



ING. AUTOMOTRIZ

Trabajo de Integración Curricular

Artículo de Investigación para la obtención del título de Ingeniería en Mecánica Automotriz

AUTORES:

Portilla Vera Jorge David

Vaca Heredia Ronald Alexis

TUTOR:

Msc. Gorky G. Reyes

Análisis de la proyección de la vida útil de flota de transporte de residuos sólidos

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Jorge Davis Portilla Vera** y **Ronald Alexis Vaca Heredia**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



Jorge David Portilla Vera



Ronald Alexis Vaca Heredia

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. Gorky G. Reyes C.**, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gorky G. Reyes C.', is written over a solid horizontal line. The signature is stylized with loops and flourishes.

Firma profesor

Dedicatoria

A Dios, por haber sido mi luz en los momentos de incertidumbre y por brindarme la sabiduría y la fuerza necesarias para seguir adelante. A mis padres, por su apoyo incondicional, por sus sacrificios y por enseñarme con el ejemplo el valor del trabajo, la responsabilidad y la perseverancia, también a mi novia, por estar a mi lado en cada etapa de este proceso, por su comprensión, su paciencia y sus palabras de aliento que me motivaron a continuar cuando más lo necesitaba. Incluso a mí mismo, por no rendirme, por superar los obstáculos con determinación y por confiar en mi capacidad para alcanzar mis metas.

Ronald Alexis Vaca Heredia

A mis padres,

Por ser mi mayor inspiración, mi refugio en los momentos difíciles y el motor que me impulsó a seguir adelante. Gracias por su amor incondicional, por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo y por estar siempre presentes, incluso en silencio, confiando en mí cuando yo mismo dudaba. Esta meta es tan mía como suya, porque sin ustedes no habría sido posible. Y a mis amigos, por estar ahí en los días largos y las noches de incertidumbre, por las palabras de aliento, las risas necesarias y por recordarme que no estaba solo en este camino. Su compañía hizo la diferencia. Con todo mi cariño y gratitud.

Jorge David Portilla Vera

Agradecimiento.

Quiero agradecer, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la paz necesarias para seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes, a mis padres y hermanos, por su amor incondicional, su paciencia y por ser mi mayor fuente de motivación y sin dudarle a un gran hermano y guerrero incluso ahora mi colega Edwin gracias por creer en mí y estar siempre a mi lado, en cada logro y en cada tropiezo. A mi mejor amigo y colega, Jorge, quien ha sido más que un compañero de carrera, gracias por compartir conmigo este camino académico y personal, por tu apoyo constante, tu amistad sincera y por enfrentar juntos cada reto. Este logro también es tuyo. A la Universidad, por brindarme las herramientas académicas necesarias para desarrollarme profesionalmente y por ser el espacio donde crecí no solo como futuro ingeniero, sino como ser humano y todos quienes fueron parte del proceso.

Ronald Alexis Vaca Heredia

En este momento tan significativo de mi vida, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a quienes fueron parte esencial de este camino. A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la humildad. Gracias por estar siempre, en cada paso, dándome la fuerza para seguir adelante. A mi mejor amigo y colega, por ser compañero incansable en esta travesía académica. Gracias por compartir ideas, dudas, largas jornadas de estudio y, sobre todo, por brindarme siempre una amistad sincera y leal. A mis compañeros de clase, por cada trabajo compartido, por las conversaciones que aliviaron el cansancio y por haber sido parte de esta experiencia con compañerismo y solidaridad. A Rodrigo y María Cecilia, quienes han sido como

unos segundos padres para mí. Gracias por su cariño, su apoyo desinteresado y por hacerme sentir siempre acompañado y valorado. Su presencia en mi vida ha sido un regalo.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Esta tesis no solo es un logro académico, sino también un reflejo del amor, el apoyo y la confianza que he recibido

Jorge David Portilla Vera

INDICE DE CONTENIDO

Introducción	10
Marco Teórico	12
Antecedentes del Transporte de los Vehículos Recolectores de Basura	12
Mantenimiento de Flotas.....	13
Mantenimiento preventivo:	13
Mantenimiento correctivo	14
Planes de mantenimiento	14
Costos promedio anual de mantenimiento	15
Costo total de mantenimiento por kilómetro recorrido	15
Materiales y Métodos.....	16
Métodos.....	16
Materiales.....	17
Vehículos	17
Discusión.....	24
Conclusiones	27

