



**Diagnóstico y Rediseño Del Proceso De Gestión De Mantenimiento de una flota
camiones de carga**

Diego León Gallego Suarez

Jorge Alberto Puerta Herrera

PhD(c) Cristian Rincón Guio

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

Ingeniería Industrial

Bogotá D.C., Colombia

2025

Tabla de contenido

Resumen.....	6
Título.....	9
Planteamiento del problema.....	9
Formulación del Problema.....	9
Descripción De Problema	9
Pregunta de Investigación.....	12
Pregunta principal de investigación	12
sub-preguntas	12
Objetivos.....	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos.....	12
Justificación	13
Estado del arte.....	14
Marco teórico.....	30
Gestión del Mantenimiento en Flotas de Transporte Terrestre.....	30
Fundamentos de la gestión del mantenimiento	30
Tipos de mantenimiento aplicados a flotas de transporte	31
Indicadores clave de gestión de mantenimiento	33
Modelos de gestión aplicables	37
Variables críticas en la operación logística con flotas.....	41
Metodología	52
Enfoque y Diseño de Estudio.....	52
Técnicas e Instrumentos.....	55
Etapas del Estudio.....	56
Resultados	58
Objetivo Específico 1.....	58
Indicadores técnicos a emplear para la evaluación	59
Resultados esperados del análisis técnico.....	62
Objetivo Específico 2.....	63
Objetivo Específico 3.....	66
Enfoque metodológico del rediseño.....	67
Representación gráfica del proceso	70
Objetivo Específico 4.....	72

Importancia de la estandarización en el sistema de mantenimiento	73
Objetivo Específico 5.....	74
Componentes de la estandarización propuesta del proceso de mantenimiento.	78
Discusión y conclusión	83
Diagnóstico técnico-operativo y económico del sistema de mantenimiento	84
Conclusiones	88
Referencias.....	90

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 Árbol del Problema.....	11
Figura 2 MODELO 1 DE ESTRUCTURA	46
Figura 3 MODELO 2 DE ESTRUCTURA	46
Figura 4 CATEGORIAS Y VARIABLES	55
Figura 5 Técnicas e Instrumentos	56
Figura 6 Etapas del Estudio	57
Figura 7 Representación gráfica del proceso	70
Figura 8 Redefinición de roles operativos en el nuevo proceso	71
Figura 9 Lineamientos para la formación del personal técnico	72
Figura 10 Componentes de la estandarización propuesta	74
Figura 11 Dimensiones clave del sistema de evaluación.....	76
Figura 12. Indicadores técnicos de mantenimiento por tipo de vehículo (datos 2024).	77
Figura 13 Componentes de la estandarización propuesta del proceso de mantenimiento	78
Figura 14 Dimensiones clave para la evaluación del sistema de mantenimiento (framework de indicadores de desempeño).	79
Figura 15 Flujograma propuesto para el proceso de mantenimiento "To-Be" de ICOLTRANS BIC	80
Figura 16 Matriz DOFA del área de mantenimiento de flota – ICOLTRANS BIC.	81
Figura 17 Resultados cuantitativos principales – año 2024.....	82

Figura 18 Matriz AMEF del área de mantenimiento de flota – ICOLTRANS

BIC.....77

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo diagnosticar las condiciones actuales en las que se ejecutan las actividades de mantenimiento de la flota de camiones de la empresa ICOLTRANS BIC y evaluar los resultados obtenidos, para identificar oportunidades de optimización en los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo. El diagnóstico se realizará mediante el análisis del desempeño del área de mantenimiento durante los 12 meses del año 2024, periodo en el que la empresa detectó resultados insatisfactorios en indicadores clave (KPI) y en el estado general de los vehículos. Este análisis servirá como línea base para la propuesta de mejoras.

Las principales fuentes de información consideradas incluyen: los KPI registrados en los informes gerenciales del área de mantenimiento, el registro de novedades de mantenimiento pendientes en la flota, y las apreciaciones de los colaboradores (personal de mantenimiento, conductores y áreas operativas relacionadas). Con esta investigación se pretende entregar un diagnóstico completo, junto con conclusiones y recomendaciones que permitan a ICOLTRANS BIC implementar acciones de mejora en sus procesos de mantenimiento, optimizando la disponibilidad de la flota y mejorando el desempeño de los KPI establecidos.

Resultados esperados: A partir del rediseño propuesto, se proyecta elevar la disponibilidad de la flota propia por encima del 95% (frente al ~87% actual) y mejorar la utilización de los vehículos, mediante un incremento en la ejecución de mantenimiento preventivo (cumplimiento programado >90%). Asimismo, se espera reducir los costos operativos de mantenimiento en al menos un 20% (reflejados en el costo por kilómetro), evitando sobrecostos equivalentes a aprox. 5.000 millones de COP anuales. Finalmente, se estima un

periodo de implementación de ~6 meses para llevar a cabo las mejoras propuestas, tras lo cual la empresa empezaría a ver el impacto económico positivo de la optimización del proceso.

