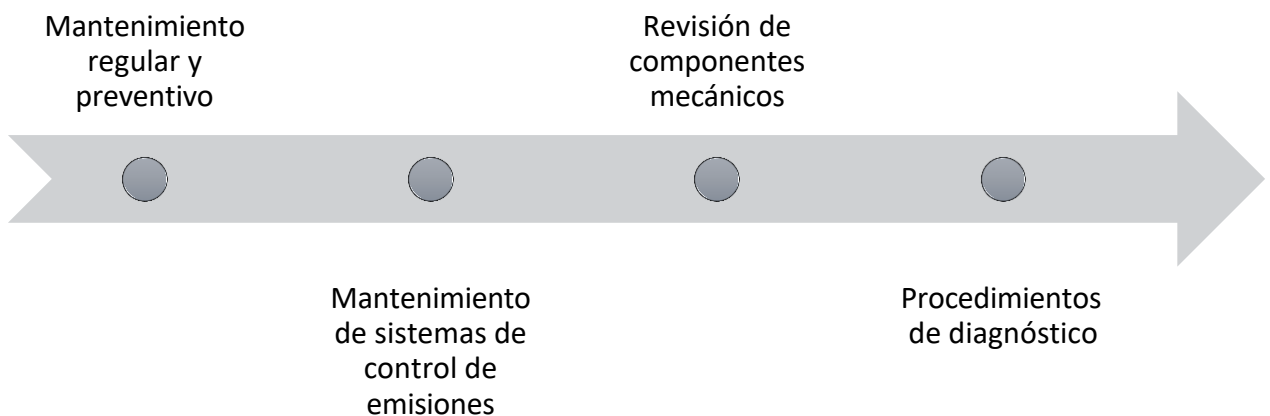


Figura 5. Procedimientos de mantenimiento a vehículos livianos [20], [23]

a. Mantenimiento regular y preventivo

Cambio de aceite y filtros, es decir el aceite del motor y los filtros de aceite deben ser reemplazados periódicamente para garantizar la lubricación adecuada y la limpieza del motor. Los intervalos de cambio de aceite varían según las especificaciones del

fabricante, pero generalmente se recomienda cada 5 000 a 10 000 kilómetros [20].

Revisión y reemplazo de filtros de aire y combustible, que deben revisarse y reemplazarse regularmente para asegurar que el motor reciba aire limpio y combustible sin impurezas. Un filtro de aire limpio mejora la combustión y la eficiencia del combustible.

Inspección del sistema de enfriamiento, en donde el nivel y la calidad del refrigerante deben ser verificados regularmente. Además, se debe revisar el radiador y las mangueras para detectar posibles fugas o daños.

b. Mantenimiento de sistemas de control de emisiones

Los vehículos diésel modernos están equipados con sistemas avanzados de control de emisiones que requieren un mantenimiento específico con las siguientes consideraciones básicas [23]. Los sensores y controladores electrónicos, como los sensores de oxígeno, temperatura y otros parámetros críticos deben ser revisados y calibrados periódicamente [19].

c. Revisión de componentes mecánicos

Sistema de Frenos, que incluye revisar las pastillas de freno, discos, niveles de líquido de frenos y el funcionamiento general del sistema. También el, sistema de suspensión y dirección deben ser revisadas para detectar desgaste o daños en amortiguadores, muelles, rótulas y otros componentes. Y la revisión de la batería y sistema eléctrico para asegurar que tiene suficiente carga y no presenta corrosión en los terminales.

d. Procedimientos de Diagnóstico

Primero está el diagnóstico computarizado para lo que se suele utilizar equipos de diagnóstico computarizado que permite obtener lecturas precisas de los sistemas del vehículo. Los escáneres pueden detectar y leer códigos de fallo, proporcionando información detallada sobre el estado del vehículo [20].

Además, se hacen pruebas de emisiones que aseguran que el vehículo cumple con los estándares ambientales vigentes y que pueden identificar problemas en el sistema de control de emisiones que necesitan ser corregidos. Finalmente, el mantenimiento sugerido por el fabricante, considerando que cada fabricante proporciona un manual de mantenimiento específico para sus vehículos, que detalla los intervalos y procedimientos recomendados. Seguir estas recomendaciones es crucial para mantener la garantía del vehículo y asegurar su rendimiento óptimo.

2.1.8. Impacto del mantenimiento en la eficiencia vehicular

El mantenimiento adecuado de los vehículos es crucial para maximizar su eficiencia operativa [23]. Este mantenimiento no solo mejora la confiabilidad y la vida útil de los vehículos, sino que también tiene un impacto significativo en diversos aspectos del desempeño vehicular, ver Figura 6.

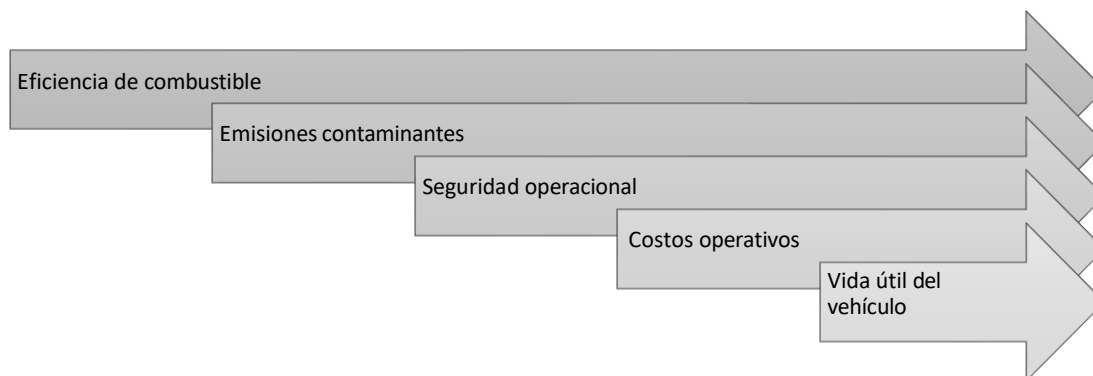


Figura 6. Elementos en el que impacta el mantenimiento [20].

a) Mejora de la eficiencia de combustible

Un vehículo en óptimas condiciones opera con mayor eficiencia [24], estudios indican que un mantenimiento regular puede mejorar la eficiencia del combustible hasta un 15%. Esto no solo se traduce en un ahorro económico significativo para los propietarios, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir el consumo de recursos fósiles. Debido a que elementos como el sistema de inyección, el filtro de aire, las bujías y los neumáticos deben estar en buenas óptimas para asegurar el funcionamiento del motor.

b) Reducción de emisiones contaminantes

El mantenimiento estructurado también tiene un impacto positivo en la reducción de emisiones de gases contaminantes, ya que un vehículo con un motor bien afinado y sistemas de escape y catalizadores en buen estado emite menos gases nocivos como el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (PM) [23]. La correcta regulación y el mantenimiento del sistema de escape pueden disminuir las emisiones en un 15%, contribuyendo así al cumplimiento de las normativas y mejorando la calidad del aire [24].

c) Aumento de la seguridad operacional

La seguridad es otro aspecto crítico que se ve beneficiado por un programa de mantenimiento adecuado, ya que los componentes como los frenos, la dirección, las luces y los sistemas de suspensión requieren revisiones periódicas para garantizar su funcionamiento óptimo [19]. Un vehículo en buen estado es menos propenso a fallas mecánicas inesperadas, reduciendo el riesgo de accidentes y un programa de mantenimiento bien implementado permite la detección temprana de posibles problemas, evitando reparaciones costosas y prolongados tiempos de inactividad [24].

d) Reducción de costos operativos

La implementación de programas de mantenimiento estructurados logra reducir significativamente los costos operativos. El mantenimiento preventivo ayuda a evitar reparaciones mayores y prolongadas que suelen ser más costosas [22]. Estudios han demostrado que estos programas pueden disminuir los costos operativos hasta en un 20% [24]. Esto se debe a que el mantenimiento preventivo es generalmente menos costoso y más efectivo que las reparaciones correctivas que se realizan después de que ha ocurrido una falla.

e) Amplificación de la vida útil del vehículo

Un mantenimiento adecuado extiende la vida útil de los vehículos y para algunos autores, la inversión en mantenimiento regular y la atención a los detalles operativos permiten que los vehículos mantengan su rendimiento óptimo durante más tiempo [20], [23]. Esto es especialmente importante en el contexto de vehículos livianos de encendido por compresión, donde el costo de adquisición es alto y se espera un retorno a largo plazo sobre la inversión.

2.1.9. Normativas ambientales y su influencia en el mantenimiento

Las normativas ambientales han experimentado una evolución significativa en los últimos años, imponiendo estándares cada vez más estrictos sobre las emisiones de los vehículos y especialmente más a los vehículos diésel [25]. Estas regulaciones han sido clave para impulsar el desarrollo e implementación de tecnologías avanzadas de control de emisiones, y han cambiado las prácticas y requisitos de mantenimiento vehicular a nivel global aunque Ecuador transcurre lentamente en el proceso de adaptación a estas [20].

2.1.10. Límites de emisiones de gases contaminantes por países

Los límites de emisiones de gases contaminantes varían considerablemente entre los países debido a las diferencias en la legislación y compromisos internacionales. Los

principales países emisores de gases de efecto invernadero (GEI) en una escala de mayor a menor, basada en datos recientes [26] son:

Tabla 1. Cifras emisiones de CO2 por países [23], [24].

Posición	País	Emisiones (MtCO2e)
1	China	14,4
2	Estados Unidos	6,39
3	India	3,52
4	Canadá	687
5	Corea del Sur	670
6	Paquistán	568
7	Turquía	559
8	Sudáfrica	528
9	Australia	522
10	Vietnam	438
11	Nigeria	410
12	Irak	396

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa que estos países son responsables de la mayoría de las emisiones globales, con China y Estados Unidos a la cabeza, contribuyendo con casi el 30% y el 13% de las emisiones globales, respectivamente [24]. Y Ecuador, aunque no es uno de los mayores emisores de gases de efecto invernadero a nivel mundial, se puede considerar algunos aspectos importantes sobre las emisiones de gases contaminantes [22].

En 2020, las emisiones de CO2 per cápita en Ecuador fueron de aproximadamente 1.5 toneladas métricas [27] y es relativamente bajo en comparación con muchos otros países. El Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador ha emitido la Norma que Regula el Esquema Nacional de Compensación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero [28] en donde Ecuador ha presentado su Contribución Nacional Determinada en el marco del Acuerdo de París, comprometiéndose a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20.9% para el 2025, compromiso que incluye no solo la reducción de emisiones, sino también la mejora de la capacidad de adaptación y la resiliencia frente a los efectos del cambio climático, en donde la industria automotriz nacional tiene un rol fundamental [13].

2.1.11. Mantenimiento y la normativa medioambiental

El mantenimiento riguroso no solo es necesario para cumplir con los estándares de emisiones al momento de la fabricación, sino también para asegurar que los vehículos sigan cumpliendo con estos límites a lo largo de su vida útil y esto implica la necesidad de programas de mantenimiento preventivo y correctivo que aborden específicamente los

sistemas de control de emisiones [22], [27] que deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Los sistemas de Reducción Catalítica Selectiva (SCR): La efectividad de los SCR depende del mantenimiento adecuado del sistema de inyección del agente reductor. Es fundamental verificar regularmente el nivel y la calidad del AdBlue para garantizar que el sistema funcione correctamente [29].

Los sensores y controladores electrónicos: La precisión de los sensores y controladores electrónicos que gestionan los sistemas de emisiones debe ser asegurada mediante calibraciones y reemplazos periódicos. Cualquier fallo en estos componentes puede resultar en un aumento de las emisiones y una disminución en la eficiencia del combustible.

2.1.12. Tecnologías de diagnóstico y mantenimiento automatizado

La industria automotriz está experimentando una transformación significativa con la introducción de tecnologías automatizadas y de inteligencia artificial en el mantenimiento de vehículos, es decir estas innovaciones están revolucionando la manera en que se llevan a cabo las tareas de diagnóstico y mantenimiento, haciendo que los procesos sean más eficientes, precisos y proactivos [13], [19], [22] y [30]. Algunas de las tecnologías y herramientas más destacadas son:

IBM Watson: Utilizado en la industria automotriz para analizar grandes volúmenes de datos y predecir fallos en los componentes del vehículo que emplea algoritmos avanzados de IA y aprendizaje automático para identificar patrones y tendencias en los datos [22].

- a. SparkCognition: Esta empresa ofrece soluciones de mantenimiento predictivo utilizando IA para monitorear y analizar el rendimiento de los vehículos. Sus sistemas pueden predecir fallos y recomendar acciones de mantenimiento antes de que ocurran problemas mayores [31].
- b. Bosch ESI: Una herramienta de diagnóstico avanzada utilizada por talleres automotrices en todo el mundo que proporciona datos precisos y detallados sobre los sistemas del vehículo, incluyendo el motor, la transmisión y los sistemas de emisiones [32].
- c. Autel MaxiSys Elite: Es un dispositivo de diagnóstico avanzado que ofrece una amplia cobertura de vehículos y funcionalidades, que permite realizar diagnósticos profundos, escaneos de sistemas completos, y programación de ECU. Además, es conocido por su velocidad y precisión en la detección de problemas.

- d. **BM Maximo:** Una plataforma CMMS líder que permite la gestión integral de las operaciones de mantenimiento que incluye funcionalidades para la planificación, seguimiento y optimización de actividades de mantenimiento.
- e. **SAP EAM (Enterprise Asset Management):** Utilizado por grandes empresas automotrices para gestionar sus activos y operaciones de mantenimiento. SAP EAM permite la monitorización en tiempo real de los equipos, la planificación de mantenimientos preventivos y predictivos, y la gestión de inventarios de repuestos [29].
- f. **Infor EAM:** Otra solución CMMS popular que ofrece funcionalidades avanzadas para la gestión del mantenimiento [32]. Infor EAM permite el análisis de datos en tiempo real y la generación de informes detallados para la toma de decisiones informada.

2.1.13. Procedimientos de mantenimiento en talleres no oficiales

En muchos talleres no oficiales, los procedimientos de mantenimiento no siguen un manejo organizado ni se adhieren a los estándares adecuados [22]. Esto es muy frecuente en procedimientos comunes de mantenimiento, que incluyen, pero no se limitan a, cambios de aceite, cambio de pastillas de freno, alineación y balanceo de neumáticos, revisión de sistemas de escape, y reemplazo de filtros de aire y otros. La ausencia de un procedimiento de mantenimiento organizado y adecuado resulta en un desgaste prematuro de los componentes del vehículo, fallas mecánicas, y un aumento en los costos de reparación a largo plazo.

- **Cambios de aceite:** no siempre utilizan el tipo de aceite recomendado por el fabricante del vehículo. Además, la falta de un registro organizado de los cambios realizados puede llevar a intervalos inadecuados entre cada cambio, afectando negativamente el rendimiento del motor y su longevidad. Usar aceite de baja calidad o incorrecto puede causar acumulación de residuos y desgaste prematuro del motor [33].
- **Cambio de pastillas de freno:** La falta de un manejo adecuado y organizado puede resultar en la instalación de componentes de calidad inferior o incorrectamente ajustados, lo que compromete la seguridad del vehículo[34]. Esto lleva a una disminución en la eficiencia del frenado y, en casos extremos, a fallos completos del sistema de frenos.
- **Alineación y balanceo de neumáticos:** en muchos talleres no oficiales, no se utilizan las herramientas y técnicas adecuadas para realizar una alineación y balanceo

precisos, que repercute en un desgaste irregular de los neumáticos, problemas de dirección y una mayor probabilidad de accidentes [34].

- **Revisión de sistemas de escape:** este procedimiento controla las emisiones y reduce el ruido. En talleres no oficiales, las revisiones del sistema de escape pueden ser superficiales o incorrectas, ignorando fugas o daños que podrían resultar en fallas mecánicas y contaminación ambiental[24].
- **Reemplazo de filtros de aire y combustible:** Los filtros de aire y combustible son esenciales para mantener la eficiencia del motor y la pureza del combustible. En talleres no oficiales, estos filtros a menudo no se reemplazan en los intervalos recomendados o se usan filtros de calidad inferior. Esto lleva a una reducción en el rendimiento del motor, aumento en el consumo de combustible y posibles daños a largo plazo [20].
- **Mantenimiento del sistema de enfriamiento:** es crucial para evitar el sobrecalentamiento del motor. En muchos talleres no oficiales, el mantenimiento de este sistema no suele revisarse adecuadamente, lo que incluye no revisar o cambiar el refrigerante a tiempo. Esto provoca problemas de sobrecalentamiento, fallos en el motor y costosas reparaciones [24].
- **Revisiones eléctricas:** Los sistemas eléctricos del vehículo, que incluyen la batería, el alternador y los sistemas de iluminación, requieren mantenimiento regular. Si son insuficientes, pueden llevar a fallos en el encendido, problemas con los sistemas de iluminación y fallos en los accesorios eléctricos del vehículo.

2.1.16. Software ESI-TRONIC

ESI-tronic es una plataforma de software desarrollada por Bosch que se utiliza ampliamente en la industria automotriz para el diagnóstico y la reparación de vehículos [35]. Este software proporciona a los talleres mecánicos y técnicos de automoción, información técnica detallada y herramientas avanzadas para realizar diagnósticos precisos y eficientes de una amplia variedad de vehículos.

ESI-tronic proporciona acceso a esquemas eléctricos, diagramas de componentes, especificaciones técnicas y procedimientos de reparación para diferentes modelos de vehículos [36]. Además, el software se actualiza regularmente para incluir la información más reciente y las tecnologías emergentes en el campo automotriz, asegurando que los técnicos estén al día con los últimos avances. Su diseño con una interfaz intuitiva facilita a los técnicos encontrar rápidamente la información y realizar diagnósticos con precisión.

Se detallan las funcionalidades, características y otros de este software en la propuesta que desarrolla más adelante este trabajo.

2.2. Marco Legal

Para desarrollar un marco legal sólido se procede a contextualizar y detallar las disposiciones legales que regulan estos aspectos en Ecuador;

Primero la Constitución de la República del Ecuador por la Asamblea Nacional [37]: De acuerdo, al Artículo 212, número 3: Faculta al estado para regular la movilización de los automotores oficiales, proporcionando un marco legal para la gestión y mantenimiento de vehículos dentro de las entidades públicas. Y el artículo 212, número 2: Otorga a la Contraloría General del Estado poderes para determinar responsabilidades administrativas, civiles y penales relacionadas con la gestión de los vehículos del estado. Segundo, en cuanto a la Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado [38]; Artículos 31, 45, 46 y 48. Estos artículos consolidan la autoridad de la Contraloría para supervisar y regular el uso, mantenimiento y responsabilidades administrativas asociadas a los vehículos del sector público y de entidades privadas que manejen recursos públicos, señalando las regulaciones específicas y acuerdos relevantes como; Acuerdo No. 005 de la Contraloría General del Estado: Establece directrices específicas para la utilización, mantenimiento, y control de los vehículos del sector público, enfatizando la importancia del cumplimiento de los estándares de mantenimiento para asegurar la operatividad y seguridad.