Introducción

La gestión eficiente de los residuos sólidos representa un desafío crítico para la sostenibilidad ambiental de los entornos urbanos. Los camiones equipados con cajas compactadoras desempeñan un papel esencial en este proceso, enfrentando condiciones operativas extremas como el transporte de cargas pesadas, vibraciones constantes y exposición continua a residuos corrosivos, estas condiciones adversas aceleran el desgaste de los equipos y sistemas del vehículo, por lo que, aumentan el riesgo de fallas imprevistas las cuales requieren procesos mecánicos, es por eso que la falta de estrategias de mantenimiento bien definidas genera fallas recurrentes en los vehículos, lo cual incrementan costos operativos y disminuyen de esta manera los tiempos de trabajo de los vehículos de transporte de residuos sólidos. Esto se debe a la falta de implementación o inexistencia de programas de mantenimiento preventivo y correctivo provocando tiempos muertos prolongados por lo que podría verse afectada la calidad del servicio. Además, la ausencia de un enfoque estratégico impide anticipar fallas, las cuales comprometen la seguridad y funcionalidad de los sistemas, dando como resultado la falta continua del servicio, por otra parte, el mantenimiento inadecuado en vehículos de recolección de residuos puede incrementar los costos operativos hasta en un 30 % y reducir de manera significativa la vida útil de los equipos. Según (Trujillo, 2022). A pesar de su importancia, las estrategias de mantenimiento actuales no siempre consideran las especificidades de este tipo de equipos. El principal objetivo de este artículo es desarrollar estrategias de mantenimiento las cuales son adaptadas a necesidades específicas de los vehículos de transporte de residuos sólidos y cajas compactadoras con el fin de garantizar su operatividad y eficiencia bajo condiciones de trabajo adversas.

Estas estrategias incluyen la implementación de mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos por lo cual estos estarán diseñados según las características técnicas de los equipos, además de cumplir con las condiciones reales de operación. Por lo que se busca analizar las principales causas de desgaste y fallas mecánicas como la exposición constante a cargas pesadas, así como la acumulación de residuos sólidos en los mecanismos de compactación que generan sustancias corrosivas como también la falta de un adecuado plan de mantenimiento periódico. Para reducir estos problemas se busca proponer soluciones prácticas con el fin de optimizar tiempos y costos de esta manera extender la vida útil de la caja compactadora, a la vez que se implementa un programa de lubricación periódica para condiciones adversas de igual manera realizando inspecciones regulares de los sistemas del vehículo para identificar posibles acumulaciones de residuos o desgaste excesivo por lo cual es necesario la capacitación continua del personal técnico encargado del mantenimiento para la correcta operación y detección temprana de fallas.

Varios estudios han abordado la importancia del mantenimiento en equipos destinados a la recolección de residuos sólidos, proporcionando valiosos aportes para entender las necesidades técnicas y operativas de estos sistemas. De acuerdo con, (Pérez, 2022), analizo cómo la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo contribuye a una reducción significativa de los costos operativos, demostrando en su estudio que las averías inesperadas disminuyen hasta un 25 % al adoptar rutinas planificadas de inspección y reparación en camiones compactadores. Mencionando, (Pérez, 2022), se centró en el impacto de las condiciones operativas adversas, como la exposición prolongada a residuos corrosivos y la constante vibración, destacando que estas variables no solo aceleran el desgaste de los componentes mecánicos, sino que también incrementan los costos de reemplazo de piezas en un 40 %.

Es así como (Trujillo, 2021) se llevaron a cabo análisis comparativos de diferentes diseños de cajas compactadoras, concluyendo que los sistemas hidráulicos más robustos y con menor exposición al desgaste externo permiten una mayor eficiencia en el proceso de compactación y transporte de residuos. Finalmente, López (2022), investigo la influencia de la capacitación del personal de mantenimiento, demostrando que el conocimiento técnico específico reduce el tiempo de inactividad de los equipos en un 18 % y optimiza el uso de recursos, por lo que en el presente artículo contribuirá con la elaboración de los planes de mantenimiento enfocados en los vehículos de transporte de residuos sólidos además de contar con la capacitación del personal técnico que carece de los conocimientos necesarios con el objetivo de mejorar la operatividad y prolongar la vida útil de los equipos.