Palabras clave: Mantenimiento, Preventivo, Correctivo, KPI, Disponibilidad, MTTR, MTBF, DOFA, AMEF.

Abstract

This study aims to identify the current conditions under which maintenance activities are performed and the results obtained from these processes on the ICOLTRANS BIC truck fleet, in order to provide a diagnosis that highlights opportunities for optimizing preventive and corrective maintenance. For this diagnosis, an analysis of data from the 12 months of 2024 will be conducted, since the company noted unsatisfactory results in key performance indicators (KPIs) and in the overall condition of the vehicles during this period. This analysis will serve as a baseline for proposing improvements.

The main information sources for this research include the maintenance KPIs recorded in management reports, the log of pending maintenance issues for the fleet, and input from direct collaborators in the maintenance area, vehicle drivers, and stakeholders from related departments. The study will deliver a complete diagnosis along with conclusions and recommendations, enabling ICOLTRANS BIC to implement improvements in its maintenance processes to optimize fleet availability and improve established KPI outcomes.

Expected outcomes: The proposed redesign is expected to increase fleet availability to over 95% (up from the current ~87%) and improve vehicle utilization by enhancing preventive maintenance compliance. In addition, maintenance costs are projected to decrease by ~20%,

which will significantly improve operational profitability (e.g., reducing cost-per-kilometer and avoiding an estimated COP \$5 billion in annual excess costs). The implementation of the proposed changes is projected to be carried out over a 6-month period, after which the company should begin to realize the economic benefits of a more efficient maintenance process.

Keywords: Maintenance, Preventive, Corrective, KPI, Availability

Título

Diagnóstico y Rediseño Del Proceso De Gestión De Mantenimiento de una flota

camiones de carga

Planteamiento del problema

Formulación del Problema

Descripción De Problema

La empresa ICOLTRANS BIC cumple un rol estratégico en la cadena logística nacional, brindando soluciones integrales a empresas del sector manufacturero (almacenamiento, maquila, logística inversa, transporte masivo/semimasivo y última milla). Para garantizar su promesa de valor, la compañía cuenta con una red nacional de centros de distribución y una flota propia de más de 320 equipos (incluyendo 122 vehículos automotores y 196 semirremolques).

Actualmente, la operación vehicular realiza en promedio 8.000 viajes mensuales, de los cuales el 45% se cubren con flota propia y el 55% con vehículos de terceros (bajo intermediación autorizada). En este contexto, el desempeño óptimo de la flota propia resulta crítico para mantener altos niveles de cumplimiento operativo. Por esta razón, se ha establecido internamente que indicadores como la disponibilidad y utilización de los vehículos se mantengan por encima del 95%.

No obstante, al cierre del año 2024, se evidenció un deterioro en los principales indicadores de gestión de mantenimiento de la flota:

- Disponibilidad promedio anual: ~87% (meta >95%).
- Utilización de la flota: ~90% (porcentaje de tiempo los vehículos en operación).
- Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo: ~75% (frecuencia de actividades preventivas realizadas vs. programadas).

- Presupuesto de mantenimiento: excedido en ~30% sobre lo planificado.

Estos resultados han generado un incremento significativo en el costo por kilómetro (CPK) operado, afectando la rentabilidad del negocio y generando riesgos de incumplimiento en el servicio a los clientes. De hecho, el sobrecosto acumulado en 2024 equivale a aproximadamente \$5.400 millones de pesos por encima del presupuesto, producto de mayores gastos en reparaciones de emergencia, alquiler de vehículos externos para suplir la baja disponibilidad y penalidades contractuales por retrasos. Al comparar este desempeño con el de empresas similares del sector transporte, se evidencia que ICOLTRANS BIC presenta menores niveles de disponibilidad y mayores costos operativos, situándose por debajo de los estándares competitivos de la industria (donde típicamente la disponibilidad de flota supera el 90-95% y los sobrecostos por mantenimientos imprevistos se minimizan).

El análisis causa-efecto realizado indica una relación directa entre la baja ejecución de mantenimientos preventivos y el aumento de paradas no programadas, lo cual compromete la disponibilidad de los vehículos. Esta situación repercute negativamente en la capacidad operativa para atender la demanda, incrementando costos asociados a reprocesos, alquiler de terceros y penalidades, y afectando la satisfacción de los clientes. Adicionalmente, se identifican factores organizacionales que agravan el problema, tales como: fragmentación en la planeación operativa, falta de integración entre las áreas de mantenimiento y logística, ausencia de herramientas digitales para el seguimiento de activos, y capacitación limitada del personal técnico en estándares modernos de mantenimiento predictivo.