Y los Acuerdos Subsecuentes: Acuerdo 007 CG y sus reformas (Acuerdos 041 y 016 CG): Detallan procedimientos adicionales para la gestión de vehículos, incluyendo las especificaciones sobre mantenimiento preventivo y correctivo, y la evaluación de la conformidad con las normas de seguridad y operación vehicular.

El Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial [39], reforzado por el Decreto Ejecutivo 1196, cuyo reglamento abarca todos los vehículos en Ecuador y establece normas estrictas para el mantenimiento, inspección y seguridad vial, garantizando que todos los vehículos, incluidos los motores diésel electrónicos, cumplan con los estándares de seguridad y eficiencia.

Finalmente, las normativas específicas a nivel mundial. La EPA Tier 3 de Estados Unidos, introducida por la Agencia de Protección Ambiental de 2017 [40] reduce los límites de emisiones de NOx a 30 mg/km y establece un límite de partículas de 3 mg/km. Además, aborda las emisiones de evaporación de los sistemas de combustible a nivel mundial, con influencia en Ecuador y América Latina.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio / grupo de estudio

Este trabajo se centró en el análisis de dos modelos de vehículos livianos de encendido por compresión, populares en el mercado de la Ciudad de Mira provincia del Carchi. Estos modelos, la camioneta Chevrolet DMAX 4x4 (Figura 77) a diésel y la camioneta Mazda BT-50 2.5 (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.7) a diésel, incorporan sistemas de control electrónico avanzados y son parte significativa del parque vehicular de la ciudad de acuerdo a MOVIDELNOR EP [41] , que es parte de la red de distribución de vehículos Chevrolet en el país. Además, según datos en [4], Carchi cuenta con un registro total de 22.422 vehículos, incluyendo una amplia gama de vehículos ligeros y comerciales.

Este estudio se enfocó específicamente en 20 camionetas entre ellas los dos modelos Chevrolet DMAX 4x4 a diésel y la camioneta Mazda BT-50 2.5 a diésel que hacen parte de la cooperativa de camionetas “Virgen de la Caridad” en la ciudad de Mira, Provincia del Carchi.



Figura 7. Comparación de camionetas diésel. (A) Chevrolet DMAX 4x4 a diésel. (B) Mazda BT-50 2.5.

Ambos modelos, Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50 2.5 diésel, comparten similitudes en sus procedimientos de mantenimiento, pero presentan diferencias específicas debido a sus características y condiciones de uso. El Chevrolet DMAX 4x4, diseñado para terrenos accidentados y fuera de carretera, requiere inspecciones más frecuentes en el sistema de suspensión, tracción 4x4, chasis y ejes para soportar las exigencias del entorno [9]. En contraste, el Mazda BT-50 2.5 diésel, orientado a un uso

mixto entre ciudad y carretera, demanda revisiones más frecuentes de frenos y neumáticos debido al frenado constante, así como atención detallada al sistema de inyección de combustible para mantener la eficiencia en carretera. Estas diferencias sirven como base para el desarrollo e implementación del programa de mantenimiento y diagnóstico propuesto en este trabajo de investigación [10].

La Cooperativa de Transporte Mixto “Virgen de la Caridad” en la ciudad de Mira (), Provincia del Carchi, Ecuador, se fundó el 20 de noviembre de 2002 por un grupo de 20 personas con el objetivo de mejorar el transporte y apoyar el desarrollo de la comunidad. Su personería jurídica se obtuvo el 25 de enero de 2005.

Esta cooperativa se dedica a ofrecer servicios de transporte mixto, incluyendo la movilización de productos agrícolas y pasajeros, lo que facilita el comercio y contribuye al turismo local, con una flota de camionetas modernas y bien mantenidas de entre las cuales destacan los dos modelos objeto de este estudio, y la participación activa de sus 20 socios, la cooperativa ha mejorado significativamente la conectividad y el bienestar social de la región [42].



Figura 8. Cooperativa de Transporte Mixto “Virgen de la Caridad”

3.2. Enfoque y tipo de investigación

Esta investigación es cualitativa, enfocada en entender y describir las técnicas de mantenimiento para vehículos diésel, con un énfasis especial en la prevención de fallos mecánicos y la minimización de incidencias imprevistas. Este enfoque permite explorar percepciones y experiencias de expertos en mantenimiento automotriz, y analizar estudios de casos y documentación relevante.

Se trató de una investigación cualitativa de enfoque descriptivo y aplicado, porque llevó a cabo encuestas para obtener información directamente de los propietarios que interactúan regularmente con estos vehículos, y obtener una perspectiva real - práctica sobre los problemas comunes, las necesidades de mantenimiento, y las posibles mejoras en los procedimientos existentes una vez aplicada la propuesta de este trabajo. Además,

esto permitió ajustar los protocolos de mantenimiento a las condiciones y exigencias específicas de la ciudad de Mira provincia del Carchi, de esta manera el programa de mantenimiento fue relevante y aplicable.

La investigación es descriptiva, catalogando las técnicas de mantenimiento actuales y emergentes en vehículos diésel y poseerá un carácter aplicado, con el desarrollo y prueba de nuevos protocolos de mantenimiento para evaluar su impacto en la operatividad y seguridad vehicular. Y finalmente, corresponde a una investigación documental con enfoque exploratorio, porque incorporó una revisión exhaustiva de literatura existente para identificar lagunas de conocimiento y consolidar una base teórica/práctica para mejorar las estrategias de mantenimiento.

3.3. Procedimiento de investigación

El procedimiento de investigación se estructuró en cuatro fases principales, diseñadas para cumplir con los objetivos específicos del proyecto. A continuación, se detallan las actividades realizadas en cada fase:

Fase 1: Determinación procedimientos comunes de mantenimiento de vehículos diésel livianos

El propósito de esta fase fue establecer una base de conocimiento sobre los procedimientos de mantenimiento actualmente utilizados para vehículos livianos de encendido por compresión.

Actividad 1. Determinar procedimientos de mantenimiento actuales aplicados a vehículos livianos de encendido por compresión. Se llevó a cabo una recopilación de datos en talleres locales, cooperativas de transporte y manuales técnicos de los modelos seleccionados. Se documentaron los procedimientos aplicados de manera regular en vehículos diésel, como cambios de aceite y filtros, inspecciones del sistema de enfriamiento y revisiones del sistema de frenos.

Actividad 2. Realizar una revisión exhaustiva de literatura y prácticas existentes para captar las técnicas de mantenimiento más efectivas y relevantes en el sector. Se analizaron estudios nacionales e internacionales sobre mantenimiento vehicular, enfatizando la evolución de las técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo. También se incluyeron tecnologías avanzadas, como el diagnóstico computarizado y la gestión basada en condición (CBM). Esta revisión permitió identificar las mejores prácticas a nivel técnico y las deficiencias comunes en talleres no oficiales.

Actividad 3. Definir el procedimiento de mantenimiento más común a nivel regional. Se realizó un análisis comparativo entre las recomendaciones de los fabricantes y las prácticas observadas en el campo. Esto permitió establecer los procedimientos de mantenimiento predominantes en la región y ajustar las recomendaciones según las condiciones locales de operación.

Fase 2: Planificar procesos de mantenimiento para los modelos seleccionados, incorporando nuevas tendencias

En esta fase, se desarrollaron los protocolos de mantenimiento adaptados a los vehículos Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50 2.5, integrando las últimas tendencias tecnológicas.

Actividad 1. Selección de los modelos Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50 2.5 como muestra representativa [4], [41]. Se seleccionaron estos modelos debido a su alta

prevalencia en la flota de la cooperativa "Virgen de la Caridad" y su representatividad en el parque vehicular diésel de la región. Ambos modelos presentan características que requieren enfoques específicos de mantenimiento, lo que los hace ideales para evaluar las prácticas y herramientas propuestas.

Actividad 2. Diseño de protocolos de mantenimiento que integren procedimientos estándar y tecnologías modernas como el software ESI-Tronic. Los protocolos fueron diseñados combinando las recomendaciones técnicas del fabricante con herramientas avanzadas de diagnóstico, como el software ESI-Tronic. Esto incluyó procedimientos detallados para inspecciones periódicas, mantenimiento basado en condición y diagnóstico computarizado para anticipar fallas.

Actividad 3. Desarrollo de lineamientos para la implementación práctica de los protocolos. Se elaboraron guías específicas para la aplicación de los protocolos en talleres no oficiales. Estas guías incluyeron instrucciones para el uso del software ESI-Tronic, esquemas de mantenimiento preventivo y recomendaciones de equipos y capacitación necesarios para su implementación exitosa.

Fase 3: Validación de procesos en el contexto local

Esta fase se centró en probar la efectividad de los protocolos desarrollados en un entorno real y evaluar su aceptación.

Actividad 1. Implementación piloto de los protocolos desarrollados en uno de cada modelo de vehículos de la cooperativa. Se seleccionaron dos vehículos representativos (uno de cada modelo) para implementar los protocolos durante tres meses. Los vehículos fueron sometidos a un programa estructurado de mantenimiento y diagnóstico utilizando las herramientas y lineamientos diseñados.

Actividad 2. Seguimiento y evaluación de los resultados del mantenimiento realizado durante tres meses. Se realizó un monitoreo continuo del desempeño de los vehículos en términos de consumo de combustible, reducción de fallos y tiempos de inactividad. Los resultados se compararon con los datos históricos de mantenimiento para evaluar la mejora en la eficiencia operativa.

Actividad 3. Encuestas a los técnicos locales para evaluar la aceptabilidad y viabilidad de los protocolos. Se aplicaron encuestas estructuradas a los técnicos de talleres no oficiales para recopilar su percepción sobre la practicidad y efectividad de los protocolos propuestos. Esto incluyó su opinión sobre el uso del software ESI-Tronic y las recomendaciones de mantenimiento.

Fase 4: Elaboración del manual de mantenimiento

La última fase consistió en consolidar los hallazgos y preparar un recurso práctico para la implementación en talleres.

Actividad 1. Redacción del manual de mantenimiento basado en los hallazgos de las fases anteriores. El manual se diseñó como una herramienta práctica para técnicos de talleres no oficiales. Incluye procedimientos detallados, instrucciones paso a paso y guías visuales para facilitar su comprensión y aplicación.

Actividad 2. Ajustes finales y preparación del manual para su distribución en talleres no oficiales. Se realizaron revisiones finales del contenido para asegurar su claridad y utilidad. También se incluyó una sección de preguntas frecuentes y ejemplos prácticos. Finalmente, el manual fue preparado para su impresión y distribución digital en talleres seleccionados.

3.4. Consideraciones bioéticas

La presente investigación se desarrolló bajo un marco ético que priorizó la sostenibilidad ambiental y el cumplimiento de las normativas legales vigentes. Se seleccionaron de manera cuidadosa los recursos empleados, tales como libros, tesis y fuentes digitales, asegurando que su obtención no generara impactos negativos en el medio ambiente. Asimismo, se garantizó que la investigación cumpliera con los principios de integridad, legalidad y transparencia, respetando los derechos de autor y las normativas éticas aplicables a cada fuente de información.

Este estudio se centró en generar beneficios significativos para la sociedad, contribuyendo a la mejora de las prácticas de mantenimiento vehicular, ya que estas mejoras buscan no solo optimizar el rendimiento de los vehículos, sino también reducir las emisiones contaminantes que afectan al medio ambiente y la salud humana. De este modo, se promueve un impacto positivo tangible tanto en la sostenibilidad ecológica como en el bienestar social.

En coherencia con los principios bioéticos, se priorizó la beneficencia al maximizar los resultados positivos de la investigación, especialmente en términos de sostenibilidad y eficiencia. Asimismo, se aplicó el principio de no maleficencia, evitando cualquier tipo de daño ambiental o ético derivado del estudio. Finalmente, el principio de justicia fue central en el diseño del programa de mantenimiento, asegurando que los beneficios de la investigación, como el manual de mantenimiento, sean accesibles y aplicables en talleres no oficiales, fomentando la equidad en su implementación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DIAGNÓSTICO

4.1. Procedimientos de mantenimiento

En la primera fase de este trabajo, se llevó a cabo la determinación de los procedimientos comunes de mantenimiento para los modelos seleccionados, Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50 2.5, ambos con motores diésel. Para ello, se inició con una revisión exhaustiva de manuales técnicos proporcionados por los fabricantes (a través de los propietarios de los vehículos) y de literatura sobre prácticas de mantenimiento aplicadas a estos vehículos. Posteriormente, se realizaron visitas a talleres locales, donde se documentaron los procedimientos reales implementados en los vehículos y se pudo comprender las limitaciones, adaptaciones y prácticas comunes que se llevan a cabo en estos contextos. Adicionalmente, se recopilaron y analizaron los registros históricos de mantenimiento de 20 vehículos pertenecientes a la Cooperativa “Virgen de la Caridad”. Como resultado, se logró describir los procedimientos de mantenimiento regulares necesarios para garantizar el funcionamiento óptimo de los vehículos seleccionados, tal como se detalla en la Tabla 2. Y se puede decir que;

- **Cambio de aceite y filtros**

Según las observaciones realizadas, la frecuencia de este procedimiento oscila entre 5.000 y 10.000 kilómetros, en consonancia con las recomendaciones del fabricante y ajustada al tipo de uso que los propietarios dan a sus vehículos. Este rango considera factores como las condiciones de operación, ya sea en rutas urbanas, rurales o de trabajo pesado. Los propietarios evaluados son conscientes de la importancia de realizar el cambio de aceite del motor diésel de manera regular para garantizar una adecuada lubricación y eliminar contaminantes. Asimismo, reemplazan el filtro de aceite en cada mantenimiento para evitar que el nuevo aceite se contamine de inmediato.



Figura 9. Filtro de aceite

Tabla 2.Frecuencia de procedimientos de mantenimiento de la muestra.

	Placa	Modelo	Km	Cambio de aceite y filtros	Inspección y reemplazo del filtro de combustible	Revisión del sistema de enfriamiento	Mantenimiento del sistema de escape	Inspección del sistema de frenos	Verificación de las bujías de incandescencia	Revisión del sistema de alimentación de aire
1	IBC8192	Chevrolet DMAX 4x4 a diésel		7991	22138	20763	58250	14922	31901	46564
2	IBB7519	Chevrolet DMAX 4x4 a diésel		6560	24020	25436	54930	17850	46098	37252
3	PBX7116	Mazda BT-50 2.5		5975	20292	24431	45773	13069	45781	40074
4	IBD2006	Chevrolet DMAX 4x4 a diésel		9939	28803	25973	51095	12899	42906	36254
5	PCK5790	Chevrolet DMAX 4x4 a diésel		6416	26793	22879	49727	19999	41753	39592
6	CAA2570	Chevrolet DMAX 4x4 a diésel		8781	15417	21267	53825	12004	46779	34380
7	CAA2188	Mazda BT-50 2.5		7965	25469	29045	54048	12987	39501	36794
8	TBE8770	Mazda BT-50 2.5		5371	18017	20898	51897	15799	38119	48726
9	Factura	Chevrolet DMAX 4x4 a diésel		6705	15957	20560	54398	13594	34310	45680
10	PCG8694	Mazda BT-50 2.5		9381	24852	28140	54879	11547	40735	48136
11	Factura	Mazda BT-50 2.5		5511	28919	27362	53945	13486	37428	35019
12	PCC5370	Mazda BT-50 2.5		8037	21285	23146	58604	12455	48514	40196
13	CAA1279	Chevrolet DMAX 4x4 a diésel		5143	24875	27615	56138	17204	40537	43798
14	PCO4266	Chevrolet DMAX 4x4 a diésel		5671	26879	26964	54556	12796	41458	44100
15	PCT3480	Mazda BT-50 2.5		5471	25967	26813	50709	17937	37001	44026
16	PDG5684	Mazda BT-50 2.5		7821	29763	29507	55572	11084	48362	33108
17	PCA2583	Chevrolet DMAX 4x4 a diésel		5620	26621	20652	49355	15039	32221	43709
18	IBC7775	Mazda BT-50 2.5		7642	17204	21455	57050	13841	45753	33601
19	Factura	Chevrolet DMAX 4x4 a diésel		8743	27452	20784	58528	19718	34588	38497
20	Factura	Chevrolet DMAX 4x4 a diésel		7876	22648	21769	50625	16630	38947	41243
	Frecuencia Promedio (km)			7130.95	23668.55	24272.95	53695.2	14743	40634.6	40537.45

- **Inspección y reemplazo del filtro de combustible**

La frecuencia es de generalmente cada 15.000 a 30.000 kilómetros. Se constató que el filtro de combustible es inspeccionado y suele reemplazarse regularmente para evitar que las impurezas en el combustible lleguen al motor, lo que podría causar daños significativos y reducir la eficiencia del vehículo (Figura 10(a)).

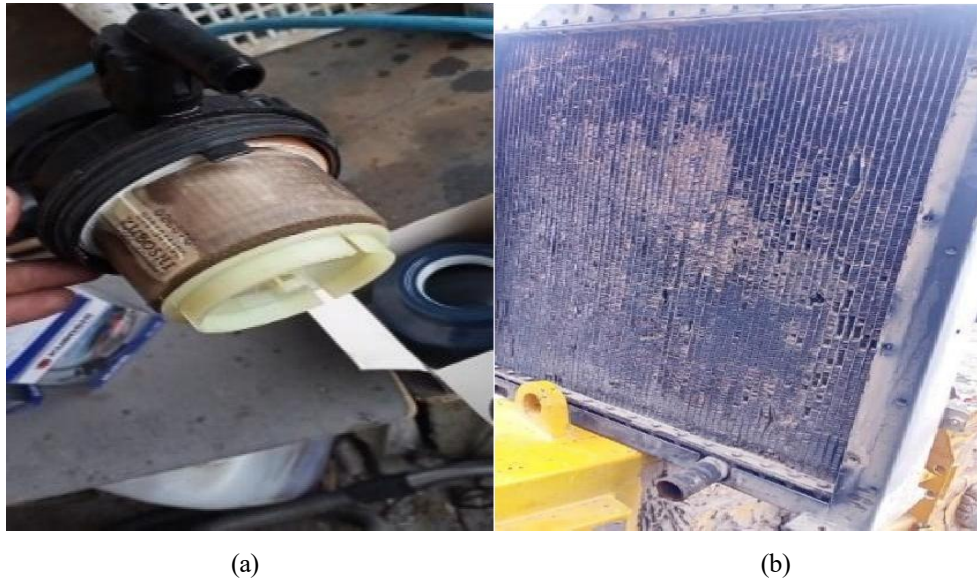


Figura 10. (a) Filtro de combustible obstruido y (b) Radiador en malas condiciones

- **Revisión del sistema de enfriamiento**

La revisión del sistema de enfriamiento comprende la verificación del nivel y calidad del refrigerante, además de la inspección de mangueras, radiador y termostato. El líquido refrigerante juega un papel clave en la disipación del calor generado por el motor, evitando temperaturas extremas que puedan comprometer su rendimiento. Su composición, generalmente a base de agua y aditivos anticorrosivos, permite una transferencia térmica eficiente mientras protege los componentes internos del sistema de enfriamiento. Con el tiempo, este líquido puede degradarse, perdiendo sus propiedades y reduciendo su efectividad, por lo que su control y reemplazo periódico son esenciales. Este procedimiento es fundamental para prevenir el sobrecalentamiento del motor y garantizar su correcto funcionamiento. Según el estudio realizado, la frecuencia común observada para esta revisión en los vehículos evaluados es de 30.000 kilómetros. Sin embargo, esta práctica resulta insuficiente, ya que la revisión del sistema de enfriamiento debería realizarse al menos una vez al año para prevenir daños significativos, como se observa en la Figura 10(b) que muestra un radiador en malas condiciones.