Marco Teórico

Antecedentes del Transporte de los Vehículos Recolectores de Basura

El transporte de desechos sólidos es una actividad esencial en la gestión de residuos, con antecedentes que datan de la revolución industrial, cuando se formalizaron los sistemas de recolección urbana, significando que los vehículos recolectores de basura han evolucionado de simples carros tirados por animales a modernos camiones equipados con tecnología hidráulica y sistemas de compactación, además que esta evolución responde a la necesidad de manejar volúmenes crecientes de residuos los cuales son manejados en la actualidad. (Project Learning Tree, 2018). En un contexto de transformación social y tecnológica es importante que los vehículos de transporte de residuos sólidos sean capaces de adaptarse a las distintas y nuevas condiciones de trabajo.

Los vehículos recolectores de residuos sólidos se clasifican en varios tipos como compactadores, volteos y unidades especializadas para reciclaje, cada uno con características

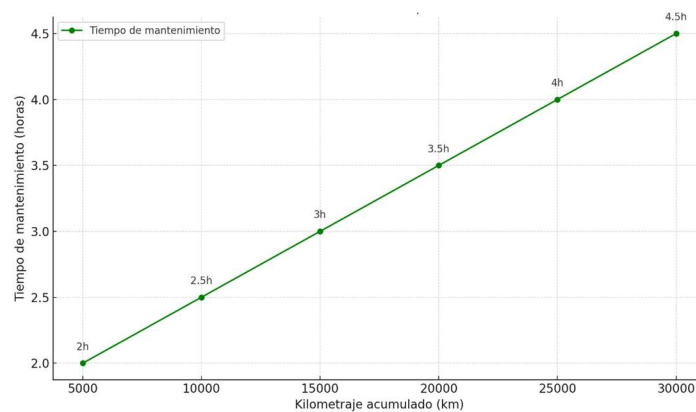
técnicas específicas que optimizan su operación según la topografía y el volumen de residuos (Pérez, 2022), en Ecuador las flotas de recolección enfrentan retos relacionados con el mantenimiento y las condiciones de las vías, lo que subraya la necesidad de un plan estructurado de manejo vehicular (Ministerio de Ambiente, 2023).

Mantenimiento de Flotas

El mantenimiento vehicular asegura la operación continua y eficiente de las flotas recolectoras de basura, es por lo que debemos dividir en dos grandes categorías:

Figura1.

Frecuencia de mantenimiento.



Fuente: Autores.

Mantenimiento preventivo:

Este tipo de mantenimiento se enfoca en la inspección y cuidado periódico de los vehículos para minimizar fallos inesperados, significando así que las actividades básicas incluyen cambio de fluidos, revisión de sistemas hidráulicos y ajustes mecánicos básicos, además debemos determinar la frecuencia óptima del mantenimiento preventivo, se puede usar la fórmula:

$$T_{mp} = \frac{C_u}{C_m + C} \quad \text{Ec. [1.1]}$$

Donde:

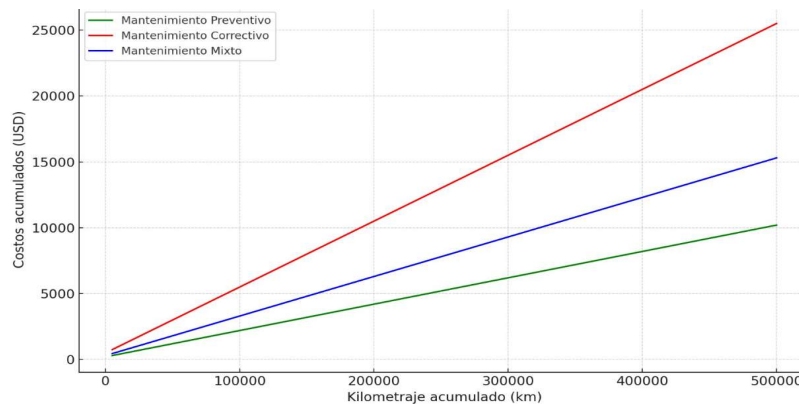
- T_{mp} : Frecuencia óptima de mantenimiento preventivo.
- C_u : Costos por unidad de tiempo en mantenimiento.
- C_m : Costos de reparaciones menores.
- C_f : Costos de reparaciones mayores.

Mantenimiento correctivo

Implica la reparación de fallas inesperadas y se relaciona con el tiempo de inactividad del vehículo, dado que este tipo de mantenimiento genera mayores costos operativos si no se complementa con estrategias preventivas (Gutiérrez & Ruiz, 2022).

Figura2.

Comparación de costos de mantenimiento.



Fuente: Autores.

Planes de mantenimiento

las fórmulas más relevantes se encuentran se pueden emplear diversas herramientas matemáticas en este caso se busca que se integren factores de costo, tiempo y rendimiento, entre las fórmulas más relevantes se encuentra.