Ante este panorama, resulta imprescindible realizar un diagnóstico integral del sistema de gestión de mantenimiento de la flota propia (tomando como base el comportamiento operativo de 2024). Dicho análisis permitirá establecer un rediseño del plan de mantenimiento, orientado a

elevant la disponibilidad y utilización de los vehículos, optimizar los recursos asignados y garantizar la sostenibilidad operativa y financiera del servicio logístico que ofrece ICOLTRANS BIC. En esencia, el problema central identificado es la gestión deficiente del mantenimiento de la flota, cuyas causas técnicas y organizacionales subyacentes deben abordarse para evitar consecuencias operativas y económicas mayores en el corto plazo.

Árbol del Problema – ICOLTRANS BIC

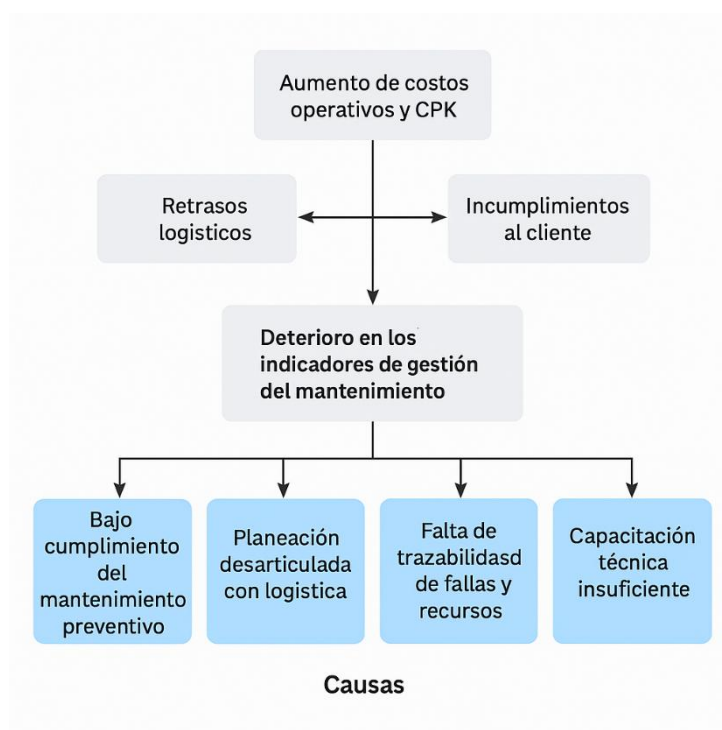


Figura 1 Árbol del Problema

El siguiente diagrama ilustra el problema central identificado en la gestión del mantenimiento de flota en ICOLTRANS BIC, sus principales causas técnicas y organizacionales, así como las consecuencias derivadas a nivel operativo y financiero.

Pregunta de Investigación

Pregunta principal de investigación

¿Qué variables afectan el cumplimiento del plan de mantenimiento de la flota propia de ICOLTRANS BIC y cómo deben gestionarse para alcanzar los objetivos de disponibilidad y eficiencia operativa definidos en los KPIs?

sub-preguntas

¿Con qué KPIS se debe medir la gestión de mantenimiento de la flota?

¿Cuál debe ser la meta del indicador de disponibilidad teniendo en cuenta los recursos con que cuenta la compañía?

¿Qué factores se deben tener en cuenta para el diseño y la implementación del nuevo plan de mantenimiento de la flota?

¿La proporción de la flota es la adecuada para la operación?

Objetivos

Objetivo General

Diagnosticar técnica y organizacionalmente el sistema de mantenimiento vehicular de la empresa ICOLTRANS BIC, con el fin de diseñar un proyecto de reestructuración integral que optimice la disponibilidad de la flota, reduzca los costos operativos y fortalezca la gestión de recursos humanos y técnicos bajo principios de mejora continua.

Objetivos Específicos

1. Evaluar el desempeño actual del sistema de mantenimiento utilizando indicadores técnicos (disponibilidad, MTTR, MTBF, costo por kilómetro, cumplimiento presupuestal), identificando desviaciones frente a estándares internos y del sector.
2. Diagnosticar las principales causas de ineficiencia mediante herramientas de análisis como matriz DOFA, análisis causa-raíz, AMEF y matriz de criticidad.
3. Rediseñar el proceso de mantenimiento vehicular, incorporando mejoras en la estructura organizacional, protocolos técnicos, perfiles de cargo y formación del personal operativo.
4. Estandarizar políticas y procedimientos para el mantenimiento preventivo y correctivo, alineados con sistemas de gestión de calidad (ISO 9001) y gestión de activos físicos (ISO 55000).
5. Implementar un sistema de monitoreo de desempeño basado en KPIs logísticos y de mantenimiento, que permita la toma de decisiones con base en datos y asegure la mejora continua.

Justificación

Las estructuras organizacionales deben ser dinámicas en sus procesos y cada determinado tiempo realizar ajustes y actualizaciones que le permitan identificar variables que no estén alineadas con la realidad de la empresa o con el objetivo trazado, más aún cuando se tratan de procesos que hacen parte de su estructura misional como es el caso del mantenimiento de la flota vehicular para una empresa cuya actividad principal se basa en el transporte de mercancías en estos vehículos, de acuerdo con esto, el desarrollo de esta investigación se hace de carácter

importante para la empresa ICOLTRANS BIC ya que de esta saldrán aportes valiosos que permitirán a la organización mejorar sus procesos y así cumplir sus objetivos cruciales.