De acuerdo con los manuales de los modelos seleccionados, Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50 2.5, las recomendaciones de los fabricantes para el mantenimiento del sistema de enfriamiento son las siguientes:

Tabla 3. Recomendaciones del sistema de enfriamiento

Modelo de vehículo	Recomendación del fabricante	Frecuencia observada
Chevrolet DMAX 4x4	Revisar el sistema de enfriamiento cada 20.000 kilómetros o una vez al año	30.000 kilómetros
Mazda BT-50 2.5	Inspeccionar el nivel de refrigerante y componentes cada 15.000 kilómetros	30.000 kilómetros

Como se observa en la Tabla 3, la frecuencia común observada excede lo recomendado por los fabricantes, lo que aumenta el riesgo de fallos en el sistema de enfriamiento. Por lo tanto, se recomienda ajustar los intervalos de mantenimiento a lo indicado por los fabricantes para asegurar la durabilidad y eficiencia del motor.

- **Mantenimiento del sistema de escape**

La verificación del mantenimiento del sistema de escape se realizó mediante una inspección visual y funcional directa en los vehículos seleccionados (Figura 11. Inspección del sistema de escape , observando componentes clave como tuberías y silenciadores. Este procedimiento permitió identificar posibles fugas, daños estructurales o acumulación de hollín en el sistema.

Según los datos recopilados, la frecuencia común observada para este procedimiento varía entre 40 000 y 60 000 kilómetros. Sin embargo, los fabricantes recomiendan inspecciones más frecuentes dependiendo de las condiciones de operación del vehículo y del tipo de uso, que en el caso de estos vehículos es superior a los de uso doméstico. La evaluación realizada evidenció la necesidad de ajustar las prácticas de mantenimiento para alinear la frecuencia y los procedimientos con las recomendaciones técnicas del fabricante, minimizando así los riesgos de contaminación y fallos operativos.

Tabla 4. Recomendaciones del fabricante vs observaciones del sistema de escape

Modelo	Recomendación del fabricante	Frecuencia observada
Chevrolet DMAX 4x4	Inspeccionar el sistema de escape cada 20 000 kilómetros y limpiar/reemplazar cada 40 000 kilómetros si es necesario.	Inspección y limpieza/reemplazo cada 40 000 a 60 000 kilómetros.
Mazda BT-50 2.5	Revisar el sistema de escape cada 15 000 kilómetros y realizar limpieza preventiva del DPF cada 30 000 kilómetros.	Inspección y limpieza/reemplazo cada 40 000 a 60 000 kilómetros.

En ambos modelos, la frecuencia común observada para la inspección del sistema de escape excede las recomendaciones del fabricante, lo que podría incrementar el riesgo de fallos y el incumplimiento de normativas ambientales.



Figura 11. Inspección del sistema de escape

- **Inspección del sistema de frenos**

La frecuencia de este procedimiento en común fue de 10 000 a 20 000 kilómetros según fabricante. Este procedimiento incluye la revisión del estado de las pastillas, zapatas y discos de freno, así como el nivel de líquido de frenos (Figura 12). Este aspecto es un punto de inflexión para muchos vehículos a nivel nacional ya que los frenos deben estar en óptimas condiciones para asegurar la seguridad del vehículo y de sus pasajeros. Indicar las dimensiones normales de los elementos



Figura 12. Revisión del sistema de frenado

- **Verificación de las bujías de precalentamiento**

Las bujías de precalentamiento son esenciales para el encendido en motores diésel, especialmente en climas fríos como es el caso de la provincia del Carchi, por lo que se deben

inspeccionar y reemplazar si están desgastadas o dañadas (ver Figura 13). La frecuencia común entre los vehículos de los socios es de cada 40 000 kilómetros.

Tabla 5. Comparación de verificación de bujías de precalentamiento

Modelo	Recomendación del fabricante	Frecuencia observada
Chevrolet DMAX 4x4	Inspeccionar las bujías de precalentamiento cada 20 000 kilómetros y reemplazarlas si presentan desgaste.	Inspección y reemplazo cada 30 000 kilómetros.
Mazda BT-50 2.5	Revisar las bujías de precalentamiento cada 25 000 kilómetros y sustituirlas si están dañadas o desgastadas.	Inspección y reemplazo cada 30 000 kilómetros.

La práctica común observada en los vehículos excede las recomendaciones del fabricante, lo que podría impactar negativamente el encendido y el desempeño del motor, especialmente en climas fríos como los de la provincia del Carchi.



Figura 13. Bujías de precalentamiento

- **Revisión del sistema de alimentación de aire**

En este procedimiento los socios de la cooperativa tienen una frecuencia de 10 000 kilómetros aproximadamente, y esto incluye la inspección - limpieza del filtro de aire y la revisión de los conductos de admisión de aire, lo cual es esencial para garantizar que el motor reciba suficiente aire limpio para la combustión.

Este análisis de los procedimientos de mantenimiento de los vehículos diésel en la cooperativa de camionetas “Virgen de la Caridad” en Mira, provincia del Carchi, ha identificado prácticas comunes esenciales para mantener la eficiencia y durabilidad de los vehículos. Sin embargo, se pueden y deben realizar mejoras significativas. Se debe empezar

indicando que la frecuencia del cambio de aceite y filtros, así como la inspección y reemplazo del filtro de combustible, es adecuada, pero se debe enfatizar la importancia de seguir estas pautas estrictamente es decir de contar con un programa de mantenimiento y diagnóstico acertado, oportuno y efectivo.

Para mejorar estos procedimientos, se desarrolla en las secciones siguientes e implementa el programa mantenimiento y diagnóstico posterior al vencimiento de la garantía vehicular aplicado a vehículos livianos de encendido por compresión como la camioneta Chevrolet DMAX 4x4 a diésel y la camioneta Mazda BT-50 2.5 a diésel, pertenecientes a los socios de la cooperativa de camionetas “Virgen de la Caridad” en la ciudad de Mira, provincia del Carchi. Con estas mejoras, se puede lograr una mayor eficiencia, durabilidad y seguridad de los vehículos.



Figura 15. Filtros de aire

4.2. Tendencias en mantenimiento

El mantenimiento de vehículos livianos de encendido por compresión (diésel) se ha beneficiado enormemente de los avances en tecnología y software, como se ha estudiado en el capítulo dos de este trabajo y se conoce que una de las herramientas más prominentes en este campo es el software ESI-tronic de Bosch, que ofrece procedimientos avanzados de diagnóstico y mantenimiento. Así en este apartado, se analiza a fondo las aplicaciones del software ESI-tronic en los modelos Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50 2.5 diésel, y cómo estas tecnologías pueden mejorar significativamente el mantenimiento de estos vehículos.

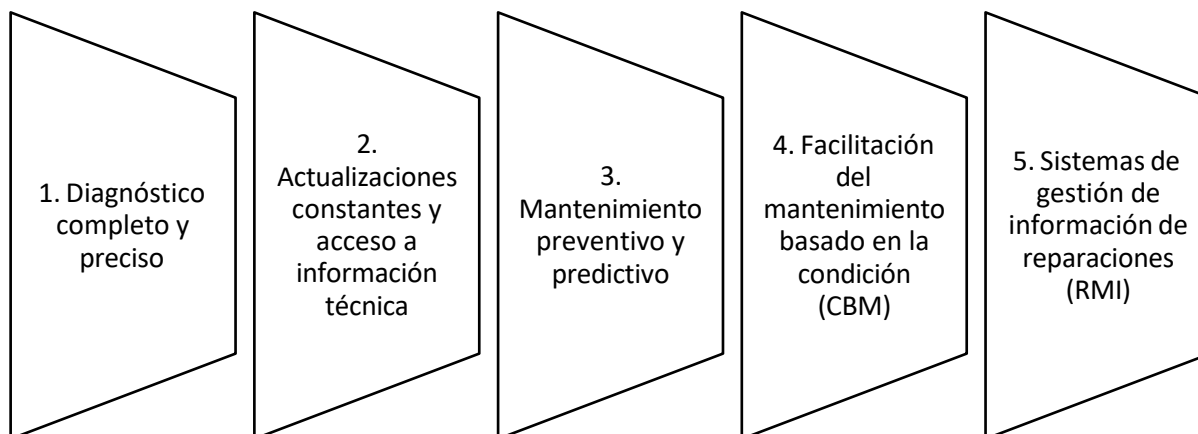


Figura 14. Puntos clave del software ESI tronic [31]

Como muestra la Figura 14, el uso del software ESI tronic de Bosch representa una tendencia avanzada y efectiva en el mantenimiento de vehículos diésel livianos como el Chevrolet DMAX 4x4 y el Mazda BT-50 2.5. De acuerdo con la revisión e investigación del autor, se conoce que este software ofrece un diagnóstico preciso y completo, acceso continuo a información técnica actualizada, y facilita tanto el mantenimiento preventivo como el predictivo. Al implementar estas herramientas, se pueden anticipar problemas y realizar intervenciones únicamente cuando son necesarias, optimizando así el ciclo de mantenimiento. Otro aspecto relevante es que su capacidad de gestionar información de reparaciones y actualizarse constantemente asegura que los vehículos operen de manera eficiente y segura.

Tabla 6. Aplicaciones del software ESI-tronic

Aspectos	Descripción	Aplicación a la muestra
Diagnóstico completo y preciso	El software ESI-tronic proporciona un diagnóstico completo y preciso de los sistemas del vehículo. Utiliza una base de datos extensa y actualizada que abarca una amplia variedad de modelos y fabricantes, ofreciendo acceso a información técnica detallada, esquemas eléctricos y procedimientos de reparación.	Para los Chevrolet DMAX y Mazda BT-50, ESI-tronic va a identificar rápidamente problemas en el motor, sistema de combustible, sistema eléctrico y otros componentes críticos, permitiendo reparaciones más rápidas y precisas.
Actualizaciones constantes y acceso a información técnica	ESI-tronic se actualiza regularmente, asegurando que los técnicos siempre tengan acceso a la información más reciente. Esto incluye actualizaciones de software, boletines técnicos y manuales de servicio, todos disponibles a través de una plataforma en línea.	La constante actualización del software garantiza que los técnicos o a los socios/propietarios que trabajan con los Chevrolet DMAX y Mazda BT-50 estén al tanto de las últimas técnicas de reparación y mantenimiento, mejorando la calidad del servicio.
Mantenimiento preventivo y predictivo	ESI-tronic facilita la planificación de mantenimiento preventivo mediante la generación de programas de servicio basados en los datos del vehículo y las recomendaciones del fabricante. Además,	En los Chevrolet DMAX y Mazda BT-50, esto permite a los propietarios/socios y técnicos anticipar y prevenir problemas, minimizando el tiempo de inactividad

	el software puede analizar datos históricos y actuales para predecir posibles fallos antes de que ocurran.	y reduciendo los costos de reparación.
Facilitación del mantenimiento basado en la condición (CBM)	ESI-tronic apoya el mantenimiento basado en la condición al monitorear continuamente los sistemas del vehículo y alertar sobre cualquier desviación de los parámetros normales. Esto permite realizar mantenimientos únicamente cuando es necesario, en lugar de basarse en intervalos fijos.	Implementar CBM en los Chevrolet DMAX y Mazda BT-50 va a optimizar el ciclo de mantenimiento, asegurando que las intervenciones se realicen solo cuando realmente se necesitan, lo que resulta en una mayor eficiencia y menores costos.
Sistemas de gestión de información de reparaciones (RMI)	ESI-tronic incluye un sistema de gestión de información de reparaciones que proporciona acceso instantáneo a datos de reparaciones previas, procedimientos estándar y tiempos estimados de trabajo.	Para modelos Chevrolet DMAX y Mazda BT-50, esta funcionalidad mejora la organización y la eficiencia, permitiendo a los técnicos realizar reparaciones más rápidas y precisas.

La adopción del software ESI-Tronic puede contribuir significativamente a la durabilidad de los vehículos, la reducción de costos de mantenimiento y un menor impacto ambiental, siempre y cuando las recomendaciones generadas por el sistema sean implementadas correctamente por los propietarios. Es importante destacar que, aunque el software permite diagnosticar de manera precisa las necesidades del vehículo y ajustar ciertos parámetros de funcionamiento, no realiza cambios físicos en el mismo. La efectividad final depende enteramente de la decisión del propietario de aplicar las sugerencias proporcionadas o llevar a cabo las correcciones necesarias.

Además, la instalación de ESI-Tronic es un proceso relativamente sencillo, que implica seguir una serie de pasos específicos para garantizar su correcta configuración y operatividad. Sin embargo, su impacto real en el desempeño del vehículo estará condicionado al compromiso del usuario con la implementación de las acciones sugeridas por el sistema. Esto refuerza la importancia de aclarar que el software es una herramienta de diagnóstico y optimización, pero no sustituye la acción directa en el mantenimiento o reparación del vehículo.

4.3. Procesos de mantenimiento incorporando con ESI-tronic

Dirigido a los propietarios de talleres no oficiales o mecánicos

Primero, es importante indicar que ambos modelos, Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50 2.5 diésel, comparten varias similitudes en sus procedimientos de mantenimiento, hay diferencias específicas que se deben considerar debido a sus características y condiciones de uso actual y que servirán en el desarrollo e implementación del programa de mantenimiento y diagnóstico de este trabajo de investigación, así las diferencias concretas se muestran en la Tabla 7 siguiente:

Tabla 7. Comparación de mantenimiento de los dos modelos de vehículos

Aspecto	Chevrolet DMAX 4x4	Mazda BT-50 2.5 Diésel
Condiciones de uso	Terreno irregulares, fuera de carretera	Uso mixto entre ciudad y carretera
Sistema 4x4	Inspección del sistema de tracción 4x4	No aplicable
Suspensión y tracción	Revisiones frecuentes debido al terreno	Revisiones estándar
Chasis y ejes	Revisión adicional por posibles daños	Revisiones estándar
Sistema de frenos y neumáticos	Revisiones estándar	Revisiones más frecuentes debido al uso urbano
Sistema de inyección de combustible	Revisiones estándar	Atención detallada para eficiencia en carretera
Optimización del motor	Enfocado en condiciones adversas	Optimizado para eficiencia en carretera

Así como se muestra Tabla 7, el modelo Chevrolet DMAX 4x4 está diseñado para terrenos irregulares y fuera de carretera, lo que requiere inspecciones más frecuentes del sistema de suspensión y tracción para soportar la carga adicional. Además, necesita revisiones regulares del sistema 4x4, incluidos los diferenciales y la caja de transferencia, así como del chasis y ejes para detectar posibles daños.

Por otro lado, el Mazda BT-50 2.5 diésel está orientado a un uso mixto entre ciudad y carretera dentro de la provincia, con revisiones más frecuentes de frenos y neumáticos debido al frenado constante en áreas urbanas. También requiere atención detallada al sistema de inyección de combustible para mantener la eficiencia en carretera y optimizar el motor para un rendimiento adecuado en viajes largos.

Entonces, la planificación de procesos de mantenimiento para vehículos livianos de encendido por compresión posterior al vencimiento de la garantía es crucial para asegurar su longevidad y mantener su rendimiento óptimo. Este enfoque considera las tendencias modernas de mantenimiento específicas para los modelos Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50 2.5 diésel, incorporando tecnologías avanzadas como el software ESI-Tronic de Bosch.

El propósito del plan es optimizar la eficiencia en el diagnóstico y las reparaciones, reduciendo el tiempo de inactividad de los vehículos y mejorando su desempeño general. Además, busca disminuir costos operativos relacionados con el mantenimiento correctivo y preventivo, al evitar fallos graves mediante inspecciones oportunas y ajustes precisos. Esto beneficia directamente a los socios y propietarios de los vehículos pertenecientes a la cooperativa de camionetas “Virgen de la Caridad” en la ciudad de Mira, provincia del Carchi, quienes enfrentan desafíos únicos debido al uso intensivo y las condiciones específicas de operación de sus vehículos.

A continuación, se presentan una serie de tablas que describen procedimientos clave diseñados para optimizar el mantenimiento y la gestión de los modelos Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50 2.5 diésel, vehículos livianos de encendido por compresión. Estos procedimientos están basados en un enfoque técnico que combina las recomendaciones de los fabricantes y la literatura consultada [9] así como las condiciones específicas de operación observadas en el contexto local. Cada tabla detalla la frecuencia sugerida, las tareas asociadas, los recursos necesarios y el tiempo estimado para cada proceso.

La Tabla 8 muestra el proceso de diagnóstico y evaluación, que es un procedimiento, que se realiza cada seis meses, se alinea con las recomendaciones de diagnóstico regular de los fabricantes, utilizando el software ESI-Tronic para identificar problemas ocultos y establecer un punto de referencia. Tanto Chevrolet como Mazda sugieren diagnósticos frecuentes para prevenir fallos mayores, y este proceso asegura que se aborden a tiempo.

Tabla 8. Proceso de diagnóstico y evaluación

Diagnóstico y evaluación	
Frecuencia	Cada 6 meses
Descripción	Utilizar el software ESI-tronic para realizar un diagnóstico completo de los vehículos. Esta evaluación inicial ayudará a identificar problemas ocultos y establecer un punto de referencia para futuros mantenimientos.
Tareas	Conectar el ESI-tronic y ejecutar un escaneo completo. Analizar los resultados y generar un informe detallado. Programar las reparaciones necesarias basadas en el diagnóstico.
Tiempo estimado	2 horas
Recursos	ESI-tronic, técnico capacitado, conexión a Internet.