Costos promedio anual de mantenimiento

$$Ca = \frac{\text{Costo total}}{\text{Años de uso}} \quad \text{Ec. [2.1]}$$

Costo total de mantenimiento por kilómetro recorrido

$$Ck = \frac{Cp+Cc}{Kr} \quad \text{Ec. [3.1]}$$

Donde:

- Cp: Costos de mantenimiento preventivo.

- Cc: Costos de mantenimiento correctivo.

- Kr: Kilómetros recorridos.

La capacitación del personal encargado de operar y mantener los vehículos recolectores de residuos sólidos es fundamental para garantizar la eficiencia de la empresa, por lo que el rendimiento depende directamente del personal técnico, el cual se encargara de cumplir con los planes de mantenimiento, además que, el personal administrativo da el cumplimiento de los mantenimientos es por ello que se debe contar con un sistema que almacene la información de los vehículos, en cuanto a las herramientas empleadas e insumos disponibles deberán ser bastos y completos. Según Delgado (2020), el entrenamiento técnico en diagnóstico mecánico y uso de herramientas avanzadas mejora significativamente el desempeño de las flotas. Por ello, los programas de formación deben incluir cursos teóricos sobre los componentes del vehículo, así como talleres prácticos enfocados en el mantenimiento eficiente, además de tecnologías nuevas como simuladores y sistemas de diagnóstico electrónico que permitan mejorar la eficiencia en el diagnostico automotriz. Es por lo que el equipamiento necesario para realizar el mantenimiento incluye herramientas manuales, como llaves, destornilladores y alicates; equipos hidráulicos, como prensas, gatos hidráulicos y grúas; y sistemas de diagnóstico electrónico, que facilitan la

detección de fallas con mayor precisión (Vargas & López, 2021). Implementar estrategias de mantenimiento efectivas, como el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, resulta esencial para prolongar la vida útil de los vehículos recolectores, optimizar su desempeño y reducir costos operativos, priorizando siempre el equilibrio entre eficiencia y rentabilidad.

Es por lo que la implementación de estrategias de mantenimiento efectivas no solo es una necesidad operativa, sino que una decisión clave para el desarrollo de la sostenibilidad de las flotas de recolección de residuos de residuos sólidos. Un mantenimiento adecuado no solo previene fallas inesperadas, sino que también garantiza un desempeño óptimo y reduce costos a largo plazo. Además, de aplicar mantenimientos preventivos, se pueden identificar y corregir posibles problemas antes de que afecten el funcionamiento del vehículo, logrando con esto que la flota tenga un mayor tiempo de operatividad, por otra parte, en cuanto al mantenimiento predictivo, se aprovechan las tecnologías avanzadas para monitorear en tiempo real el estado de los componentes, anticipando fallas y optimizando los recursos, finalmente, el mantenimiento correctivo, que en muchos de los carros es inevitable se debe gestionar estratégicamente para minimizar el impacto en la operatividad, generando de esta forma un enfoque integral que combine estas estrategias que no solo permiten prolongar la vida útil de los vehículos, sino que también mejora la eficiencia del servicio, además de reducir costos innecesarios y fortalecer la operatividad de la flota, garantizando así una gestión más eficiente y sostenible.

Materiales y Métodos

Métodos

Este artículo tiene como objetivo principal implementar estrategias de mantenimiento que optimicen la confiabilidad y el rendimiento de los sistemas mecánicos. Para lograrlo, se empleó un enfoque metodológico integral que combina la recopilación y análisis de datos con la

capacitación del personal técnico en conocimientos clave de mantenimiento. La formación del equipo es un pilar fundamental, ya que permite reforzar competencias en el diagnóstico de fallas y en la aplicación de técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo. Este enfoque está diseñado para desarrollar soluciones prácticas y sostenibles con un alto grado de replicabilidad en entornos similares de la misma manera optimizando la eficiencia operativa y la confiabilidad del sistema.

En línea con los objetivos específicos se realizó un análisis de las principales causas de desgaste y fallas mecánicas, para lo cual se emplearon herramientas como inspecciones técnicas en las cuales este proceso permitió identificar patrones de deterioro y factores críticos que afectan el desempeño de los componente es por esto que se diseñaron estrategias orientadas a solventar estos problemas, incluyendo la implementación de nuevas prácticas de mantenimiento, ajustes en los procedimientos operativos y la evaluación de materiales avanzados. Además, las soluciones propuestas fueron validadas mediante estudios de caso aplicados a sistemas mecánicos reales, asegurando su viabilidad técnica y económica, al tiempo que se refuerzan las capacidades del personal técnico para su correcta implementación.