Estado del arte

Para el desarrollo del estado del arte del proyecto en ejecución, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de tesis académicas, artículos científicos, investigaciones especializadas y páginas web relevantes, enfocadas en la gestión y administración del mantenimiento de flotas de activos vehiculares en empresas. El objetivo principal fue identificar, analizar y proponer un plan de mantenimiento acorde a las mejores prácticas del sector.

Las fuentes de información consultadas en Google Scholar y biblioteca scopus, bases de datos académicas especializadas, y recursos web tanto a nivel nacional como internacional, permiten una visión comparativa de los enfoques aplicados en distintos contextos territoriales. Esta revisión permitió consolidar las bases teóricas y metodológicas necesarias para sustentar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la flota de ICOLTRANS BIC.

REFERENCIA 1

Título:

Modelo gerencial de mantenimiento para flotas de transporte pesado

Autores:

Manuel Peralta Ruiz

Objetivo:

Desarrollar un modelo gerencial de mantenimiento para flotas de transporte pesado, enfocándose en la estructuración de programas de mantenimiento preventivo detallados para garantizar la operatividad de los vehículos.

Tema:

Gestión del mantenimiento preventivo y correctivo de flotas de transporte pesado.

Sector:

Sector transporte pesado / Logística y operaciones de flota.

País:

Colombia

Metodología:

Desarrollo de una monografía basada en la descripción detallada de procedimientos de mantenimiento, asociando órdenes de trabajo, reportes de condición de equipo y recomendaciones de fabricantes.

Variable:

- Procedimientos de mantenimiento correctivo.
- Inspecciones de vehículos.
- Reportes de condiciones de la maquinaria.
- Documentación técnica (planos, manuales, cartas de condiciones).

Resultados principales:

- Se propone un programa de mantenimiento preventivo estructurado y documentado, que incluye órdenes de trabajo detalladas, rutas de lubricación, ajustes, calibraciones, y pruebas.

- Se sugiere también la creación de hojas de inspección específicas para cada recorrido de los vehículos.
- Se destaca la importancia de asociar procedimientos técnicos directamente a las órdenes de trabajo.

Implicaciones de los resultados:

Implementar procedimientos estandarizados mejora la eficiencia operativa de la flota, minimiza tiempos de inactividad, optimiza costos de reparación, y garantiza condiciones seguras de operación.

Conclusiones:

- Un modelo de mantenimiento gerencial estructurado ayuda a gestionar adecuadamente el ciclo de vida de los vehículos de transporte pesado.
- Es esencial documentar detalladamente cada actividad de mantenimiento para mejorar la trazabilidad y la toma de decisiones.

Limitaciones:

- El modelo propuesto depende de la disponibilidad de información técnica actualizada de los fabricantes.
- Requiere un nivel de capacitación del personal de mantenimiento para implementar y seguir los procedimientos estandarizados.
- Puede implicar inversión inicial en diseño de formatos y formación.

REFERENCIA 2**Título:**

Modelo gerencial de mantenimiento para la flota de tractocamiones Tractocarga Ltda.

Autor:

Ingeniero Henry Cano Moreno

Objetivo:

Proponer y documentar un modelo de mantenimiento específico que garantice la correcta ejecución de actividades críticas relacionadas con el desmontaje, montaje, reparación y rotación de llantas en la flota de tractocamiones de Tractocarga Ltda., para prevenir fallas y asegurar el normal funcionamiento de los vehículos.

Tema:

Gestión del mantenimiento de llantas en flotas de transporte pesado.

Sector:

Transporte de carga terrestre.

País:

Colombia

Metodología:

Monografía de investigación aplicada (propuesta de modelo gerencial basada en análisis de procesos de mantenimiento, mejores prácticas y recomendaciones técnicas).

Variables:

- Actividades de desmontaje, montaje, reparación y rotación de llantas.
- Responsabilidad del gestor de flota y área de monta llantas.
- Seguimiento y control del mantenimiento de llantas.
- Integridad del operador y carga como resultado del estado de las llantas.

Resultados principales:

- Se recomienda crear y documentar un instructivo detallado para la ejecución de las actividades relacionadas con las llantas.
- Se establece la responsabilidad directa de los gestores de flota y del área de monta llantas en la implementación y seguimiento del proceso.
- Se resalta la importancia crítica del mantenimiento de llantas para la seguridad operativa y la eficiencia de la flota.

Implicaciones de resultados:

- Mejorar la seguridad de la operación y proteger la integridad del operador y de la carga.
- Incrementar la eficiencia de la flota reduciendo tiempos de inactividad y costos asociados a fallas de llantas.
- Fundamentar la necesidad de contar con personal especializado y software para gestionar el mantenimiento de llantas.