Esta Tabla 9 sobre el procedimiento de mantenimiento preventivo, detalla un programa periódico cada 10 000 kilómetros, adaptado a las especificaciones de mantenimiento de ambos modelos. Tal y como, las recomendaciones del fabricante incluyen tareas como el cambio de aceite y filtros, inspección del sistema de frenos y revisión del sistema de escape, todas ajustadas para optimizar el rendimiento según las condiciones locales.

Tabla 9. Procedimiento de mantenimiento preventivo

Mantenimiento preventivo	
Frecuencia	Cada 10 000 km
Descripción	Seguir un programa de mantenimiento basado en las recomendaciones del fabricante, ajustado según las condiciones específicas de uso y las tendencias actuales. Cambio de aceite y filtro.
Tareas	Reemplazo del filtro de combustible. Inspección del sistema de frenos y reemplazo de pastillas si es necesario. Revisión y limpieza del sistema de admisión de aire. Verificación del sistema de escape y limpieza del filtro de partículas diésel (DPF).

Tiempo estimado	4 horas
Recursos	ESI-tronic, herramientas estándar, piezas de repuesto, lubricantes y filtros.

La siguiente Tabla 10, del procedimiento de mantenimiento basado en la condición (CBM), está basado en tecnología avanzada, este enfoque permite realizar mantenimiento solo cuando es necesario, a través de sensores y monitoreo en tiempo real. Tanto Chevrolet como Mazda recomiendan enfoques que prioricen el estado real de los componentes para evitar intervenciones innecesarias.

Tabla 10. Procedimiento de mantenimiento basado en la condición

Mantenimiento basado en la condición (CBM)	
Frecuencia	Continuo, para lo que se debe realizar un monitoreo de datos frecuente
Descripción	Implementar el CBM utilizando sensores y el software ESI-tronic para monitorear el estado real de los componentes y realizar mantenimiento solo cuando es necesario. Instalar sensores para monitorear parámetros críticos (temperatura, presión, vibración).
Tareas	Utilizar ESI-tronic para analizar los datos en tiempo real. Planificar intervenciones de mantenimiento basadas en la condición real de los componentes.
Tiempo estimado	1 hora por sesión de monitoreo
Recursos	Sensores, ESI-tronic, técnico capacitado.

A continuación, en la Tabla 11, en cuanto al procedimiento de actualizaciones y optimización de software, los fabricantes sugieren mantener actualizados los sistemas electrónicos para maximizar el rendimiento del motor y otros sistemas. Este procedimiento cada seis meses, mediante actualizaciones over-the-air (OTA) y el uso de ESI-Tronic, asegura que los sistemas operen bajo los estándares más recientes.

Tabla 11. Procedimiento de actualizaciones y optimización de software

Actualizaciones y optimización de software	
Frecuencia	Cada 6 meses
Descripción	Realizar actualizaciones de software over-the-air (OTA) para mejorar el rendimiento del motor y otros sistemas del vehículo. Conectar el vehículo a la red y realizar actualizaciones OTA.
Tareas	Verificar que las actualizaciones se han instalado correctamente. Realizar un escaneo posterior a la actualización para asegurar que no hay conflictos o problemas.
Tiempo estimado	1 hora
Recursos	ESI-tronic, conexión a Internet.

La Tabla 12, describe cómo la selección de lubricantes y combustibles de alta eficiencia se ajusta a las especificaciones de los fabricantes, mejorando la eficiencia del motor y

reduciendo su desgaste. Ambos modelos exigen productos de calidad para mantener su desempeño óptimo, y este procedimiento lo implementa de forma continua.

Tabla 12. Procedimiento de gestión de lubricantes - combustibles

Gestión de lubricantes - combustibles	
Frecuencia	Continuo
Descripción	Utilizar lubricantes y combustibles de alta eficiencia para mejorar el rendimiento y reducir el desgaste del motor. Abastecer el vehículo con lubricantes recomendados de alta eficiencia.
Tareas	Utilizar combustibles con aditivos especiales que mejoren la combustión y limpien el sistema de inyección. Monitorizar el consumo de combustible y analizar el rendimiento.
Tiempo estimado	Variable según la frecuencia de reabastecimiento de la cooperativa
Recursos	Lubricantes de alta eficiencia, combustibles con aditivos.

Sobre el procedimiento de monitoreo remoto y gestión de información de reparaciones (RMI), se adapta las recomendaciones de los fabricantes para el registro y análisis de reparaciones, utilizando monitoreo remoto con ESI-Tronic (ver Tabla 13)

Tabla 13. Procedimiento RMI

Monitoreo remoto y gestión de información de reparaciones (RMI)	
Frecuencia	Continuo
Descripción	Implementar un sistema de monitoreo remoto y gestión de información de reparaciones utilizando ESI-tronic. Configurar el sistema de monitoreo remoto para acceder a los datos del vehículo en tiempo real.
Tareas	Utilizar el RMI para registrar todas las reparaciones y mantenimientos realizados. Generar informes periódicos sobre el estado del vehículo y planificar futuras intervenciones.
Tiempo estimado	Variable según la frecuencia de las sesiones de monitoreo y el registro de datos de la cooperativa
Recursos	ESI-tronic, conexión a Internet, técnico capacitado.

4.4. Procesos de mantenimiento dirigido a los propietarios

Para los propietarios de vehículos como la Chevrolet DMAX 4x4 y la Mazda BT-50 2.5, es importante comprender que el mantenimiento regular es clave para garantizar la seguridad, eficiencia y durabilidad de sus vehículos, así la siguiente Tabla 14 ofrece la guía rápida sobre los tipos de mantenimiento, la frecuencia recomendada y las ventajas de cumplir con estos procedimientos:

Tabla 14. Características del mantenimiento

Tipo de mantenimiento	Descripción	Frecuencia	Ventajas	Tiempos	Costos (USD)	Componentes
Preventivo	Cambio de aceite y filtros	Cada 5 000 a 10 000 km	Mantiene lubricación adecuada del motor y evita la acumulación de contaminantes.	30-60 minutos	\$30 - \$80	Aceite de motor, filtro de aceite, filtro de combustible
	Inspección y mantenimiento de frenos, neumáticos, sistema de escape	Cada 10 000 a 20 000 km	Previene fallos graves en frenos y sistemas críticos, aumentando la seguridad.	45-120 minutos	\$50 - \$150	Pastillas de freno, discos de freno, neumáticos, sistema de escape
Correctivo	Reparación de fallos del sistema de motor o transmisión	Solo cuando falla	Soluciona fallos críticos, restaurando la funcionalidad completa del vehículo.	Variable según la complejidad de la reparación	Variable, desde \$200 a varios miles dependiendo del daño	Motor, transmisión, sistema de escape
	Reemplazo de componentes eléctricos dañados	Solo cuando falla	Permite restaurar la funcionalidad de sistemas eléctricos esenciales.	Variable según complejidad	Variable, desde \$50 a \$500	Sistema eléctrico, alternador, batería, fusibles
Predictivo (básico sin software)	Monitoreo de niveles de fluidos (aceite, refrigerante)	Revisión mensual	Identifica problemas potenciales antes de que causen daños significativos.	15-30 minutos	Insignificante, si se hace de forma manual	Aceite, refrigerante, niveles de fluido de transmisión
	Revisión de frenos, desgaste de neumáticos y estado de bujías	Cada 3 meses o cuando fallen	Evita fallos repentinos que pueden causar accidentes o paradas inesperadas.	45-60 minutos	Insignificante, si se hace de forma manual	Bujías, frenos, neumáticos

4.5. Problemas Comunes y posibles soluciones en estos modelos.

Chevrolet DMAX 4x4 diésel

1. Falla en el sistema de inyección de combustible

Síntomas: Pérdida de potencia, humo negro, dificultades de arranque.

Causas: Inyectores sucios o defectuosos, filtro de combustible obstruido, combustible de baja calidad.

Solución:

- Cambiar el filtro de combustible cada 10 000 km.
- Limpiar o reemplazar inyectores dañados.
- Utilizar combustible de buena calidad y aditivos limpiadores.

2. Sobre calentamiento del motor

Síntomas: Motor sobrecalentado, pérdida de refrigerante, fallos en el sistema de enfriamiento.

Causas: Fugas en el radiador, termostato defectuoso, mangueras desgastadas.

Solución:

- Revisar el radiador, mangueras y termostato cada 30.000 km o anualmente.
- Cambiar las piezas dañadas y mantener el nivel correcto de refrigerante.

3. Problemas en la transmisión

Síntomas: Dificultad para cambiar de marcha, ruidos en la transmisión.

Causas: Fluido de transmisión bajo, embrague desgastado, daños en los engranajes.

Solución:

- Revisar y cambiar el fluido de transmisión cada 40.000 km.
- Cambiar el embrague si presenta desgaste excesivo.

4. Problemas con los frenos

Síntomas: Vibraciones al frenar, ruido metálico, disminución en la eficacia del frenado.

Causas: Desgaste de pastillas, discos de freno deformados.

Solución:

- Revisar y reemplazar las pastillas y discos de freno cada 20.000 km.
- Asegurar el correcto nivel de líquido de frenos.

5. Fugas de aceite

Síntomas: Manchas de aceite debajo del vehículo, bajo nivel de aceite.

Causas: Juntas defectuosas, filtro de aceite mal ajustado.

Solución:

- Revisar juntas y sellos. Reemplazar si es necesario.

- Asegurar un cambio regular de aceite y filtro cada 5 000 a 10 000 km.

6. Fallas eléctricas

Síntomas: Dificultad para arrancar, luces tenues, batería agotada.

Causas: Alternador defectuoso, batería descargada.

Solución:

- Revisar el sistema de carga (batería y alternador) cada 6 meses.
- Reemplazar la batería si está dañada y asegurar que el alternador funcione correctamente.

Por su lado el modelo;

Mazda BT-50 2.5 diésel

1. Falla en el sistema de turbo alimentación

Síntomas: Pérdida de potencia, ruido inusual en el turbo, humo azul del escape.

Causas: Falta de lubricación del turbo, acumulación de residuos en el sistema de escape.

Solución:

- Cambiar el aceite del motor regularmente para asegurar la correcta lubricación del turbo.
- Limpiar o reemplazar el turbo si está dañado.

2. Problemas con el embrague

Síntomas: Dificultad para cambiar de marcha, embrague que patina.

Causas: Desgaste del disco de embrague, problemas en el cilindro maestro o esclavo.

Solución:

- Reemplazar el disco de embrague si está desgastado.
- Revisar y ajustar los componentes hidráulicos (cilindro maestro y esclavo).

3. Falla en el sistema de inyección de combustible

Síntomas: Humo negro, pérdida de potencia, dificultad para arrancar.

Causas: Inyectores sucios, filtro de combustible obstruido.

Solución:

- Reemplazar el filtro de combustible cada 30.000 km.
- Limpiar o reemplazar los inyectores si están obstruidos.

4. Problemas de suspensión

Síntomas: Ruidos al pasar por baches, balanceo excesivo del vehículo.

Causas: Amortiguadores o resortes desgastados.

Solución:

- Revisar y reemplazar amortiguadores cada 50.000 km o si presentan signos de desgaste.

5. Problemas con el sistema de frenos

Síntomas: Ruidos al frenar, mayor distancia de frenado, pedal del freno esponjoso.

Causas: Pastillas de freno desgastadas, líquido de frenos bajo.

Solución:

- Revisar y reemplazar las pastillas de freno cada 20,000 km.
- Asegurar el correcto nivel de líquido de frenos.

6. Problemas eléctricos se repite este tema

Síntomas: Fallos en los sistemas eléctricos, luces parpadeantes, batería descargada.

Causas: Alternador defectuoso, conexiones flojas.

Solución:

- Revisar el sistema eléctrico cada 6 meses.
- Reemplazar o ajustar las conexiones y asegurarse de que el alternador esté funcionando correctamente.

Y, si no se realiza el mantenimiento adecuado al vehículo, pueden ocurrir una serie de problemas que afectarán su funcionamiento, seguridad, vida útil y costos de operación, como las siguientes:

Daños al motor por;

- Acumulación de residuos: Si no se cambia el aceite a tiempo, el motor acumulará residuos y partículas que pueden obstruir los conductos de lubricación, lo que causará un mayor desgaste en las piezas móviles del motor, como los pistones y el cigüeñal.
- Sobrecalentamiento: La falta de revisión del sistema de enfriamiento puede llevar a que el motor se sobrecaliente, causando daños graves como la rotura de la junta de culata o incluso la deformación de partes internas del motor.
- Fallo total del motor: En casos extremos, la falta de mantenimiento puede provocar la rotura total del motor, lo que requiere un reemplazo muy costoso o la compra de un vehículo nuevo.

Reducción de la eficiencia del combustible debido a;

- Aumento del consumo de combustible
- Mayor gasto económico: A largo plazo, el gasto en combustible será significativamente mayor en comparación con los costos del mantenimiento regular.

Mayor riesgo de accidentes;

- Frenos defectuosos: Si no se inspeccionan y mantienen los frenos regularmente, estos pueden fallar en situaciones críticas, aumentando el riesgo de accidentes graves.
- Problemas de dirección y suspensión: La falta de alineación, balanceo y revisión de la suspensión puede llevar a una pérdida de control del vehículo, especialmente en terrenos difíciles como los de la zona rural.
- Neumáticos desgastados.

Aumento de emisiones contaminantes;

- Emisiones tóxicas, como el monóxido de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Filtro de partículas diésel (DPF) obstruido

Costos de reparación más altos;

- Reparaciones mayores, por ejemplo, el reemplazo de un motor o una transmisión completa es mucho más caro que realizar cambios de aceite y revisiones regulares.

Reducción de la vida útil del vehículo por;

- Desgaste prematuro
- Pérdida de valor de reventa

CAPÍTULO V

PROPUESTA

Con toda la información recopilada, analizada y diagnosticada, basada en estudios de campo con modelos específicos como el Chevrolet DMAX y Mazda BT-50, este trabajo se orienta al cumplimiento de su objetivo principal: el desarrollo de un programa integral de mantenimiento y diagnóstico post-garantía para vehículos livianos de encendido por compresión. Este programa se concretará mediante la creación de un manual de mantenimiento específico para los modelos seleccionados, diseñado para satisfacer las necesidades de propietarios, técnicos y talleres no oficiales en un contexto posterior al vencimiento de la garantía.

El manual será una guía exhaustiva que detallará procedimientos de mantenimiento preventivo, correctivo y diagnóstico, incluyendo tareas como inspecciones regulares y reparaciones específicas. Además, integrará el uso del software de diagnóstico ESI-Tronic, que permitirá un enfoque proactivo y basado en datos para optimizar el rendimiento y prolongar la vida útil de los vehículos. Este enfoque post-garantía asegura la continuidad del buen funcionamiento de los vehículos más allá del soporte inicial del fabricante.

Se espera que este programa no solo mejore la eficiencia y efectividad del mantenimiento, sino que también reduzca costos operativos y minimice el tiempo de inactividad de los vehículos, lo que resulta crucial para los socios de la cooperativa de camionetas “Virgen de la Caridad” en la ciudad de Mira, provincia del Carchi. Para evaluar la efectividad del programa, se aplicarán encuestas posteriores a los usuarios que lo hayan implementado, considerando los resultados finales para validar su impacto y realizar ajustes si es necesario.

5.1. Título de la propuesta

Programa de mantenimiento y diagnóstico post-Garantía para Vehículos Diésel Livianos.

5.2. Objetivo general de la propuesta

Desarrollar un programa de mantenimiento y diagnóstico integral para vehículos livianos diésel post-garantía (Chevrolet DMAX y Mazda BT-50) que optimice la eficiencia operativa y prolongue la vida útil de los vehículos.

5.3. Objetivos específicos

- Crear un manual de mantenimiento con procedimientos detallados y recomendaciones basadas en el software ESI-Tronic.

- Capacitar a técnicos de talleres no oficiales en el uso de herramientas avanzadas de diagnóstico y mantenimiento.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo y basado en la condición (CBM) que minimice el tiempo de inactividad de los vehículos.
- Evaluar la efectividad del programa mediante encuestas a los socios de la cooperativa.

5.4. Desarrollo de la propuesta

5.4.1. Manual de mantenimiento

Este manual planifica los procesos de mantenimiento para los dos modelos seleccionados de vehículos de encendido por compresión posterior al vencimiento de la garantía, incorporando las nuevas tendencias de mantenimiento. Incluye recomendaciones para inspecciones periódicas, mantenimiento preventivo, diagnóstico predictivo, y la integración de nuevas tecnologías como el software ESI-tronic de Bosch. Y a continuación se presenta el manual elaborado en este trabajo, así como su Anexo 4:

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Vehículos Diésel

Posterior al Vencimiento de la Garantía Vehicular

INTRODUCCIÓN

Este manual de mantenimiento está diseñado específicamente para vehículos livianos de encendido por compresión (vehículos diésel) posterior al vencimiento de la garantía vehicular. Se enfoca en proporcionar procedimientos detallados y recomendaciones basadas en el software ESI-Tronic para asegurar un mantenimiento óptimo que garantice la eficiencia y seguridad de los vehículos específicos como Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50.

OBJETIVOS DEL MANUAL

- Establecer un conjunto de procedimientos de mantenimiento detallados.
- Implementar prácticas de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Optimizar el rendimiento de los vehículos.

ESI[tronic]

El software ESI[tronic] funciona como una base de datos y un sistema de diagnóstico que integra las funciones necesarias para la reparación de los vehículos.

Se conecta a la centralita electrónica del vehículo a través de dispositivos de diagnóstico, como Bosch KTS, así logra interactuar con las unidades de control del vehículo y ofrecer una lectura precisa de los fallos.

MÓDULOS PRINCIPALES

1. A (Identificación de vehículos)

Permite la identificación del vehículo a través del número de chasis (VIN) o seleccionando manualmente la marca, modelo y año del automóvil.

2. B (Datos de mantenimiento y reparación)

Incluye información técnica detallada, como valores de torque, especificaciones de fluidos, tiempos de reparación y procedimientos paso a paso para la reparación de componentes específicos.

3. C (Esquemas eléctricos y diagramas)

Proporciona esquemas detallados de los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo.

4. D (Diagnóstico)

Permite leer y borrar códigos de error, realizar pruebas de actuadores, verificar parámetros en tiempo real y codificar componentes.

5. E (Información de experiencia técnica)

Base de datos de problemas y soluciones proporcionadas por Bosch y por otros talleres.

6. F (Guías de localización de fallos)

Facilita la localización de averías a través de pasos secuenciales.

7. P (Catálogo de piezas)

Incluye un catálogo de repuestos de Bosch y de otros fabricantes, con información sobre compatibilidad, referencias cruzadas y disponibilidad.

REQUISITOS PREVIOS

- **PERSONAL TÉCNICO**

El uso del software ESI-Tronic requiere conocimientos básicos en diagnóstico y mantenimiento automotriz.