Materiales

Vehículos

Para este estudio se seleccionó una flota de camiones compactadores de residuos sólidos, ampliamente utilizados en la recolección urbana debido a su capacidad de carga y robustez estructural. Los vehículos están equipados con sistemas hidráulicos avanzados y cajas compactadoras que optimizan el manejo de residuos bajo condiciones extremas, como cargas pesadas y exposición a residuos corrosivos. Las características técnicas de los vehículos se resumen en la Tabla 1.

Figura 3

Vehículo de transporte de residuos sólidos.



Fuente: Autores

Tabla 1.

Ficha técnica de los camiones

Características	Especificaciones
Capacidad de carga	16 toneladas
Sistema de compactación	Hidrostático
Potencia del motor	320 HP
Tipo de combustible	Diésel
Dimensiones	9,7 x 2,5 x 3,3 m
Norma de emisiones	Euro 5

Fuente: Autores

Infraestructura

El taller de mantenimiento utilizado en este estudio presenta una infraestructura precaria e insuficiente, lo que limita la ejecución eficiente de diversas actividades de diagnóstico e implementación de planes de mantenimiento preventivo y correctivo, por lo tanto, la falta de espacios adecuados, herramientas especializadas y condiciones óptimas de trabajo afecta directamente la operatividad y seguridad del personal técnico de igual manera la ausencia de insumos, repuestos y equipos de diagnóstico avanzados dificulta la detección temprana de fallas y retrasa las operaciones necesarias en los vehículos recolectores de residuos sólidos, por lo tanto, esto no solo se ve afectada la continuidad del servicio, sino que también se incrementan los tiempos de inactividad de las unidades, lo que genera mayores costos operativos y reduce la eficiencia del sistema de recolección por lo tanto es imprescindible la implementación de mejoras en la infraestructura del taller, además de la adquisición de equipamiento adecuado y el establecimiento de un plan de abastecimiento de insumos y repuesto ya que de esta manera se podrán optimizar las actividades de mantenimiento y prolongar la vida útil de los vehículos.

Tabla 2.

Infraestructura.

Infraestructura	Deficiente e insuficiente
Herramientas	Limitadas y faltantes
Condiciones laborales	Inadecuadas, afectan seguridad
Disponibilidad de insumos	Escasos, retrasan mantenimiento
Equipos de diagnóstico	Obsoletos o insuficientes

Fuente: Autores

Resultados y Discusión

Resultado

El equipo de mantenimiento está compuesto por técnicos que comprenden la parte de diagnóstico y reparación de los distintos sistemas, sin embargo, estos carecen de formación específica en el área mecánica aplicada a vehículos de transporte de residuos sólidos por lo que la falta de conocimientos técnicos limita la capacidad para realizar los mantenimientos previstos, además de intervenciones precisas en componentes clave del vehículo, tales como, cajas de cambios, cajas compactadoras, motores del vehículo lo que puede afectar su desempeño, fiabilidad y vida útil, es por esto que es fundamental implementar programas de capacitación que fortalezcan las competencias del personal en el mantenimiento mecánico de las flotas, asegurando así una gestión más eficiente y sostenible de los vehículos. En esta comparación permite evaluar la efectividad de las medidas adoptadas y su impacto en la reducción de fallas, tiempos de inactividad y costos operativos.

Tabla 3.

Comparativa de fallas

Indicador	Situación Inicial	Después de Implementación
Fallas mecánicas mensuales	15 fallas	6 fallas
Tiempo promedio de inactividad	48 horas por falla	20 horas por falla
Costo promedio de mantenimiento	\$10,000 mensuales	\$6,500 mensuales
Vida útil estimada del vehículo	8 años	12 años
Disponibilidad operativa	80 %	92 %
Reducción de costos por fallas	-	35 %