Conclusiones:

- El mantenimiento adecuado de llantas es fundamental para el correcto desempeño y seguridad de la flota.
- La implementación de procedimientos documentados y personal especializado contribuye significativamente a la reducción de riesgos y mejora la eficiencia operativa.
- Limitaciones:
- El análisis se centra en una sola empresa (Tractocarga Ltda.), lo que podría limitar la generalización del modelo propuesto a otras compañías con diferentes tamaños o contextos operativos.

- No se presentan datos cuantitativos o métricas de desempeño post-implementación en el fragmento proporcionado.
- No se presentan datos cuantitativos o métricas de desempeño post-implementación en el fragmento proporcionado.

REFERENCIA 3

Título:

Importancia del transporte en las cadenas logísticas modernas

Autores:

Canseco Talavera

Objetivo:

Destacar las características esenciales de las cadenas logísticas modernas y la importancia crítica del transporte dentro de ellas, orientando su optimización hacia la rentabilidad.

Tema:

Relación entre el transporte y el desempeño de las cadenas logísticas; recomendaciones para fortalecer su papel en la operación logística.

Sector:

Logística y transporte.

País:

México

Metodología:

Análisis conceptual basado en observación de las tendencias actuales de las cadenas logísticas y su relación con la operación de transporte (enfoque descriptivo).

Variable:

- Visibilidad de la cadena logística.
- Velocidad de respuesta.
- Flexibilidad operativa.
- Constancia en la operación.
- Confiabilidad de los procesos.
- Rentabilidad logística.
- Fill rate (nivel de cumplimiento de pedidos).
- Niveles óptimos de inventario.
- Costos logísticos.

Resultados principales:

Una cadena logística que cumpla con ser visible, veloz, flexible, constante y confiable automáticamente se vuelve rentable.

El transporte es crucial para el logro de los indicadores clave: fill rate, inventarios y costos.

La operación de transporte debe participar activamente en los esquemas colaborativos de la cadena.

Implicaciones de los resultados:

La correcta gestión del transporte, incluyendo estrategias como el mantenimiento preventivo, impacta directamente en la eficiencia logística y la competitividad de las organizaciones.

Conclusiones:

El transporte no debe verse como un actor pasivo en la logística, sino como un protagonista que requiere planeación estratégica, participación activa y constante evolución para fortalecer el desempeño de toda la cadena de suministro.

Limitaciones:

El artículo presenta un enfoque general, sin estudio de caso o datos cuantitativos que respalden las afirmaciones.

Se basa en observaciones conceptuales más que en investigación empírica detallada

REFERENCIA 4

Título:

Implementación de un Software para la Gestión del Mantenimiento de Flotas en SuperGiros

Autores:

Jorge Alberto Puerta Herrera

Objetivo:

Mostrar cómo la implementación de un software especializado permite llevar un control integral de las tareas de mantenimiento en flotas de vehículo liviano, incluyendo permisos, seguros, reparaciones, inventario y gestión de llantas.

Tema:

Gestión de mantenimiento de flotas de transporte mediante software especializado.

Sector:

Transporte de seguridad (flotas de camionetas Toyota).

País:

Colombia

Metodología:

Enfoque práctico en la implementación y control de software de mantenimiento de flotas.

Variables:

Horas, kilómetros y días entre revisiones.

Órdenes de trabajo generadas.

Historial de reparaciones.

Gestión de ruedas (posición, tipo, fecha, marca, modelo).

Resultados Principales:

- Control total sobre el mantenimiento preventivo y correctivo.
- Mejora en la trazabilidad de reparaciones y cambios de neumáticos.
- Facilitación de la facturación de trabajos de taller.
- Seguimientos a las actividades realizadas (Históricos)
- Implicaciones de los resultados:
- La implementación de un software de gestión mejora notablemente el control operativo, optimiza los costos de mantenimiento y alarga la vida útil de los activos de la flota, especialmente en la gestión de llantas y control de actividades.

Conclusiones:

El uso de un sistema especializado de mantenimiento es una herramienta clave para lograr una gestión eficiente de flotas, ya que automatiza y centraliza procesos críticos.

Limitaciones:

- No se especifican detalles del software utilizado (marca, características técnicas).
- No se expone un análisis económico (coste-beneficio) de la implementación.
- No se menciona la posible resistencia al cambio por parte de los usuarios

- Faltan datos cuantitativos que respalden los beneficios mencionados.

REFERENCIA 5

Título:

Importancia de una adecuada organización del mantenimiento para asegurar la disponibilidad de la flota.

Autores:

Ingeniero Martín Cobos Macarena.

Objetivo:

Explicar cómo una falta de mantenimiento prolongada genera averías costosas y cómo establecer una correcta organización del mantenimiento para prevenir fallas y asegurar la disponibilidad de los vehículos.

Tema:

Gestión del mantenimiento preventivo en flotas de vehículos.