- **DOCUMENTACIÓN TÉCNICA**

Manuales del fabricante (que se pueden descargar de la web) y acceso a esquemas eléctricos y diagramas del vehículo.

- **HERRAMIENTAS Y EQUIPOS**

Equipos de diagnóstico como el ESI-Tronic, conexión a Internet para actualizaciones, y equipo de mantenimiento estándar (herramientas de mano, medidores de presión, escáneres OBD-II, etc.).

- **SISTEMA**

Ordenador con un procesador de buena capacidad, memoria RAM suficiente y una conexión a Internet (para las actualizaciones sobre todo).

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

DIAGNÓSTICO INICIAL

- **FRECUENCIA**

Cada 6 meses o al detectar algún fallo en el vehículo.

- **DURACIÓN**

Aproximadamente 2 horas.

CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE PARA CHEVROLET DMAX 4X4

1. **Unidad de Control Electrónico (ECU):**

La Chevrolet DMAX utiliza una ECU Bosch EDC16 para el control del motor.

Asegúrate de seleccionar el perfil correcto dentro del ESI-Tronic.

2. **Diagnóstico del Sistema de Tracción 4x4:**

Usa el módulo de prueba de actuadores para verificar el estado del actuador de cambio 4WD y del sistema de bloqueo de diferencial.

3. **Lectura de Parámetros Críticos:**

Monitorea la presión del riel de inyección (presión objetivo: 1200 bar) y la temperatura del refrigerante (rango de operación: 90-105 °C).

CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE PARA MAZDA BT-50 2.5

1. ECU y Sensores:

La Mazda BT-50 usa una ECU Denso con múltiples sensores integrados. Selecciona el perfil adecuado para Denso dentro del ESI-Tronic y verifica la respuesta de la válvula EGR y el sensor de presión del turbo.

2. Prueba de los Inyectores de Combustible:

Para verificar fugas internas. Si la diferencia de presión supera los 10 bar entre inyectores, proceder con la sustitución.

3. Prueba del Sistema de Recirculación de Gases (EGR):

Realiza una prueba de funcionalidad de la válvula EGR para confirmar que no haya obstrucciones o pérdida de señal.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Chevrolet DMAX 4x4 a diésel

1. Cambio de Aceite del Motor

Frecuencia: Cada 10,000 km o cada 6 meses.

Tipo de Aceite: Aceite sintético 5W-30 específico para motores diésel de alto rendimiento.

2. Cambio de Filtro de Combustible

Frecuencia: Reemplazar cada 15,000 km. Revisar posibles obstrucciones en el sistema de inyección common-rail.

3. Mantenimiento del Sistema de Tracción 4x4

Frecuencia: Cada 20,000 km. Verificar los niveles de lubricante en la caja de transferencia y el diferencial delantero. Inspeccionar el sistema de ejes y juntas homocinéticas.

4. Sistema de Suspensión

Revisar el estado de los amortiguadores y bujes de suspensión trasera, especialmente si se usa en terrenos irregulares.

Mazda BT-50 2.5 a diésel

1. Cambio de Aceite del Motor

Frecuencia: Cada 10,000 km o 6 meses.

Tipo de Aceite: Aceite 15W-40 para motores diésel, conforme a la norma API CJ-4.

2. Inspección del Sistema de Suspensión

Verificar el estado de los muelles y amortiguadores delanteros.

Ajustar las barras estabilizadoras para mantener la estabilidad del vehículo.

3. Verificación de las Bujías de Incandescencia

Frecuencia: Cada 30,000 km. Comprobar el estado de las bujías y realizar el reemplazo si presentan desgaste o resistencia elevada.

4. Revisión del Sistema de Dirección

Inspeccionar las rótulas y la caja de dirección cada 20,000 km para evitar holguras que afecten la maniobrabilidad.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN (CBM)

Sensores de Monitoreo

Chevrolet DMAX 4x4:

- Implementar el monitoreo de la presión del turbo y el flujo de aire.

Mazda BT-50:

- Monitorear la temperatura del sistema de enfriamiento y la presión de la bomba de inyección.

Indicadores de mantenimiento

Chevrolet DMAX 4x4:

- Generar alertas de mantenimiento cuando:
 - La presión del turbo caiga por debajo de 1.5 bar (indicando desgaste en la válvula de alivio).
 - La eficiencia de la EGR disminuya por debajo del 85%.

Mazda BT-50:

- Configurar el software para alertar cuando:
 - La temperatura del refrigerante exceda los 105 °C (indicando posible fallo en el termostato).
 - La presión de la bomba sea inferior a 150 bar durante el arranque (indicando desgaste en la bomba de alta presión).

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Frecuencia:

Según la aparición de fallos detectados en el diagnóstico inicial.

Duración:

Variable según el tipo de reparación

Paso número 1: Realizar un diagnóstico con el ESI-Tronic para identificar el fallo específico.

Paso número 2: Verificar el estado de los componentes relacionados con el fallo (por ejemplo: si se detecta un código de fallo en el sistema de inyección de combustible, revisar el estado de los inyectores y la bomba de combustible).

Paso número 3: Seguir las recomendaciones de reparación del software ESI-Tronic y del fabricante.

PASO NÚMERO 4: Sustituir o reparar los componentes defectuosos.

PASO NÚMERO 5: Probar el vehículo para asegurarse de que el problema se haya solucionado.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Vehículo	Problema común	Procedimiento
Chevrolet DMAX 4X4	Falla del actuador de tracción 4x4	Usar el ESI-Tronic para ejecutar la prueba de actuadores en el sistema de tracción y verificar la señal de activación.
Mazda BT-50 2.5	Falla en la válvula EGR	Usar el ESI-Tronic para realizar una prueba de apertura y cierre de la válvula EGR y verificar obstrucciones en el canal.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- **Uso de equipos de protección personal (EPP):**

Siempre utilizar guantes, gafas de protección y ropa adecuada.

- **Verificación de componentes electrónicos:**

Desconectar la batería antes de trabajar en sistemas eléctricos para evitar cortocircuitos o daños.

- **Documentación de mantenimiento:**

Mantener un registro detallado de cada intervención realizada en el vehículo.

- **Actualizaciones del software:**

Asegurarse de mantener el software actualizado para un funcionamiento óptimo del sistema.

BUENAS PRÁCTICAS

- **Licencia activa:**

Verifica que la licencia del software esté activa y vigente. Asegúrate de tener suficiente espacio disponible en el disco duro del equipo donde está instalado ESI[tronic].

- **Respaldo de datos:**

Se recomienda realizar un respaldo de la configuración actual para evitar pérdida de información en caso de errores.

- **Abrir el software ESI[tronic] Update Center:**

Normalmente se instala junto con el programa principal. Si no lo encuentras, revisa la carpeta de instalación de Bosch ESI[tronic].

- **Iniciar sesión:**

Si es necesario, ingresa con las credenciales proporcionadas por Bosch o con las de tu cuenta de usuario.

- **Descargar e instalar:**

Pulsa el botón "Descargar" y espera a que complete el proceso de descarga. Una vez descargados, la herramienta iniciará automáticamente la instalación de las actualizaciones.

- **Reinicio del software:**

Asegúrate de guardar cualquier trabajo pendiente y reinicia la computadora si es necesario

5.4.2. Módulos del Software ESI-Tronic

El manual describe en detalle cómo utilizar el software ESI-Tronic para diagnósticos avanzados y cómo interpretar los resultados obtenidos para planificar el mantenimiento de manera eficiente. Como se ha revisado en capítulos anteriores, el software ESI-Tronic es una herramienta avanzada desarrollada por Bosch para el diagnóstico, mantenimiento y reparación de vehículos, especialmente diseñado para sistemas diésel y sus componentes electrónicos[36]. Así a continuación se destacan sus beneficios en la optimización del mantenimiento post-garantía, alineando su uso con las necesidades específicas de estos vehículos y de los técnicos locales.

Funcionalidades clave de ESI-Tronic

El software ESI-Tronic incluye varias funcionalidades que son particularmente útiles para el diagnóstico avanzado y el mantenimiento de los modelos seleccionados y que son divididos en los siguientes módulos:

Módulo de identificación del vehículo (VIN y selección manual)

Este módulo permite identificar rápidamente el vehículo utilizando el Número de Identificación del Vehículo (VIN), lo cual facilita la búsqueda de información técnica específica. Es especialmente relevante para asegurar que el software cargue los diagramas eléctricos, especificaciones de torque y detalles técnicos exactos para la Chevrolet DMAX 4x4 y la Mazda BT-50 2.5, eliminando la posibilidad de errores por selección incorrecta de datos. Es esencial en un entorno como el de la Cooperativa “Virgen de la Caridad”, donde la mayoría de los vehículos son del mismo modelo y se debe garantizar que se esté diagnosticando el modelo correcto de vehículo, ya que la variación en especificaciones podría resultar en diagnósticos erróneos.

Módulo de análisis por Código DTC

Se refiere a leer y borrar códigos de diagnóstico de fallos (DTC) en múltiples sistemas: motor, transmisión, frenos ABS y otros. Después, realizar pruebas de actuadores, como activar válvulas y relés específicos, para confirmar su funcionamiento.

Monitorear datos en tiempo real, como la presión del riel de inyección y la temperatura del refrigerante, con el objetivo de identificar desviaciones en los parámetros de funcionamiento normales.

En el contexto de este estudio, el uso de este módulo es crítico para identificar fallos comunes en los sistemas de inyección diésel y en el sistema de recirculación de gases (EGR) de la Mazda BT-50, que son áreas propensas a fallos en este tipo de vehículos diésel. La capacidad de leer y borrar códigos también facilita la rápida detección de problemas en la tracción 4x4 de la Chevrolet DMAX, permitiendo intervenciones específicas.

Módulo de esquemas eléctricos

El ESI-Tronic proporciona esquemas eléctricos detallados y procedimientos paso a paso para la reparación de sistemas electrónicos y mecánicos (ver Tabla 15 para Chevrolet y Tabla 16 para Mazda). Esto es particularmente útil para abordar problemas complejos en los sistemas de inyección diésel (control de inyectores y bombas de alta presión), de tracción integral (4x4) en el caso de la Chevrolet DMAX y de diagnóstico de sistemas electrónicos como la ECU, sensores de ABS y sistemas de estabilidad electrónica.

Tabla 15. Esquemas Eléctricos para Chevrolet DMAX 4x4

Componente	Esquema Eléctrico	Procedimiento de Reparación
Sistema de inyección de combustible	Inyector common-rail, válvula de control de presión del riel, bomba de alta presión.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar el ESI-Tronic y ejecutar una prueba de retorno de inyectores para verificar fugas internas. 2. Revisar la presión de inyección en el riel y compararla con el valor estándar (1200 bar). 3. Si se detectan diferencias, reemplazar los inyectores defectuosos y realizar una prueba de funcionamiento.
Sistema de tracción (4x4)	Sistema de acoplamiento del diferencial, actuador de tracción, interruptores de control.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar la alimentación eléctrica al actuador del diferencial y al motor de la caja de transferencia. 2. Ejecutar la prueba de actuadores en el ESI-Tronic para activar la tracción 4x4 y verificar el acoplamiento. 3. Si no hay activación, revisar la continuidad del cableado y sustituir el actuador si es necesario. 4. Realizar prueba de funcionamiento en carretera para asegurar la correcta activación de la tracción.
Sistema de turboalimentación	Válvula de control de presión del turbo, sensor MAP, intercooler.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar el ESI-Tronic y monitorear la presión de sobrealimentación durante el arranque y en ralentí. 2. Comparar con los valores estándar (1.5 - 2.5 bar). 3. Si la presión es baja, revisar la válvula de control y el actuador del turbo. 4. Realizar prueba de ajuste de la geometría variable del turbo (si aplica) y reprogramar si es necesario.
Sistema de frenos (ABS)	Sensores de velocidad de rueda, módulo ABS, interruptor de freno.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar el ESI-Tronic y ejecutar la prueba de sensores de velocidad de cada rueda. 2. Verificar la señal de cada sensor y su resistencia eléctrica. 3. Si se detectan diferencias, revisar el cableado y sustituir el sensor defectuoso. 4. Realizar un procedimiento de sangrado del sistema utilizando el ESI-Tronic para eliminar el aire atrapado.
Sistema de recirculación de gases (egr)	Válvula EGR, solenoide de control, sensor de temperatura de gases de escape.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar una prueba de activación de la EGR con el ESI-Tronic y monitorear la respuesta. 2. Si se detectan obstrucciones, desmontar la válvula y limpiar los depósitos de hollín. 3. Inspeccionar el solenoide de control de la EGR y reemplazar si no hay cambio en el flujo. 4. Reinstalar la válvula y realizar una prueba final de funcionamiento.
Sistema de gestión del motor (ecu)	Diagrama completo del sistema de gestión del motor, inyectores, sensor de posición del cigüeñal.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar una lectura de parámetros en tiempo real de la ECU. 2. Monitorear las señales del sensor del cigüeñal y del árbol de levas para verificar la sincronización. 3. Si se detectan errores de sincronización, revisar el arnés de cableado y sustituir el sensor defectuoso. 4. Realizar una prueba de funcionamiento y reprogramación de la ECU si es necesario.

Tabla 16. Esquemas Eléctricos para Mazda BT-50 2.5

Componente	Esquema Eléctrico	Procedimiento de Reparación
Sistema de Inyección de Combustible	Inyector common-rail, bomba de alta presión Denso, sensor de presión del riel.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar el ESI-Tronic y realizar una prueba de estanqueidad en la bomba de alta presión. 2. Inspeccionar el sensor de presión del riel y verificar la señal con el valor de referencia (1100 - 1400 bar). 3. Realizar pruebas de actuadores en las válvulas de control de presión e inyectores. 4. Sustituir componentes según sea necesario.

Sistema de Turboalimentación	Válvula de control de presión, intercooler, actuador de turbo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar una prueba de actuación del actuador del turbo <u>y verificar la respuesta del sistema.</u> 2. Si se detectan fallos, <u>revisar la continuidad del cableado.</u> 3. Desmontar el intercooler y limpiar si se detecta acumulación de aceite. 4. Reemplazar el actuador del turbo si no se puede ajustar la presión dentro de los valores normales.
Sistema de Frenos (ABS)	Sensores de velocidad, módulo de control ABS, interruptor de luz de freno.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitorear las señales de los sensores con el ESI-Tronic <u>en diferentes condiciones de manejo.</u> 2. Si se detectan códigos de error (DTC) relacionados con el ABS, verificar el estado de los sensores y sustituir si es necesario. 3. Realizar una calibración de la unidad ABS usando el procedimiento del fabricante y verificar que no existan códigos de error posteriores.
Sistema de Recirculación de Gases (EGR)	Válvula EGR, sensor de posición de la EGR, sistema de refrigeración de la EGR.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitorear el ángulo de apertura de la válvula EGR <u>durante diferentes regímenes de operación del motor.</u> 2. Si la apertura no se ajusta correctamente, realizar un <u>ajuste manual o reprogramación de la válvula.</u> 3. Inspeccionar la línea de refrigeración de la EGR y <u>verificar que no haya fugas.</u> 4. Realizar <u>prueba final y borrar los códigos de error.</u>
Sistema de Gestión del Motor (ECU)	Diagrama de gestión del motor Denso, relés de alimentación, sensores de posición.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leer los códigos de error de la ECU y <u>verificar la correspondencia con los síntomas.</u> 2. Revisar la continuidad del cableado en los sensores de <u>posición y sustituir si se detectan inconsistencias.</u> 3. Realizar un reset del sistema de la ECU y borrar los <u>códigos de error para confirmar que el problema se ha resuelto.</u>

Con el desarrollo de estos esquemas por cada modelo de vehículo, se espera un uso más eficiente del software ESI-Tronic para diagnosticar y solucionar problemas en cada uno de los vehículos seleccionados, facilitando el mantenimiento de manera específica y adaptada a las características de cada modelo.

Viabilidad y desafíos de implementación

A pesar de las capacidades avanzadas del software ESI-Tronic, es importante evaluar su viabilidad en el entorno de los talleres no oficiales en el cantón Mira de Carchi, a los que con frecuencia acceden los socios de la Cooperativa “Virgen de la Caridad”.

Lista de talleres no oficiales del cantón Mira al que acuden los socios frecuentemente.

- Verdugo’s Car
- Tecnicentro Mira
- Lubrificantes Rojas

La viabilidad de la propuesta es estos talleres depende de algunos factores que se muestran en la Tabla 17 siguiente:

Tabla 17. Factores que influyen en la propuesta para talleres no oficiales

Aspecto de Viabilidad	Descripción	Factor Crítico	Recomendaciones
Viabilidad Técnica	La disponibilidad de equipos de diagnóstico, como el dispositivo Bosch KTS, es esencial. Ya que estos equipos son costosos y pueden ser una limitante para talleres con presupuestos reducidos.	Costo de los equipos de diagnóstico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Explorar la adquisición de dispositivos KTS de segunda mano con soporte técnico garantizado. 2. Realizar convenios con distribuidores para obtener descuentos por volumen en la compra de equipos. 3. Priorizar la capacitación de un grupo reducido de técnicos que posteriormente puedan entrenar a otros (método “train-the-trainer”).
	La falta de personal capacitado puede limitar la efectividad del uso del software, ya que interpretar los resultados del ESI-Tronic requiere experiencia técnica en sistemas diésel y electrónicos.	Capacitación específica del personal técnico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementar un programa de capacitación que aborde desde lo básico (lectura de códigos DTC) hasta el uso avanzado del software (pruebas de actuadores, análisis de datos). 2. Realizar certificaciones para garantizar que los técnicos cuenten con el nivel de habilidad requerido antes de usar el software en diagnósticos reales.
3.2. Viabilidad Económica	El costo de implementación del software incluye las licencias de ESI-Tronic y el hardware necesario (KTS, adaptadores y dispositivos de conexión), lo cual representa una inversión significativa para talleres con recursos limitados.	Costo inicial elevado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Considerar un esquema de arrendamiento de licencias de software en lugar de una compra permanente para reducir el costo inicial. 2. Implementar un análisis de costo-beneficio basado en la reducción de tiempos de reparación y el aumento de la capacidad de servicio del taller.
	Sin embargo, la reducción en tiempos de diagnóstico y la precisión en las reparaciones pueden justificar la inversión inicial. A largo plazo, el software optimiza el uso de los recursos, minimiza reparaciones innecesarias y mejora la satisfacción del cliente.	Reducción de costos a largo plazo y mayor precisión	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estimar el retorno de la inversión (ROI) proyectado en términos de reducción de horas de trabajo y disminución de reparaciones recurrentes. 2. Utilizar la reducción en el tiempo de diagnóstico (hasta un 30% en casos complejos) como argumento para justificar la inversión ante los propietarios de los talleres.
3.3. Viabilidad Operacional	El software ESI-Tronic depende de actualizaciones periódicas y acceso a bases de datos en línea. En áreas rurales, como la ciudad de Mira, la conectividad a Internet puede ser	Conectividad a internet inestable	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementar sistemas de respaldo de conectividad, como puntos de acceso móviles (hotspots) para realizar las actualizaciones.

limitada o inestable, afectando la capacidad de obtener datos actualizados.		2. Planificar las actualizaciones durante los periodos de mejor conectividad (por ejemplo, en áreas urbanas cercanas).
		3. Configurar el software para trabajar en modo offline con información básica disponible, asegurando que el taller pueda operar incluso sin conexión.
Sin conectividad adecuada, el acceso a procedimientos actualizados y la capacidad de diagnóstico se ven afectados, limitando la precisión del software en diagnósticos complejos o en la implementación de nuevas características de los vehículos.	Dependencia de Actualizaciones de Software y Datos	1. Desarrollar un protocolo para asegurar que el software se actualice al menos una vez al mes, de preferencia en áreas con conexión estable. 2. Crear una biblioteca técnica offline con manuales y diagramas eléctricos descargados previamente para garantizar que el personal tenga acceso a la información esencial en todo momento.