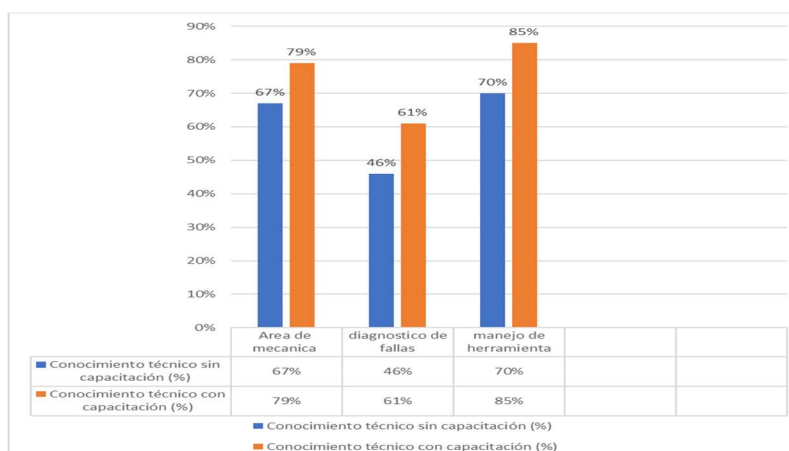
Eficiencia del sistema hidráulico	Bajo	Óptimo
-----------------------------------	------	--------

Fuente: Autores

Para evaluar el nivel de conocimiento del personal técnico en las áreas de mecánica, hidráulica y electrónica, se realizaron pruebas de diagnóstico que permitieron identificar fortalezas y debilidades de mejora, por lo cual esta evaluación es fundamental para detectar las falencias del personal técnico además que ayuda a planificar capacitaciones específicas, enfocadas en reforzar conocimientos y habilidades tanto en el área de mecánica como en el uso de equipos de diagnóstico así como de herramientas especializadas, es por ello que la formación continua del personal no solo optimiza los procedimientos de mantenimiento preventivo, sino que también reduce la probabilidad de cometer errores y tener como consecuencia reparaciones costosas. Además, el monitoreo del desgaste de los componentes y sistemas permite anticipar fallas y mejorar la planificación del mantenimiento, asegurando un óptimo rendimiento de los vehículos, garantizando su seguridad operativa y prolongando su vida útil. Tal como se muestra en la figura 4, comparativa de conocimiento.

Figura 4.

Comparativa de conocimiento.



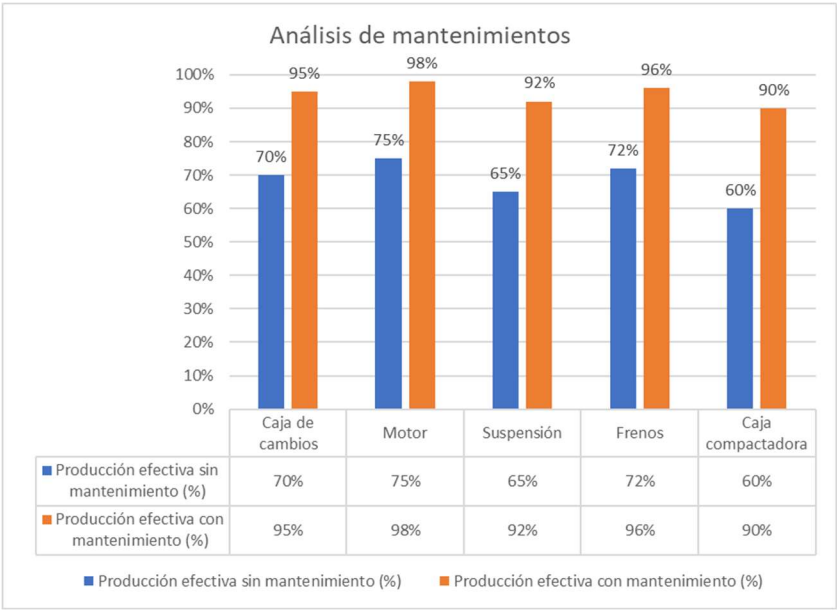
Fuente: Autores

El análisis de los resultados se evidencia una reducción significativa en la frecuencia de fallas mecánicas luego de la capacitación al personal por lo que se traduce en menores tiempos de inactividad y costos operativos más bajos de igual manera la implementación de mantenimientos preventivos y predictivos ha permitido extender la vida útil de los vehículos y mejorar la disponibilidad operativa también la aplicación de inspecciones regulares y el monitoreo en tiempo real han sido clave para la detección temprana de anomalías, evitando averías críticas que afectarían la continuidad del servicio de recolección de residuos sólidos.

Se implementaron rutinas de mantenimiento preventivo que incluyeron el cambio programado de fluidos hidráulicos, utilizando aceites minerales o sintéticos seleccionados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y las condiciones operativas del equipo. Asimismo, se realizaron ajustes mecánicos en componentes mecánicos, como válvulas y bombas, siguiendo las especificaciones técnicas del fabricante, además que la inspección de los sistemas con el fin de garantizar el correcto funcionamiento, por ende, estas acciones permiten no solo optimizar el rendimiento del sistema, sino también prolongar la vida útil de los distintos componentes del vehículo, reduciendo el riesgo de fallas y mejorando la eficiencia operativa, como se muestra en la Figura 5, análisis de mantenimiento la cual muestra la comparativa de los mantenimientos.