Sector:

Sector transporte y logística (gestión de flotas de vehículos).

País:

España

Metodología:

Análisis teórico basado en experiencia práctica y revisión de principios de organización del mantenimiento de flotas.

Variables:

- Disponibilidad del vehículo.
- Costos de reparación.

- Recursos humanos para el mantenimiento.
- Recursos materiales para el mantenimiento.
- Organización del mantenimiento (interno o externo).
- Tamaño de la flota y actividad de la empresa.

Resultados principales:

- La falta de mantenimiento prolongado genera no solo una falla puntual sino daños en piezas relacionadas, aumentando los costos de reparación.
- Una correcta planificación de mantenimiento permite controlar preventivamente el estado de los vehículos, evitando paradas prolongadas y reemplazos de unidades.
- La organización del mantenimiento depende del tamaño de la flota, el tipo de servicio prestado y los recursos disponibles.
- Se puede optar entre mantenimiento interno o externalizado según los recursos económicos y logísticos de la empresa.

Implicaciones de los resultados:

Implementar un plan de mantenimiento estructurado y preventivo mejora la disponibilidad de la flota, reduce los costos a largo plazo y optimiza la operación logística de las empresas.

Conclusiones:

El mantenimiento preventivo debe ser una prioridad estratégica para las empresas de transporte.

Definir métodos, recursos humanos y materiales adecuados es esencial para el éxito del programa de mantenimiento.

Externalizar o realizar el mantenimiento internamente dependerá de la capacidad económica y operativa de cada empresa.

Limitaciones:

El artículo es de tipo conceptual, basado en observaciones generales, no presenta estudios de caso reales ni análisis cuantitativos específicos.

Puede no considerar todas las variables que afectan en distintos países o sectores de transporte especializado

REFERENCIA 6

Título:

Implementación de plataformas CMMS para optimizar el mantenimiento preventivo en empresas logísticas colombianas.

Autores:

López Cárdenas, Julián; Sánchez Gaitán, Andrea.

Objetivo:

Evaluar el impacto operativo y financiero de la adopción de software CMMS en la planificación, trazabilidad y ejecución del mantenimiento en flotas medianas y grandes.

Tema:

Digitalización y control del mantenimiento con CMMS.

Sector:

Logística y transporte terrestre en Colombia.

País:

Colombia.

Metodología:

Estudio de caso múltiple aplicado a tres empresas de transporte intermunicipal (2020–2022).

Recolección de datos mediante entrevistas, análisis documental, y revisión de KPIs antes y después de la implementación.

Variables:

- Cumplimiento de mantenimiento preventivo (%).
- Costos por kilómetro (CPK).
- Tiempo medio entre fallas (MTBF).
- Tiempos de reparación (MTTR).
- Uso de herramientas digitales.

Resultados principales:

- Aumento del cumplimiento del mantenimiento programado del 62% al 91% en promedio.
- Reducción del CPK en un 17%.
- Mejora en el MTBF (más días entre fallas críticas).
- El sistema permitió consolidar historiales técnicos, reducir reprocesos y mejorar la planeación operativa.

Implicaciones de los resultados:

El uso de plataformas CMMS como Fractal y SISMA permite profesionalizar el mantenimiento en el transporte, facilitando auditorías y toma de decisiones.

Conclusiones:

La implementación de software de gestión de mantenimiento mejora sustancialmente la trazabilidad, reduce errores operativos y optimiza los recursos técnicos y económicos.

Limitaciones:

El estudio se concentra en empresas con capacidad tecnológica media; no aplica directamente a organizaciones rurales o con flotas dispersas sin conectividad digital.

REFERENCIA 7**Título:**

Transformación digital del mantenimiento vehicular: integración de IoT y telemetría para predicción de fallas.

Autores:

Flórez Quintero, Andrea; Cardona Valencia, Darío.

Objetivo:

Analizar los beneficios del mantenimiento predictivo utilizando tecnologías emergentes como IoT y sensores remotos en flotas urbanas.

Tema:

Mantenimiento 4.0 y predicción de fallas con datos en tiempo real.

Sector:

Transporte urbano (Bogotá, Medellín).

País:

Colombia.

Metodología:

Estudio experimental en buses urbanos que integraron sensores de motor, frenos y temperatura durante 8 meses.

Variables:

- Tiempo entre fallas (MTBF).
- Tiempos de diagnóstico.
- Costo de intervenciones preventivas vs. correctivas.
- Frecuencia de fallas por tipo de componente.

Resultados principales:

- Reducción del tiempo de diagnóstico en un 40%.
- Incremento del MTBF en más del 25% al anticiparse a fallas por temperatura o vibración.
- Menores gastos en repuestos críticos gracias a intervención temprana.

Implicaciones de los resultados:

La incorporación de IoT permite realizar mantenimiento predictivo, reducir costos, y planificar las intervenciones sin afectar la operación logística.