Cada punto de viabilidad se describe en términos de aspectos técnicos, costos y conectividad, este es un enfoque integral para asegurar que el taller pueda implementar el software de manera exitosa.

5.4.3. Capacitación en talleres no oficiales

Es fundamental que los técnicos de los talleres no oficiales estén capacitados en el uso del software ESI-Tronic y en la aplicación correcta de los procedimientos de mantenimiento especificados en el manual. Para esto, se desarrollan los siguientes planes de sesiones de capacitación de la Tabla 18 siguiente:

Tabla 18. Plan de capacitación sugerido

Módulo	Duración	Objetivo	Metodología	Contenidos
1: Introducción al Diagnóstico Electrónico	10 horas	Familiarizar a los técnicos con la interfaz del software y la identificación de fallos en diferentes sistemas del vehículo.	Teoría y Práctica	Conceptos básicos de diagnóstico electrónico. Introducción al ESI-Tronic y sus componentes. Configuración del software y conexión con los vehículos. Lectura y comprensión de códigos de diagnóstico (DTC).
2: Diagnóstico Avanzado y Solución de Problemas	20 horas	Capacitar al personal en la detección de fallos complejos y su solución aplicando procedimientos avanzados.	Teoría y Práctica	Análisis de datos en tiempo real. Pruebas de actuadores en sistemas de inyección, EGR, y turbo. Interpretación de diagramas eléctricos con el ESI-Tronic. Solución de problemas utilizando la base de datos ETI (Información de Experiencia Técnica).
3: Procedimientos de	15 horas	Capacitar a los técnicos en la interpretación y ejecución de los	Práctica Intensiva	Diagnóstico y reparación del sistema de tracción 4x4 (Chevrolet DMAX).

Reparación Específicos		procedimientos específicos para estos modelos.		Diagnóstico y mantenimiento del sistema de inyección diésel Denso (Mazda BT-50). Pruebas de funcionamiento y ajuste del sistema de turboalimentación. Mantenimiento de la ECU y reprogramación de parámetros.
4: Mantenimiento Preventivo y Predictivo	10 horas	Desarrollar la capacidad del personal para anticiparse a problemas y realizar intervenciones preventivas que reduzcan el tiempo de inactividad del vehículo.	Teoría y Práctica	Planificación de mantenimiento basado en la condición (CBM). Monitoreo de sensores y análisis de desgaste de componentes. Generación de reportes y planificación de intervenciones.

La implementación del software en los talleres implica una inversión de capital. En la Tabla 19 se presenta una estimación detallada del presupuesto necesario, desglosado por cada rubro, para facilitar la planificación y ejecución de esta implementación.

Tabla 19. Presupuesto estimado

Concepto	Costo Aprox. (USD)	Descripción
Licencias del Software ESI-Tronic	1.289,00 USD	Este es el costo más significativo del proyecto, el presupuesto actual cubre el módulo de diagnóstico básico porque los módulos avanzados suelen requerir un costo adicional en la suscripción anual. En caso de necesitar otros módulos (como mantenimiento predictivo o reparación avanzada), el taller tendría que ampliar su inversión inicial.
Equipos de Diagnóstico (Bosch KTS)	250,00 USD	El Bosch KTS es el dispositivo que permite la conexión del software ESI-Tronic con el vehículo. Se considera una versión básica o de segunda mano para reducir costos.
Capacitación Externa (por técnico)	400,00 USD	Cubre la capacitación de un técnico en el uso del software, interpretación de resultados y ejecución de pruebas avanzadas de diagnóstico.
Materiales Didácticos	120,00 USD	Manuales, guías técnicas, y acceso a materiales educativos en formato digital para reforzar el aprendizaje del personal.
Total	2.059,00 USD	Coste total para implementar el software en un solo taller no oficial.

El costo total estimado para implementar el software ESI-Tronic en un taller no oficial es de aproximadamente 2.059,00 USD, considerando la compra de licencias en el módulo básico de diagnóstico, con sus equipos de diagnóstico, capacitación de un técnico y materiales didácticos. Aunque esta inversión puede parecer alta para talleres independientes con recursos limitados, el software proporciona ventajas como la optimización del tiempo de diagnóstico y la mejora en la precisión de las reparaciones, lo que podría justificar el gasto inicial a mediano y largo plazo.

En términos de beneficios, el uso del ESI-Tronic permite aumentar la competitividad del taller al ofrecer un servicio de diagnóstico y mantenimiento comparable al de talleres autorizados. La reducción en el tiempo de diagnóstico (hasta un 30%) y la capacidad de realizar reparaciones precisas generan ahorros de tiempo y permiten atender un mayor número de vehículos, especialmente modelos diésel como la Chevrolet DMAX y la Mazda BT-50, elevando así la satisfacción del cliente y potencialmente aumentando los ingresos.

Se conoce de primera fuente que para muchos talleres no oficiales de la ciudad a la que acuden los socios de la cooperativa, esta inversión sigue siendo una barrera significativa, especialmente en un contexto económico incierto. El riesgo de subutilización del software y la necesidad de capacitación continua son factores por considerar. A pesar de estas limitaciones, con un plan de financiamiento adecuado y un enfoque en la capacitación del personal, la implementación del ESI-Tronic puede ser una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y rentabilidad del taller a largo plazo.

5.5. Validación de la propuesta

En esta fase de la investigación, se seleccionaron 15 vehículos de la cooperativa “Virgen de la Caridad” con base en su kilometraje actual y su proximidad a los intervalos de mantenimiento recomendados por el fabricante tal como muestra la Tabla 20:

Tabla 20. Vehículos piloto y kilometraje

Marca y Modelo	Placa	Kilometraje Actual (km)
Chevrolet DMAX 4x4	IBC8192	79.991
Chevrolet DMAX 4x4	IBB7519	99.939
Mazda BT-50 2.5	PBX7116	59.975
Chevrolet DMAX 4x4 a diésel	IBD2006	53.971
Chevrolet DMAX 4x4	PCK5790	56.235
Chevrolet DMAX 4x4	CAA2570	54 267
Mazda BT-50 2.5	CAA2188	65 478
Mazda BT-50 2.5	TBE8770	62 523
Chevrolet DMAX 4x4	Factura	74 187

Mazda BT-50 2.5	PCG8694	97 215
Mazda BT-50	Factura	82 827
Mazda BT-50	PCC5370	54 896
Chevrolet DMAX 4x4	CAA1279	76 643
Chevrolet DMAX 4x4	PCO4266	61 591
Mazda BT-50	PCT3480	73 172

Después, se hizo un diagnóstico inicial con ESI-Tronic, con un escaneo completo de los veinte vehículos mediante el software ESI-Tronic para identificar problemas ocultos y registrar el estado de los componentes clave, los resultados se resumen en la Tabla 21, donde se especifican los problemas detectados y las recomendaciones para cada vehículo.

Tabla 21. Diagnóstico piloto con ESI-Tronic

Marca y Modelo	Placa	Problema Identificado	Recomendación
Chevrolet DMAX 4x4	IBC8192	Sonidos irregulares en la parte delantera del vehículo	Inspección y ajuste de los componentes de dirección
Chevrolet DMAX 4x4	IBB7519	Filtraciones de aceite en el motor	Sustitución de sellos y ajuste de los tornillos del cárter
Mazda BT	PBX7116	Desgaste desigual en los neumáticos	Realizar alineación y balanceo para evitar desgaste prematuro
Chevrolet DMAX 4x4	IBD2006	Problemas al engranar las marchas	Revisión y mantenimiento del sistema de embrague y caja de cambios
Chevrolet DMAX	PCK5790	Fallas en el alternador que afectan la carga de la batería	Diagnóstico y posible reemplazo del regulador de voltaje
Chevrolet DMAX	CAA2570	Reducción de potencia al subir pendientes	Limpeza del sistema de admisión y revisión del sistema de inyección
Mazda BT-50 2.5	CAA2188	Aumento en el consumo de combustible	Revisión de alimentación de aire e inyectores
Mazda BT	TBE8770	Deficiencia en la potencia del aire acondicionado	Recarga del refrigerante y limpieza del sistema de ventilación
Chevrolet DMAX	Factura	Pérdida de líquido en el sistema de frenos	Verificación de posibles fugas

Mazda BT-50 2.5	PCG8694	Irregularidades en la caja de cambios	Sustitución del aceite y revisión del mecanismo
Mazda BT-50 2.5	Factura	Baja presión en el sistema de inyección	Limpieza de inyectores y reemplazo del filtro de combustible
Mazda BT-50 2.5	PCC5370	Sobrecalentamiento en el sistema de enfriamiento	Revisión del radiador y termostato; cambio del refrigerante
Chevrolet DMAX	CAA1279	Desgaste en las pastillas de freno	Reemplazo inmediato de pastillas de freno
Chevrolet DMAX	PCO4266	Acumulación de hollín en el sistema de escape	Limpieza profunda de filtros y mezcla aire - combustible
Mazda BT-50 2.5	PCT3480	Vibraciones en el sistema de tracción 4x4	Ajuste y lubricación de la caja de transferencia

Entre los hallazgos principales se incluyen baja presión en el sistema de inyección, sobrecalentamiento en el sistema de enfriamiento, desgaste en las pastillas de freno, acumulación de hollín y vibraciones en el sistema de tracción 4x4, junto con las acciones sugeridas, como limpieza, reemplazo de filtros y ajustes necesarios.

Posteriormente, en la ejecución del mantenimiento, se llevaron a cabo acciones correctivas y preventivas, incluyendo el cambio de aceite y filtros en todos los vehículos, limpieza del sistema de inyección y reemplazo de filtros en dos unidades, revisión y limpieza de los sistemas de escape, así como inspección y ajuste del sistema de frenos y suspensión, tal y como muestra la Tabla 22. Se registró un tiempo promedio de 6 horas por vehículo para completar el diagnóstico y las reparaciones.

Tabla 22. Acciones realizadas en vehículos piloto

Acción	Descripción
✓ Cambio de aceite y filtros	Realizado en los cinco vehículos
✓ Limpieza del sistema de inyección y cambio de filtro	Aplicado a dos vehículos con problemas de inyección
✓ Revisión y limpieza de sistemas de escape	Realizado en vehículos con acumulación de hollín
✓ Inspección y ajuste de frenos y suspensión	Realizado en todos los vehículos

En el siguiente procedimiento que es el seguimiento y recolección de datos, se llevó a cabo un monitoreo durante un periodo de tres meses para evaluar los resultados del mantenimiento realizado, ver registro en el Anexo 1. Durante este tiempo, se observó de manera concreta en la Tabla 23, la reducción promedio del consumo de combustible en un 8%,

una disminución del tiempo de inactividad en un 12% y una mejora notable en el rendimiento general del motor.

Tabla 23. Resultados de consumo de combustible y tiempo de inactividad

Vehículo	Placa	Consumo Inicial (L/100 km)	Consumo Posterior (L/100km)	Reducción de Consumo (%)	Tiempo de Inactividad Inicial (días)	Tiempo de Inactividad Posterior (días)	Reducción de Inactividad (%)
Chevrolet DMAX 4x4	IBC8192	10.7	10.1	5.6	15	13.3	11.3
Chevrolet DMAX 4x4	IBB7519	10.2	8.9	12.7	21	17.8	15.2
Mazda BT-50	PBX7116	10.3	9.1	11.7	14	12.9	7.9
Chevrolet DMAX 4x4	IBD2006	9.8	8.5	13.3	17	15.1	11.2
Chevrolet DMAX 4x4	PCK5790	10.5	9.3	11.4	21	18.3	12.9
Chevrolet DMAX 4x4	CAA2570	11.1	10.1	9	17	14.8	12.9
Mazda BT-50 2.5	CAA2188	11.2	9.7	13.4	16	14.5	9.4
Mazda BT-50 2.5	TBE8770	9.1	8.4	7.7	18	15.9	11.7
Chevrolet DMAX 4x4	Factura	9.3	8.1	12.9	16	14.6	8.8
Mazda BT-50 2.5	PCG8694	9.9	9.2	7.1	22	20.1	8.6
Mazda BT-50 2.5	Factura	11	10.1	8.2	15	13.9	7.3
Mazda BT-50 2.5	PCC5370	10.7	9.4	12.1	17	14.3	15.9
Chevrolet DMAX 4x4	CAA1279	9.8	8.5	13.3	20	17.3	13.5
Chevrolet DMAX 4x4	PCO4266	9.6	8.5	11.5	22	18.2	17.3
Mazda BT-50 2.5	PCT3480	9.5	8.6	9.5	15	12.9	14

5.5.1. Resultados de las encuestas a técnicos de los talleres

Además de acuerdo con los procedimientos de investigación se aplicó, encuestas a los técnicos de talleres de la región (Anexo 2) a los que acuden con frecuencia los socios de la cooperativa de transportes y a los propietarios de los vehículos participantes en el plan piloto (Anexo 3) de acuerdo con los anexos correspondientes.

Pregunta 1: ¿Considera que el programa facilita el mantenimiento de vehículos fuera de garantía?

Tabla 24. Facilidades del programa en el mantenimiento postgarantía

Taller	Sí, completamente	Sí, en parte	No, poco	No, en absoluto
Verdugo's Car	1	0	0	0
Tecnicentro Mira	1	0	0	0
Lubricantes Rojas	1	0	0	0

Como muestra la Tabla 24, todos los técnicos encuestados es decir el 100%, consideran que el programa facilita completamente el mantenimiento de vehículos fuera de garantía, lo que indica una alta aceptación de la herramienta.

Pregunta 2: ¿Qué tan efectivo ha sido el software ESI-Tronic para identificar fallos en los vehículos postgarantía?

Tabla 25. Efectividad del software ESI-Tronic en diagnóstico

Taller	Muy efectivo	Efectivo	Poco efectivo	Nada efectivo
Verdugo's Car	1	0	0	0
Tecnicentro Mira	1	0	0	0
Lubricantes Rojas	0	1	0	0

En la Tabla 25 se evidencia que dos técnicos encuestados que representan el 66% calificaron el software como muy efectivo, mientras que uno (33%) lo consideró efectivo. Esto muestra una percepción mayoritariamente positiva, aunque algunos técnicos podrían necesitar capacitación adicional para maximizar el uso del software.

Pregunta 3: ¿El programa de mantenimiento proporciona instrucciones claras para intervenciones preventivas y correctivas?

Tabla 26. Claridad de las instrucciones del programa

Taller	Muy efectivo	Efectivo	Poco efectivo	Nada efectivo
Verdugo's Car	1	0	0	0
Tecnicentro Mira	1	0	0	0
Lubricantes Rojas	0	1	0	0

En esta Tabla 26, al igual que en la anterior, 2 técnicos (66%) consideran que el programa proporciona instrucciones completamente claras, mientras que uno (33%) las percibe parcialmente claras. Esto indica que el manual es útil.

Pregunta 4: ¿Qué tan útil es el manual de mantenimiento en la implementación de las tareas?

Tabla 27. Utilidad del manual de mantenimiento

Taller	Muy útil	Útil	Poco útil	Nada útil
Verdugo's Car	1	0	0	0
Tecnicentro Mira	0	1	0	0
Lubricantes Rojas	1	0	0	0

Según los resultados de la Tabla 27, el manual es considerado muy útil por dos técnicos 66%, mientras que uno de ellos solo lo encuentra algo útil. Este resultado confirma la relevancia del manual como herramienta principal en el mantenimiento.

Pregunta 5: ¿Ha observado una mejora en la optimización del tiempo de servicio al utilizar el programa?

Tabla 28. Optimización del tiempo de servicio

Taller	Sí, significativamente	Sí, ligeramente	No, sigue igual	No, ha empeorado
Verdugo's Car	1	0	0	0
Tecnicentro Mira	1	0	0	0
Lubricantes Rojas	0	1	0	0

Dos de los técnicos es decir el 66% de los encuestados, observaron mejoras significativas en la optimización del tiempo de servicio, y uno es decir el 33%, reportó mejoras ligeras. Esto sugiere que el programa reduce de manera efectiva los tiempos de intervención de acuerdo con la Tabla 28.

Pregunta 6: ¿Qué tan probable es que recomiende este programa a otros talleres que trabajen con vehículos fuera de garantía?

Tabla 29. Probabilidad de recomendación del programa

Taller	Muy probable	Probable	Poco probable	Nada probable
Verdugo's Car	1	0	0	0
Tecnicentro Mira	1	0	0	0
Lubricantes Rojas	1	0	0	0

Con los resultados de la Tabla 29, todos los técnicos encuestados (100%) recomendarían altamente el programa, lo que evidencia una percepción positiva generalizada.

Pregunta 7: ¿Los recursos invertidos en este plan piloto le parece que compensan con los beneficios obtenidos?

Tabla 30. Percepción sobre recursos invertidos vs beneficios obtenidos

Taller	Sí	No
Verdugo's Car	1	0

Tecnicentro Mira	1	0
Lubricantes Rojas	0	1

En la Tabla 30, se ve que 2 técnicos (66%) consideran que los recursos invertidos compensan los beneficios obtenidos, mientras que uno (33%) no lo cree así. Se puede decir que esto se debe a la percepción de costos iniciales elevados frente a los beneficios tangibles.

De los resultados de la encuesta a los técnicos de talleres de manera concreta se puede decir que reflejan un alto grado de satisfacción general con el programa, aunque con algunas reservas respecto a la inversión inicial que de manera personal se constató que se debe al presupuesto medianamente elevado que representa.