Figura 5.

Análisis de mantenimiento.



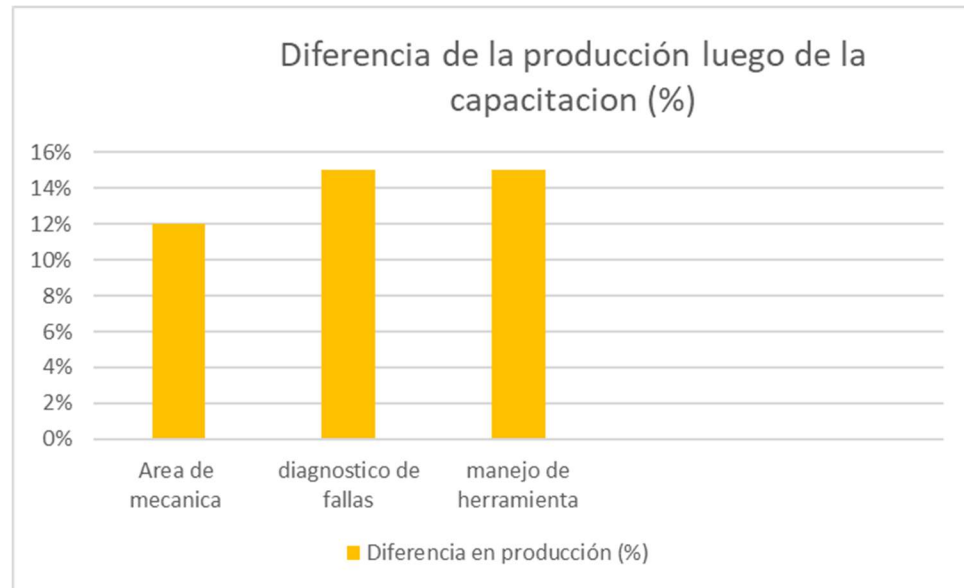
Fuente: Autores

En consecuencia, el aprovechamiento del mantenimiento vehicular no solo mejora la eficiencia operativa, al contrario, también reduce el impacto ambiental derivado del desgaste prematuro de los equipos. Se concluye que la implementación de un plan estructurado de mantenimiento es fundamental para garantizar la sostenibilidad y rentabilidad de las flotas de recolección de residuos sólidos.

Discusión

Figura 6.

Resultados obtenidos.



Fuente: Autores

Los resultados obtenidos evidencian la importancia de la capacitación al personal técnico y la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo en flotas de recolección de residuos sólidos, en primer lugar tenemos un mejor incremento en el conocimiento del área mecánica de 12% lo que demuestra una mejora significativa en la confiabilidad operativa de los vehículos, lo que mejora el entrenamiento especializado del equipo de mantenimiento ha permitido una mejor comprensión de los sistemas mecánicos, hidráulicos y

electrónicos de esta manera optimizando así la detección y solución de fallas antes de que estas se conviertan en problemas críticos.

Asimismo, evidenciamos la disminución del tiempo promedio de inactividad de 48 a 20 horas por falla destaca el impacto positivo de la planificación de intervenciones preventivas, por lo que se nota una reducción del tiempo de reparación implica una mayor disponibilidad de los vehículos para la operación diaria. Este resultado coincide con estudios previos que han demostrado que la aplicación de estrategias de mantenimiento predictivo reduce los tiempos de inactividad y mejora la eficiencia operativa de flotas de servicio público.