Conclusiones:

La tecnología es una aliada clave para las empresas de transporte que buscan eficiencia operativa y disponibilidad máxima.

Limitaciones:

La inversión inicial es alta y requiere personal capacitado en lectura e interpretación de datos digitales.

REFERENCIA 8

Título:

Benchmarking de mantenimiento en empresas de transporte intermunicipal: análisis comparativo de indicadores técnicos.

Autores:

Gómez, Laura; Rentería, Gustavo.

Objetivo:

Comparar el desempeño en mantenimiento de flota entre cinco empresas de transporte intermunicipal para establecer puntos de mejora común.

Tema:

Indicadores de desempeño técnico y benchmarking.

Sector:

Transporte intermunicipal (Eje Cafetero y Antioquia).

País:

Colombia.

Metodología:

Análisis comparativo de indicadores MTBF, MTTR, disponibilidad, cumplimiento de mantenimiento preventivo y CPK.

Variables:

- Disponibilidad (%)
- MTTR (horas)
- MTBF (días)
- Costo/km
- N° de mantenimientos no programados

Resultados principales:

- Empresas con protocolos estandarizados tienen 15% más disponibilidad.
- Las que tercerizan mantenimiento sin control muestran mayores MTTR y sobrecostos.
- El cumplimiento del mantenimiento preventivo se relaciona directamente con el CPK.

Implicaciones de los resultados:

El benchmarking permite identificar buenas prácticas replicables, como el uso de formatos estandarizados, control de inventarios y reportes automáticos.

Conclusiones:

El desempeño en mantenimiento mejora cuando existe control técnico, planificación centralizada y seguimiento mediante indicadores.

Limitaciones:

Algunas empresas no compartieron todos los datos por razones de confidencialidad; el análisis se concentró en empresas formales con flotas mayores a 40 vehículos.

Marco teórico**Gestión del Mantenimiento en Flotas de Transporte Terrestre****Fundamentos de la gestión del mantenimiento**

La gestión del mantenimiento en el contexto industrial y logístico es fundamental para garantizar la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de los activos físicos. Según la Norma ISO 55000, el objetivo de la gestión de activos —que abarca el mantenimiento— es centrado en lograr el máximo valor de los activos en todo el ciclo de vida de ellos balanceando los costos, riesgos y desempeño. En el caso de flotas de transporte, este proceso alcanza un nivel de importancia estratégica debido al impacto que tiene sobre la continuidad operativa, la satisfacción al cliente y

la rentabilidad de la organización. Como mencionan Smith y Hinchcliffe, el mantenimiento no es una actividad marginal correctiva, sino una función gerencial que requiere planificación, recursos, talento humano capacitado y herramientas tecnológicas cuyo propósito es conservar las condiciones de operación de los equipos, evitar fallas costosas y reducir inactividad. La Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Mantenimiento define el mantenimiento como “todas las actividades técnicas, administrativas y management llevadas a cabo con el propósito de conservar un activo, o restaurarlo al estado en el cual puede llevar a cabo su función requerida”. A través de esta definición es posible inferir que el mantenimiento tiene dos facetas, una preventiva y una correctiva, siendo transversal para organizaciones sustentadas en máquinas móviles, como las empresas de transporte. En el ámbito flotas vehiculares, el mantenimiento tiene un rol vital para la sostenibilidad operativa. Aunque su rol es velar por la operación técnica de los equipos de transporte, el mantenimiento tiene como objetivo también garantizar la operación legal en cuanto a seguridades e impacto medioambiental. En este sentido, un sistema de mantenimiento integral debe contar con una base tecnológica que provea de información para la toma de decisiones, la cual puede ser integrada con los sistemas de planificación logística y dispositivos TIC como sistemas GMAO o plataformas de telemetría.

Tipos de mantenimiento aplicados a flotas de transporte

Los sistemas de mantenimiento pueden clasificarse de acuerdo con la naturaleza de las acciones realizadas y el momento en que se ejecutan frente a la ocurrencia de fallas. En el ámbito de las flotas de transporte, los cuatro tipos principales de mantenimiento son: correctivo, preventivo, predictivo y basado en condición. Cada uno responde a necesidades específicas y presenta ventajas y limitaciones según el contexto operativo.

Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento se realiza una vez que se ha producido una falla en el equipo. Es el enfoque más básico y reactivo, y aunque puede parecer económico en el corto plazo, suele generar elevados costos indirectos por inactividad, deterioro del servicio y riesgos de seguridad (Mobley, 2020). En flotas de transporte, depender únicamente del correctivo puede implicar la pérdida de viajes programados, incumplimientos contractuales y desgaste prematuro de componentes.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se fundamenta en la planificación periódica de intervenciones, según criterios como kilometraje recorrido, tiempo de uso o ciclos de operación. Su objetivo es evitar la ocurrencia de fallas mediante inspecciones, ajustes, lubricaciones y reemplazos programados (Díaz & Rodríguez, 2022). En el sector del transporte terrestre, es el tipo de mantenimiento más utilizado, ya que permite prever recursos, minimizar paradas imprevistas y prolongar la vida útil de los vehículos.