5.5.2. Resultados de las encuestas a propietarios de los vehículos

La encuesta aplicada a los propietarios de los quince vehículos del plan piloto tuvieron como objetivo evaluar la percepción sobre el programa de mantenimiento y diagnóstico post-garantía. Los resultados se evidencian en las siguientes tablas.

Pregunta 1: ¿Considera que este programa cubre adecuadamente las necesidades de mantenimiento y diagnóstico de su vehículo post-garantía?

Tabla 31. Cobertura del programa para mantenimiento post-garantía

Criterio	Respuestas	Frecuencia (%)
Sí, completamente	14	93.33
Sí, en parte	1	6.67
No, poco	0	0
No, en absoluto	0	0
Total	15	100

Como se evidencia en la Tabla 31, el 93.33% de los propietarios considera que el programa cubre completamente sus necesidades de mantenimiento y diagnóstico post-garantía, mientras que el 6.67% lo percibe como parcialmente adecuado. Esto indica que el programa está bien diseñado, aunque ciertos casos específicos podrían beneficiarse de ajustes adicionales.

Pregunta 2: Ha notado una mejora en el rendimiento de su vehículo tras implementar este programa?

Tabla 32. Mejora en el rendimiento del vehículo

Criterio	Respuestas	Frecuencia (%)
Sí	14	93.33
Sí, ligeramente	1	6.67
No, sigue igual	0	0
Ha empeorado	0	0
Total	15	100

En esta Tabla 32 al igual que la anterior, el 93.33% de los propietarios reportó mejoras significativas en el rendimiento de sus vehículos, y un 6.67% notó una mejora leve. Esto subraya el impacto positivo del programa en la operatividad de los vehículos.

Pregunta 3: ¿Qué tan satisfecho está con la reducción de costos de mantenimiento tras la aplicación del programa?

Tabla 33. Satisfacción con la reducción de costos de mantenimiento

Criterio	Respuestas	Frecuencia (%)
Muy satisfecho	13	86.67
Satisfecho	2	13.33
Insatisfecho	0	0
Muy insatisfecho	0	0
Total	15	100

La Tabla 33, muestra que el 86.67% de los propietarios se declaró muy satisfecho, y el 13.33% satisfecho. Este resultado refuerza que el programa logra una significativa reducción de costos operativos, cumpliendo con uno de sus objetivos principales.

Pregunta 4: ¿El programa ha reducido significativamente el tiempo de inactividad de su vehículo?

Tabla 34. Reducción del tiempo de inactividad del vehículo

Criterio	Respuestas	Frecuencia (%)
Sí	14	93.33
Un poco	1	6.67
No, sigue igual	0	0
Ha empeorado	0	0
Total	15	100

El 93.33% de los propietarios observó una reducción significativa en el tiempo de inactividad, y un 6.67% percibió una mejora leve. Esto confirma la efectividad del programa para mantener los vehículos en operación más tiempo.

Pregunta 5: ¿Las recomendaciones del programa, basadas en el software ESI-Tronic, se ajustaron a las necesidades reales de su vehículo?

Tabla 35. Ajuste de las recomendaciones a las necesidades del vehículo

Criterio	Respuestas	Frecuencia (%)
Sí	13	86.67
No	2	13.33
Total	15	100

De acuerdo a la Tabla 35, 13 de los 15 propietarios del plan piloto que participaron en el estudio considera que las recomendaciones del programa se ajustaron completamente a las necesidades de sus vehículos, mientras que dos es decir el 13.33% no lo percibió así. Esto puede deberse a situaciones particulares que requieren ajustes más específicos que se deben analizar vehículo por vehículo.

Pregunta 6: ¿Qué tan útil considera el manual de mantenimiento entregado como parte del programa?

Tabla 36. Utilidad del manual de mantenimiento

Criterio	Respuestas	Frecuencia (%)
Muy útil	15	100
Útil	0	0
Poco útil	0	0
Nada útil	0	0
Total	15	100

En esta Tabla 36, se ve que el 100% valoró el manual como muy útil. Esto demuestra que el manual es una herramienta esencial, aunque puede mejorarse para abarcar todas las necesidades percibidas.

Pregunta 7: ¿Recomendaría este programa de mantenimiento postgarantía a otros propietarios?

Tabla 37. Recomendación del programa a otros propietarios

Criterio	Respuestas	Frecuencia (%)
Sí	15	100
No	0	0
Total	15	100

Con los datos de esta Tabla 37, el 100% de los propietarios recomendaría el programa, lo que refleja una aceptación generalizada.

Los resultados de la encuesta reflejan una percepción mayoritariamente positiva sobre el programa de mantenimiento y diagnóstico postgarantía. La mayoría de los propietarios valoraron favorablemente la cobertura de las necesidades de mantenimiento, la reducción de costos y tiempos de inactividad, así como la mejora en el rendimiento de sus vehículos.

5.6. Conclusiones de la propuesta

La propuesta de desarrollar un programa de mantenimiento y diagnóstico postgarantía para vehículos livianos de encendido por compresión ha demostrado ser una solución efectiva y bien aceptada entre técnicos y propietarios. Este trabajo ha cumplido plenamente con el

objetivo general planteado, al diseñar e implementar un programa basado en las nuevas tendencias de mantenimiento diésel, que ofrece herramientas avanzadas para atender las necesidades específicas de los vehículos postgarantía. Los resultados reflejan mejoras significativas en la eficiencia del mantenimiento y en la reducción de fallos en sistemas críticos, gracias al uso del software ESI-Tronic. Este enfoque tecnológico permite realizar diagnósticos precisos y aplicar procedimientos de reparación basados en datos actualizados, optimizando los recursos disponibles en talleres no oficiales y reduciendo el tiempo de inactividad de los vehículos, especialmente en modelos como la Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50 2.5.

Entre los resultados más destacados, se encuentra que el 93.33% de los propietarios considera que el programa cubre completamente las necesidades de mantenimiento y diagnóstico postgarantía, lo que valida su diseño y aplicación. Asimismo, el 66% de los técnicos valoró como “muy útil” el manual de mantenimiento entregado, mientras que el 33% restante lo calificó como “útil”, reafirmando su importancia como una herramienta práctica en la implementación de las tareas. Además, el 93.33% de los propietarios reportó una reducción significativa del tiempo de inactividad de los vehículos, reflejando la eficacia del mantenimiento preventivo y el impacto económico positivo al minimizar los tiempos fuera de servicio.

La implementación del programa estructurado no solo disminuye costos operativos mediante un mantenimiento preventivo basado en la condición del vehículo, sino que también fomenta la profesionalización de los talleres no oficiales. La capacitación en el uso de tecnologías avanzadas como ESI-Tronic fortalece las capacidades técnicas de los talleres, mejorando su competitividad frente a opciones autorizadas. En general, la propuesta establece un estándar de calidad para el mantenimiento postgarantía, beneficiando tanto a técnicos como a propietarios. Estos hallazgos refuerzan el potencial del programa como una solución escalable y sostenible en contextos similares, marcando un impacto positivo en el mantenimiento automotriz postgarantía.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El presente trabajo de tesis ha desarrollado un programa de mantenimiento y diagnóstico postgarantía específicamente diseñado para vehículos livianos de encendido por compresión. Este programa, fundamentado en metodologías modernas de mantenimiento preventivo y predictivo, ofrece a los talleres no oficiales una guía estructurada que responde a las necesidades de mantenimiento posteriores al vencimiento de la garantía vehicular. La planificación del programa se basó en la identificación y comparación de los procedimientos de mantenimiento recomendados por los fabricantes, combinados con observaciones directas y análisis de las condiciones operativas de los vehículos seleccionados, como la Chevrolet DMAX 4x4 y la Mazda BT-50 2.5.

La investigación sobre las nuevas tendencias de mantenimiento y herramientas de diagnóstico avanzadas demostró que la integración de tecnologías como el software ESI-Tronic, junto con un enfoque en la gestión de datos en tiempo real, aporta un valor significativo al proceso de diagnóstico. Esto facilita la detección de fallos complejos y optimiza la toma de decisiones respecto a las reparaciones necesarias para mantener la eficiencia y seguridad del vehículo.

Los resultados obtenidos en el plan piloto de implementación del programa destacan una reducción del 8% en el consumo de combustible y del 12% en el tiempo de inactividad de los vehículos evaluados, validando la efectividad del programa. Estas mejoras fueron logradas mediante la aplicación de técnicas específicas descritas en el manual de mantenimiento, como la limpieza y calibración de inyectores, el mantenimiento del sistema de escape y la optimización de sistemas críticos mediante el uso del software ESI-Tronic. Estas intervenciones precisas y oportunas han demostrado ser esenciales para garantizar el desempeño óptimo de los vehículos, incluso en entornos con limitaciones técnicas y económicas.

El manual de mantenimiento elaborado en este trabajo incluye procedimientos detallados y técnicas avanzadas, como el mantenimiento basado en condición (CBM) y el uso de actualizaciones de software para optimizar el rendimiento del motor. Este enfoque adaptado a las necesidades de los vehículos postgarantía asegura que las intervenciones sean precisas y alineadas con las condiciones reales de operación, reduciendo costos operativos y prolongando la vida útil de los componentes clave. Además, fomenta la sostenibilidad del programa al adaptarse a los recursos disponibles en talleres no oficiales.

Finalmente, este trabajo no solo logra el objetivo de proporcionar un programa de mantenimiento específico para vehículos diésel livianos postgarantía, sino que también valida su aplicación práctica mediante resultados tangibles obtenidos en la fase piloto. Además, impulsa la profesionalización de los talleres no oficiales al brindarles herramientas técnicas avanzadas y una guía estructurada, mejorando la calidad del servicio y la competitividad en el sector automotriz. Entre los hallazgos más relevantes, destacan los resultados de las encuestas aplicadas: el 100% de los técnicos encuestados considera que el programa facilita el mantenimiento post-garantía y lo recomendaría a otros talleres, mientras que el 93.33% de los propietarios reportó mejoras significativas en el rendimiento de sus vehículos. Asimismo, el 86.67% manifestó estar muy satisfecho con la reducción de costos de mantenimiento. Estos resultados afirman el programa como una solución muy aceptada en contextos similares, promoviendo prácticas de mantenimiento eficientes y accesibles que benefician tanto a propietarios como a técnicos en el sector automotriz. Cabe señalar que el costo estimado para implementar el software ESI-Tronic en un taller no oficial es de aproximadamente 2.059 USD, incluyendo licencias, equipos de diagnóstico, capacitación y materiales, lo que representa una inversión razonable frente a los beneficios operativos obtenidos. Estos resultados refuerzan el potencial del programa como una solución replicable y sostenible en contextos similares, promoviendo prácticas de mantenimiento eficientes y accesibles que benefician tanto a propietarios como a técnicos en el sector automotriz.

Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos y en el desarrollo de este trabajo, se identifican diversas áreas de oportunidad para investigaciones futuras que complementen y amplíen las contribuciones realizadas. Una posible línea de investigación consiste en realizar estudios comparativos que evalúen la efectividad del programa de mantenimiento post-garantía propuesto en comparación con otros enfoques, como el mantenimiento predictivo basado en inteligencia artificial por ejemplo. Así se puede explorar cómo tecnologías emergentes pueden optimizar aún más los recursos y reducir costos operativos en talleres no oficiales.

Otra línea de investigación relevante es la integración de tecnologías avanzadas, como sensores IoT y análisis de datos en tiempo real, para complementar las funcionalidades del software ESI-Tronic. Esto podría mejorar la precisión de los diagnósticos y la planificación de intervenciones de mantenimiento. Asimismo, sería valioso realizar un análisis económico a largo plazo sobre el impacto del programa, cuantificando el ahorro en costos operativos, la reducción de tiempos de inactividad y la prolongación de la vida útil de los vehículos

mantenidos bajo este enfoque. Finalmente, se puede decir que sería relevante estudiar el impacto ambiental del programa, midiendo la reducción de emisiones contaminantes y el consumo de recursos.

REFERENCIAS

- [1] J. L. Breuer, R. C. Samsun, D. Stolten, and R. Peters, “How to reduce the greenhouse gas emissions and air pollution caused by light and heavy duty vehicles with battery-electric, fuel cell-electric and catenary trucks,” *Environ. Int.*, vol. 152, p. 106474, Jul. 2021, doi: 10.1016/J.ENVINT.2021.106474.
- [2] L. Shang, Z. Cai, H. Chen, and S. Zhang, “Post-warranty maintenance optimization for products with deterioration depending on aging and shock,” *Qual. Technol. Quant. Manag.*, vol. 16, no. 6, pp. 651–671, Nov. 2019, doi: 10.1080/16843703.2018.1509431.
- [3] T. Deton, “Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil.: Tecnología automotriz ... - Tom Denton - Google Libros,” 2020. Falta el url
- [4] AEADE, “Automotive Sector in figures,” *AEADE*, no. 92, p. 20, 2024.doi
- [5] F. A. Zea-Izquierdo, J. E. Álvarez-Gavilanes, and G. I. Andrade-Mena, “Estudio de mercado del sector automotriz como herramienta para toma de decisiones empresariales,” *CIENCIAMATRIA*, vol. 7, no. 12, pp. 643–670, 2021, doi: 10.35381/cm.v7i12.444.
- [6] C. Vargas, J. Guamán, A. Ríos, and M. Otorongo, “Simulation of a Strategy in Electric Vehicles Implementation in the Land Transport of Ecuador in the Horizon 2014-2035,” *Rev. Politec.*, vol. 46, no. 1, pp. 47–58, Aug. 2020, doi: 10.33333/rp.vol46n1.05.
- [7] P. Liu, G. Wang, and Y. Zhang, “A Post-Warranty Maintenance Strategy Considering Product Age,” in *2021 Global Reliability and Prognostics and Health Management, PHM-Nanjing 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021. doi: 10.1109/PHM-Nanjing52125.2021.9613115.
- [8] C. E. Maldonado-Díaz, “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo de motores diésel basado en análisis de aceite,” *ESCUELA POLITECNICA NACIONAL*, vol. 1, no. 1, p. 167, 2010.doi
- [9] J. W. Zambrano-Castro and J. N. Pérez-Guerrero, “Estudio de la aplicación del mantenimiento predictivo en motores diésel en la provincia de Manabí,” *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación.*, 2021.vol. n. P. Doi
- [10] H. Orellana, “Plan de mantenimiento mecánico preventivo para vehículo de carga pesada con motor Detroit Diésel serie 60 de Transportes Castillo,” 2016. Accessed: Dec. 08, 2024. [Online]. Available: <http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>esta es manera correcta de citar tesis o libros electrónicos
- [11] C. E. Calahorrano Acosta and D. A. Cardenas Miranda, “Estudio para la implementación de un centro de mantenimiento y reparación para automotores diesel,”

- QUITO/EPN/2010, 2010.url
- [12] S. Katreddi, “Development of Machine Learning Based Approach to Predict Fuel Consumption and Maintenance Cost of Heavy-Duty Vehicles Using Diesel and Alternative Fuels - ProQuest,” 2023. Accessed: Dec. 08, 2024. [Online]. Available: <https://www.proquest.com/openview/0cc1eba388d2716836b9240be688b053/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- [13] ALADDA, “Mercado Automotor,” 2018. Url
- [14] J. A. Abrigo-Maldonado, “Compendio del sistema OBDII,” 2007. Url
- [15] D. Álvarez-Rojas, “Preliminares en la implementación de la Gestión de la Ingeniería del Mantenimiento a las máquinas herramienta de la UBS EQUIVAR.,” 2020.Editorial, url
- [16] R. F. Anrango-Enríquez, “Identificar los posibles daños en elementos fijos y móviles de un motor diésel del laboratorio de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la UTN, el cual utiliza biodiesel para su funcionamiento,” Apr. 2021. Editorial url
- [17] Y. Jiang *et al.*, “Evaluation of emissions benefits of OBD-based repairs for potential application in a heavy-duty vehicle Inspection and Maintenance program,” *Atmos. Environ.*, vol. 247, p. 118186, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.atmosenv.2021.118186.
- [18] A. Flores-López and A. Ulcuango, “Implementación de un plan de mantenimiento y diagnóstico de la unidad dosificadora en motores diésel electrónicos,” Jan. 2024.Editorial, url
- [19] J. W. Zambrano-Castro and J. N. Pérez-Guerrero, “Estudio de la aplicación del mantenimiento predictivo en motores diésel en la provincia de Manabí,” *Rev. Científica INGENIAR Ing. Tecnol. e Investig.*, vol. 4, no. 8 Edición especial diciembre, pp. 96–116, Dec. 2021, doi: 10.46296/ig.v4i8edespdic.0053.
- [20] J. Márquez-Castro, “Elaboración de un plan de mantenimiento para los equipos del Centro de Diagnóstico Automotor El Coche Ocaña,” Facultad ingenierías, 2017.Url
- [21] F. P. Inlago-Perugachi and E. X. Vinueza-Ibadango, “Interpretación de los niveles de opacidad generados por fallas en la válvula dosificadora e inyectores en motores diésel electrónicos,” Dec. 2022.url
- [22] L. E. Bonilla-Herrera and D. P. Lema-Cuji, “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa de servicio de transporte TRANSCOIV de la ciudad de Quito a fin de minimizar el tiempo de inactividad en las operaciones de su flota de vehículos,” 2023.url
- [23] J. C. Bringas, “Propuesta de mejora mediante un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la rentabilidad de la empresa transportes Aranda SAC,” Universidad

- Privada del Norte, 2020.ciudad, url
- [24] H. Meneses, J. R. Tello-Guzmán, and S. L. Pinto-Ayala, “Importancia de la mecánica ligera en el mantenimiento preventivo del vehículo,” *Polo del Conoc.*, vol. 7, no. 9, pp. 1609–1625, 2022, doi: 10.23857/pc.v7i9.
- [25] Asamblea General de Naciones Unidas, “Agenda 2030 y ODS,” 2015.Url
- [26] ONU, “Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again),” *United Nations Environment Programme*, Nov. 2023.url
- [27] Grupo Banco Mundial, “Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita) - Ecuador | Data,” <https://datos.bancomundial.org/>.
- [28] El Comercio, “Ecuador emite norma que regula la compensación de emisiones de gases de efecto invernadero -,” <https://www.elcomercio.com>, 2023.falta información
- [29] Í. Garmendia Rodríguez, “Análisis y modificación del sistema de reducción catalítica selectiva (SCR) con inyección de urea para motor CAT C175-16 EU STAGE V,” Universitat Politècnica de València, 2022.url
- [30] J. M. Valdivieso-Uvidia, M. Expósito-Langa, and J. A. Belso-Martínez, “Sectorial Technological Intensity as a Differentiating Factor for Green Innovation and Economic and Sustainable Performance in Industrial Companies of the Valencian Community,” in *The Strategic Paradigm of CSR and Sustainability*, E. P.-P. et Al., Ed., Palgrave Macmillan, Cham, 2024, pp. 75–97. doi: 10.1007/978-3-031-58889-1_4.
- [31] C. McBride, “G-8 eyes greater clarity on Next Generation Combat Vehicle on JSTOR,” *Inside Washington Publishers*, 2017.doi
- [32] K. Grima, J. Woods, M. Martinelli, J. P. Azzopardi, and M. Farrugia, “Experimental investigation of road grade and stop/start on vehicle emissions and fuel consumption,” in *Proceedings of the 2022 20th International Conference on Mechatronics - Mechatronika, ME 2022*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022. doi: 10.1109/ME54704.2022.9982832.
- [33] E. A. De De la Cruz-Pazmiño and F. J. Beltrán-Mendoza, “Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para la nueva flota de vehículos de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMOP) de la ciudad de Quito,” 2023.url
- [34] P. Muñoz-Benavent *et al.*, “Advanced driving assistance systems for an electric vehicle,” *Int. J. Autom. Smart Technol.*, vol. 2, no. 4, pp. 329–338, 2012, doi: 10.5875/ausmt.v2i4.169.