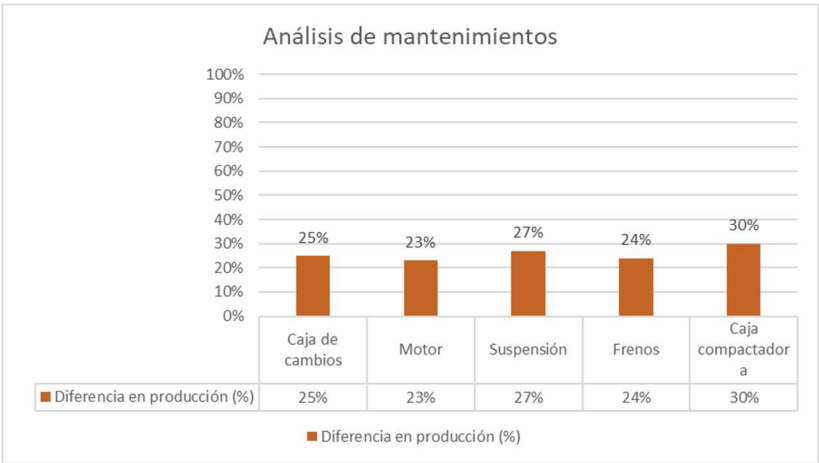
Por otra parte tenemos la disminución del costo promedio de mantenimiento de \$10,000 a \$6,500 mensuales, por lo que se representa una reducción del 35 % en los gastos asociados a fallas mecánicas, mediante este hallazgo se sugiere que la inversión en formación técnica y en programas de mantenimiento preventivo no solo mejora el rendimiento de los vehículos, sino que también genera beneficios económicos a mediano y largo plazo, además la vida útil estimada de los vehículos aumentó de 8 a 12 años por lo que reafirma que la gestión adecuada del mantenimiento se prolonga la operatividad de los equipos y se retrasa la necesidad de renovación de la flota.

Desde una perspectiva operativa, el incremento en la disponibilidad de los vehículos del 80 % al 92 % no solo refleja una mejora sustancial en la continuidad del servicio de recolección de residuos sólidos, sino que también evidencia la efectividad de la implementación de un plan estructurado de mantenimiento. A esto se suma la adquisición de herramientas de diagnóstico

especializadas, las cuales han permitido la identificación temprana de problemas y, en consecuencia, la aplicación de soluciones precisas.

Figura 5.

Resultados obtenidos.



Fuente: Autores

Por otra parte, la mejora en la eficiencia del sistema hidráulico, que ha pasado de un estado bajo a óptimo, indica que la atención a los componentes clave, como válvulas y bombas, ha sido efectiva en la reducción del desgaste prematuro. En este sentido, la selección de aceites minerales o sintéticos acorde con las especificaciones del fabricante y las condiciones operativas ha sido fundamental para este resultado.

En conclusión, los datos analizados confirman que una estrategia integral de mantenimiento basada en capacitación, diagnóstico avanzado y planificación preventiva no solo contribuye significativamente a la reducción de fallas, sino que también mejora la eficiencia operativa y prolonga la vida útil de los vehículos de recolección de residuos sólidos. Adicionalmente, esta estrategia genera ahorros económicos y reduce el impacto ambiental al minimizar el desperdicio de componentes y la necesidad de reemplazos prematuros. Por ello, futuras investigaciones podrían enfocarse en la cuantificación del impacto ambiental y en el análisis de nuevas tecnologías de mantenimiento predictivo, las cuales podrían optimizar aún más la gestión de flotas de servicio público.

Conclusiones

- En conclusión, para garantizar la recolección de residuos sólidos, los vehículos deben estar equipados con tecnología que permita adaptarse a los distintos volúmenes de residuos sólidos, además que mantener estrategias de mantenimiento son esenciales debido a que, de esta manera se garantiza su operatividad con el fin de reducir costos en mantenimientos inesperados, por otra parte, la capacitación del personal es importante ya que garantiza las condiciones de trabajo y mantenimiento.
- Se concluye que la capacitación técnica del personal es un factor clave para la eficiencia del mantenimiento, por lo que, la falta de formación en mecánica aplicada a los vehículos recolectores de residuos sólidos ha afectado la capacidad de operación, sin embargo, los resultados obtenidos tras la implementación de programas de capacitación han sido claramente positivos, ya que se evidenció una disminución significativa en las fallas mecánicas y

una mejora en la operación de la flota, además, esto resalta la importancia de seguir invirtiendo en la capacitación continua del personal técnico con el fin de garantizar una gestión eficiente y sostenible de las flotas, de esta manera se observa la importancia de la implementación de programas formativos que fortalezcan las competencias del personal.

- Para concluir, el mantenimiento preventivo y predictivo son estrategias para alargar la vida útil de los vehículos ya que estos han demostrado ser una estrategia eficaz para reducir tiempos de inactividad, disminuir costos operativos y mejorar el rendimiento de los vehículo, además que los resultados obtenidos muestran que, al implementar estas rutinas, se logró una mejora sustancial en la disponibilidad operativa y en la reducción de fallas, extendiendo la vida útil de los vehículos, es importante considerar que este enfoque como un pilar fundamental para la sostenibilidad y rentabilidad de las flotas de recolección de residuos sólidos.