- [35] [Www.boschaftermarket.com](http://www.boschaftermarket.com), “Software ESI[tronic] Evolution,” 2024.url
- [36] M. Visranth-Jeyakhar, S. Vignesh, S. Prathoshver, and K. Pradeepkumar, “Effect of Sensor Failure on Emission Standards for Petrol & Diesel Engine,” *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 4S2, pp. 190–195, Dec. 2019, doi: 10.35940/ijrte.d1041.1284s219.
- [37] Asamblea Nacional de la República del Ecuador, “Constitución de la República del Ecuador,” pp. 19–72, 2008, doi: 10.2307/j.ctvm204k6.6.
- [38] Contraloría General del Estado, “Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado. Suplemento del Registro Oficial No. 595 , 12 de Junio 2002,” *Ediciones Leg.*, no. 595, pp. 1–19, 2017.
- [39] ANRCTTTSV, “Ley Organica de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial,” *Regist. Of.*, no. 398, p. 16, 2011.
- [40] EPA, “EPA en español | US EPA,” 2023.
- [41] Movidelnor.gob.ec, “Empresa Pública de Movilidad del Norte – Todos los derechos reservados,” 2024.
- [42] Mira.ec, “Cooperativa de Transporte Mixto ‘Virgen de la Caridad’ Mira,” 2024.
- [43] F. Arena, M. Collotta, L. Luca, M. Ruggieri, and F. G. Termine, “Predictive Maintenance in the Automotive Sector: A Literature Review,” *Math. Comput. Appl.* 2022, *Vol. 27, Page 2*, vol. 27, no. 1, p. 2, Dec. 2021, doi: 10.3390/MMCA27010002

Revisar el formato de las referencias

ANEXOS

Anexo 1. Registro de revisiones mensuales y seguimiento de vehículos piloto

Vehículo	Mes	Consumo Inicial (L/100km)	Consumo Posterior (L/100km)	Reducción de Consumo (%)	Tiempo de Inactividad Inicial (días)	Tiempo de Inactividad Posterior (días)	Reducción de Inactividad (%)
Chevrolet DMAX 4x4 - IBC8192	a 5 de junio de 2024	10		2,6812	15		4
Chevrolet DMAX 4x4 - IBC8192	a 11 de julio de 2024			2,6661			3
Chevrolet DMAX 4x4 - IBC8192	a 10 de agosto de 2024		9,2	2,6660		13,2	4
Chevrolet DMAX 4x4 - IBD2006	a 5 de junio de 2024	9,5		2,81	20		3
Chevrolet DMAX 4x4 - IBD2006	a 12 de julio de 2024			2,86			4
Chevrolet DMAX 4x4 - IBD2006	a 10 de agosto de 2024		8,7	2,80		17,6	4
Mazda BT-50 2.5 - PBX7116	a 5 de junio de 2024	11		2,745	18		4,01
Mazda BT-50 2.5 - PBX7116	a 11 de julio de 2024			2,733			4,06
Mazda BT-50 2.5 - PBX7116	a 10 de agosto de 2024		10,1	2,726		15,8	4,07
Mazda BT-50 2.5 - TBE8770	a 5 de junio de 2024	10,8		2,767	17		3,93
Mazda BT-50 2.5 - TBE8770	a 11 de julio de 2024			2,768			3,94
Mazda BT-50 2.5 - TBE8770	a 11 de agosto de 2024		9,9	2,700		15	3,90
Chevrolet DMAX 4x4 - PCA2583	a 5 de junio de 2024	9,8		2,734	16		3,966
Chevrolet DMAX 4x4 - PCA2583	a 11 de julio de 2024			2,736			3,985
Chevrolet DMAX 4x4 - PCA2583	a 10 de agosto de 2024		9	2,733		14,1	3,900

**Encuesta para evaluar el programa de mantenimiento y diagnóstico postgarantía
dirigido a técnicos de talleres**

Objetivo: Evaluar la percepción de los técnicos sobre la utilidad, precisión y facilidad de uso del software ESI-Tronic en el programa de mantenimiento y diagnóstico postgarantía en vehículos livianos de encendido por compresión.

1. **Considera que el programa facilita el mantenimiento de vehículos fuera de garantía?**
 - Sí, completamente
 - Sí, en parte
 - No, poco
 - No, en absoluto
2. **¿Qué tan efectivo ha sido el software ESI-Tronic para identificar fallos en los vehículos postgarantía?**
 - Muy efectivo
 - Efectivo
 - Poco efectivo
 - Nada efectivo
3. **¿El programa de mantenimiento proporciona instrucciones claras para intervenciones preventivas y correctivas?**
 - Sí, completamente
 - Sí, en parte
 - No, poco
 - No, en absoluto
4. **¿Qué tan útil es el manual de mantenimiento en la implementación de las tareas?**
 - Muy útil
 - Útil
 - Poco útil
 - Nada útil
5. **¿Ha observado una mejora en la optimización del tiempo de servicio al utilizar el programa?**
 - Sí, significativamente

- Sí, ligeramente
- No, sigue igual
- No, ha empeorado

6. **¿Qué tan probable es que recomiende este programa a otros talleres que trabajen con vehículos fuera de garantía?**

- Muy probable
- Probable
- Poco probable
- Nada probable

7. **Los recursos invertidos en este plan piloto le parece que compensan con los beneficios obtenidos.**

- Si**
- No**

Anexo 3. Encuesta a los propietarios de los vehículos

Encuesta para Propietarios de los 4 vehículos del plan piloto

Objetivo: Evaluar la percepción de los propietarios sobre los beneficios del programa en términos de mantenimiento de vehículos postgarantía.

1. **¿Considera que este programa cubre adecuadamente las necesidades de mantenimiento y diagnóstico de su vehículo postgarantía?**
 - Sí, completamente
 - Sí, en parte
 - No, poco
 - No, en absoluto

2. **¿Ha notado una mejora en el rendimiento de su vehículo tras implementar este programa?**
 - Sí
 - Sí, ligeramente
 - No, sigue igual
 - Ha empeorado

3. **¿Qué tan satisfecho está con la reducción de costos de mantenimiento tras la aplicación del programa?**
 - Muy satisfecho
 - Satisfecho
 - Insatisfecho
 - Muy insatisfecho

4. **¿El programa ha reducido significativamente el tiempo de inactividad de su vehículo?**
 - Sí.
 - Un poco
 - No, sigue igual
 - Ha empeorado

5. **¿Las recomendaciones del programa, basadas en el software ESI-Tronic, se ajustaron a las necesidades reales de su vehículo?**
 - Sí
 - No

6. **¿Qué tan útil considera el manual de mantenimiento entregado como parte del programa?**

- Muy útil
- Útil
- Poco útil
- Nada útil

7. **¿Recomendaría este programa de mantenimiento postgarantía a otros propietarios?**

- Sí
- No

Anexo 4. Manual de Mantenimiento



ÍNDICE

■ Introducción al sistema y objetivos	03
■ Módulos Principales	04
■ Requisitos previos	05
■ Diagnóstico Inicial	06
■ Mantenimiento Preventivo	07
■ Mantenimiento Basado en la Condición (CBM)	09
■ Procedimiento de Mantenimiento Correctivo	10
■ Recomendaciones de Seguridad	11
■ Buenas prácticas	13
■ Instrucciones finales	14

INTRODUCCIÓN

Este manual de mantenimiento está diseñado específicamente para vehículos livianos de encendido por compresión (vehículos diésel) posterior al vencimiento de la garantía vehicular. Se enfocó en proporcionar procedimientos detallados y recomendaciones basadas en el software ESI-Tronic para asegurar un mantenimiento óptimo que garantice la eficiencia y seguridad de los vehículos específicos como Chevrolet DMAX 4x4 y Mazda BT-50.

Objetivos del Manual

- Establecer un conjunto de procedimientos de mantenimiento detallados.
- Implementar prácticas de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Optimizar el rendimiento de los vehículos.

ESI[tronic] EVOLUTION

El software ESItronic funciona como una base de datos y un sistema de diagnóstico que integra las funciones necesarias para la reparación de los vehículos. Se conecta a la centralita electrónica del vehículo a través de dispositivos de diagnóstico, el Bosch KTS, así logra interactuar con las unidades de control del vehículo y ofrecer una lectura precisa de los fallos.

MÓDULOS PRINCIPALES

- 1 A (Identificación de vehículos)**
Permite la identificación del vehículo a través del número de chasis (VIN) o seleccionando manualmente la marca, modelo y año del automóvil.
- 2 B (Datos de mantenimiento y reparación)**
Incluye información técnica detallada como valores de torque, especificaciones de fluidos, tiempos de reparación y procedimientos paso a paso para la reparación de componentes específicos.
- 3 C (Esquemas eléctricos y diagramas)**
Proporciona esquemas detallados de los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo.
- 4 D (Diagnóstico)**
Permite leer y borrar códigos de error, realizar pruebas de actuadores, verificar parámetros en tiempo real y codificar componentes.
- 5 E (Información de experiencia técnica)**
Base de datos de problemas y soluciones proporcionadas por Bosch y por otros talleres.
- 6 F (Guías de localización de fallos)**
Facilita la localización de averías a través de pasos secuenciados.
- 7 P (Catálogo de piezas)**
Incluye un catálogo de repuestos de Bosch y de otros fabricantes, con información sobre compatibilidad, referencias cruzadas y disponibilidad.

REQUISITOS PREVIOS

PERSONAL TÉCNICO

El uso del software ESI-Tronic requiere conocimientos básicos en diagnóstico y mantenimiento automotriz.

DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

Manuales del fabricante (que se pueden descargar de la web) y acceso a esquemas eléctricos y diagramas del vehículo.



HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Equipos de diagnóstico como el ESI-Tronic, conexión a Internet, para actualizaciones, y equipo de mantenimiento estándar (herramientas de mano, mediciones de presión, escáneres OBD II, etc.).

SISTEMA

Ordenador con un procesador de buena capacidad, memoria RAM suficiente y una conexión a Internet (para las actualizaciones sobre todo).

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DIAGNÓSTICO INICIAL



FRECUENCIA

Cada 6 meses o al detectar algún fallo en el vehículo.

DURACIÓN

Aproximadamente 2 horas.

CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE PARA CHEVROLET DMAX 4x4

1. Unidad de Control Electrónico (ECU): La Chevrolet DMAX utiliza una ECU Bosch EDC16 para el control del motor. Asegurate de seleccionar el perfil correcto dentro del ESI-Tronic.
2. Diagnóstico del Sistema de Tracción 4x4: Usa el módulo de prueba de actuadores para verificar el estado del actuador de cambio 4WD y del sistema de bloqueo de diferencial.
3. Lectura de Parámetros Críticos: Monitorear la presión del riel de inyección (presión objetivo: 1200 bar) y la temperatura del refrigerante (rango de operación: 90-105 °C).

CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE PARA MAZDA BT-50 2.5:

1. ECU y Sensores: La Mazda BT-50 usa una ECU Denso con múltiples sensores integrados. Selecciona el perfil adecuado para Denso dentro del ESI-Tronic y verifica la respuesta de la válvula EGR y el sensor de presión del turbo.
2. Prueba de los Inyectores de Combustible: Para verificar fugas internas. Si la diferencia de presión supera los 10 bar entre inyectores, proceder con la sustitución.
3. Prueba del Sistema de Recirculación de Gases (EGR): Realiza una prueba de funcionalidad de la válvula EGR para confirmar que no haya obstrucciones o pérdida de señal.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Chevrolet DMAX 4x4 a diésel



1. Cambio de Aceite del Motor: Frecuencia: Cada 10.000 km o cada 6 meses.
 - Tipo de Aceite: Aceite sintético 5W/30 específico para motores diésel, de alto rendimiento.



2. Cambio de Filtro de Combustible: Reemplazar cada 10.000 km.
 - Revisar posibles obstrucciones en el sistema de inyección common-rail.



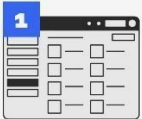
3. Mantenimiento del Sistema de Tracción 4x4: Frecuencia: cada 20.000 km.
 - Verificar los niveles de lubricante en la caja de transferencia y el diferencial delantero.
 - Inspeccionar el sistema de ejes y juntas homocinéticas.



4. Sistema de Suspensión: Revisar el estado de los amortiguadores y bujes de la suspensión trasera, especialmente si se usa en terrenos irregulares.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO

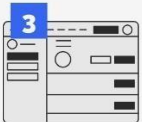
Mazda BT-50 2.5 a diésel



1. Cambio de Aceite del Motor: Frecuencia: cada 10.000 km o 6 meses.
 - Tipo de Aceite: Aceite 15W-40 para motores diésel, conforme a la norma API CJ-4.



2. Inspección del Sistema de Suspensión: Verificar el estado de los muelles y amortiguadores delanteros.
 - Ajustar las barras estabilizadoras para mantener la estabilidad del vehículo.



3. Verificación de las Bujas de Incandescencia:
 - Frecuencia: Cada 30.000 km.
 - Comprobar el estado de las bujías y realizar el reemplazo si presentan desgaste o resistencia elevada.



4. Revisión del Sistema de Dirección: Inspeccionar las rótulas y la caja de dirección cada 20.000 km para evitar holguras que afecten la maniobrabilidad.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN (CBM)



Sensores de Monitoreo Indicadores de Mantenimiento

Chevrolet DMAX 4x4:

Implementar monitoreo de la presión del turbo y el flujo de aire.

Mazda BT-50:

Monitorar la temperatura del sistema de enfriamiento y la presión de la bomba de inyección.

Chevrolet DMAX 4x4:

Generar alertas de mantenimiento cuando la presión del turbo caiga por debajo de 1,5 bar (indicando desgaste en la válvula de alivio o si la eficiencia de la EGR disminuye por debajo del 85%).

Mazda BT-50:

Configurar el software para alertar cuando la temperatura del refrigerante exceda los 105 °C (indicando posible fallo en el termostato) o si la presión de la bomba es inferior a 150 bar durante el arranque (indicando desgaste en la bomba de alta presión).

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Frecuencia: Según la aparición de fallos detectados en el diagnóstico inicial.
Duración: Variable según el tipo de reparación.



PASO NÚMERO 1

Realizar un diagnóstico con el ESI-Tronic para identificar el fallo específico.

PASO NÚMERO 2

Verificar el estado de los componentes relacionados con el fallo (por ejemplo: si se detecta un código de fallo en el sistema de inyección de combustible, revisar el estado de los inyectores y la bomba de combustible).

PASO NÚMERO 3

Seguir las recomendaciones de reparación del software ESI-Tronic y del fabricante.

PASO NÚMERO 4

Sustituir o reparar los componentes defectuosos.

PASO NÚMERO 5

Probar el vehículo para asegurarse de que el problema se haya solucionado.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO MANTENIMIENTO CORRECTIVO



CHEVROLET DMAX 4x4



1. Problema Común: Falta del actuador de tracción 4x4.

Procedimiento:

Usar el ESI-Tronic para ejecutar la prueba de actuadores en el sistema de tracción y verificar la señal de activación.

MAZDA BT-50 2.5:



1. Problema Común: Falta en la válvula EGR.

Procedimiento:

Usar el ESI-Tronic para realizar una prueba de apertura y cierre de la válvula EGR y verificar obstrucciones en el canal.

USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

Siempre utilizar guantes, gafas de protección y ropa adecuada.

VERIFICACIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Desconectar la batería antes de trabajar en sistemas eléctricos para evitar cortocircuitos o daños.



DOCUMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO


Mantener un registro detallado de cada intervención realizada en el vehículo.

ACTUALIZACIONES DEL SOFTWARE

Siguiente ➡

Recomendaciones de Seguridad y Buenas Prácticas

BUENAS PRÁCTICAS



✓	Licencia activa: Verifica que la licencia del software esté activa y vigente. Y asegúrate de tener suficiente espacio disponible en el disco duro del equipo donde está instalado ESI[tronic].	✓
✓	Respaldo de datos: Se recomienda realizar un respaldo de la configuración actual para evitar pérdidas de información en caso de errores.	✓
✓	Abrir el software ESI[tronic] Update Center: Normalmente se instala junto con el programa principal. Si no lo encuentras, revisa la carpeta de instalación de Bosch ESI[tronic].	✓
	Iniciar sesión: Si es necesario, ingresa con las credenciales proporcionadas por Bosch o con las de tu cuenta de usuario.	✓
	Descargar e instalar: Púlsalo el botón "Descargar" y espera a que se complete el proceso de descarga. Una vez descargados, la herramienta iniciará automáticamente la instalación de las actualizaciones.	✓
	Reinicio del software: Asegúrate de guardar cualquier trabajo pendiente y reinicia la computadora si es necesario.	✓

- 1** Errores de licencia: Asegúrate de que la clave de activación sea la correcta. Si la licencia ha caducado, deberás contactar al distribuidor local en Ecuador Bosch para renovarla.
- 2** Espacio insuficiente: Si se te indica que no hay suficiente espacio en disco, libere espacio eliminando archivos no utilizados o moviendo datos a otra unidad.
- 3** Restaurar configuración anterior: Si la actualización presenta problemas, puedes intentar restaurar la configuración anterior usando el respaldo realizado antes de iniciar el proceso.
- 4** Si necesitas más información, hay que visitar el Sitio Web de soporte de Bosch Automotive para obtener más asistencia.
- 5** Hay que considerar que el uso de este software requiere el dispositivo de diagnóstico compatible de la serie KTS de Bosch, cuyo costo debe agregarse a la inversión total.

Instrucciones finales





Pozo Pule, Gandy

MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

TRABAJO DE TITULACIÓN

"Desarrollo de un programa de mantenimiento y diagnóstico posterior al vencimiento de la garantía vehicular aplicado a vehículos livianos de encendido por compresión"

2024



Nota: Elaboración propia.