Mantenimiento predictivo

Este enfoque se basa en la utilización de datos ya sea obtenidos mediante sensores, registros históricos y, en general, análisis estadístico, para anticipar el momento más probable de fallo de un componente. Como se mencionó anteriormente, con esta técnica se puede actuar incluso justo antes de que se produzca la falla, de esta forma se ahorran recursos y se evitan mantenimientos innecesarios diligentemente. En las flotas actuales, el mantenimiento dependiente se apoya, por ejemplo, en herramienta como la telemetría, análisis de la vibración, temperatura, presión, y otros parámetros que permiten generar la alerta de forma automática.

Mantenimiento basado en condición (CBM)

El mantenimiento basado en condición combina elementos del mantenimiento preventivo y predictivo, y se basa en la supervisión continua del estado del activo. A diferencia del mantenimiento preventivo —que se ejecuta en intervalos fijos— el CBM interviene cuando se detectan señales específicas de deterioro (Etiemble & Christophe, 2020). En flotas vehiculares, este modelo se implementa mediante el monitoreo de parámetros clave como el desgaste de frenos, la temperatura del motor o la presión de neumáticos, lo que permite una mayor eficiencia operativa y reducción de fallas catastróficas.

Comparación práctica

En la gestión moderna de flotas, estos tipos de mantenimiento no se excluyen mutuamente. De hecho, muchas organizaciones aplican esquemas híbridos donde se combinan rutinas preventivas periódicas con módulos de predicción basados en datos en tiempo real (Ruiz & Salinas, 2021). Esta sinergia busca lograr el equilibrio óptimo entre costos, confiabilidad y disponibilidad.

Indicadores clave de gestión de mantenimiento

El desempeño también es medible, y el monitoreo de los indicadores comenzará a orientar los esfuerzos del equipo hacia indicadores formales. Según Mobley 2020, la identificación, seguimiento y análisis de los indicadores técnicos y financieros en el proceso de mantenimiento y reparación permitirá a las empresas mejorar significativamente la eficacia de los recursos, aumentar la operatividad operativa de los fondos y garantizar la toma de decisiones eficaces basadas en evidencias observadas”. En el caso de las flotas de transporte, la importancia práctica de monitorear estos indicadores radica en la posibilidad de rastrear las condiciones técnicas de los

vehículos, prever qué ya está sucediendo y cumplir con los compromisos logísticos. Los cinco principales indicadores de eficacia y eficiencia de las estrategias de mantenimiento, según las publicaciones especializadas, son: tiempo medio entre fallos y reparaciones, disponibilidad técnica, porcentaje de costo de mantenimiento en facturación y porcentaje de costo de mantenimiento en valor de reemplazo. Estos indicadores establecen el nexo entre el desempeño técnico, la vida útil y el impacto económico de la sostenibilidad del mecanismo en su conjunto y son esenciales para la mejora continua.

Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)

El MTBF, que es el Mean Time Between Failures, es otro indicador que proporciona una medida de cuánto puede depender de un equipo o sistema al expresar el tiempo promedio de operación transcurrido entre dos fallas consecutivas. En otras palabras, se obtiene al dividir el tiempo total de operación de un activo por la cantidad de fallos ocurridos en el mismo. En el caso de un entorno de transporte, este indicador refleja directamente la estabilidad técnica de los vehículos y la efectividad de las medidas de mantenimiento rutinario. Smith y Hinchcliffe indica que un alto número de MTBF indica que los activos funcionan bien durante un período prolongado, lo cual es crucial para la flota vehicular, donde la puntualidad de los viajes y la continuidad del servicio dependen de la fiabilidad mecánica.

Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

El otro indicador es el tiempo medio entre reparaciones, Mean Time to Repair. Este es un indicador orientado a la mantenibilidad ya que se propone medir el tiempo promedio que demora devolver a un activo a condiciones operativas luego de una falla. Este índice se obtiene como el tiempo total de reparaciones entre la cantidad de reparaciones. Su valor reflejará un MTTR bajo si

la empresa es eficiente en ejecutar las reparaciones, capacitó técnicamente al personal, los repuestos llegan a tiempo y la logística de atención de fallas es eficiente, entre otros factores. En un sistema de transporte una disminución sostenida del MTTR indica que el sistema de mantenimiento está funcionando bien y que los vehículos no están mucho tiempo sin operar o muy dispersos y sin operar; con ello, se reducen los costos asociados a las paradas mientras se mantiene el compromiso logístico. (Medina et al., 2021).

Disponibilidad Técnica

La disponibilidad es un indicador que integra las variables de confiabilidad (MTBF) y mantenibilidad (MTTR), proporcionando una medida compuesta de la capacidad de los activos para estar operativos cuando se los requiere. La fórmula más comúnmente utilizada para su cálculo combina ambos indicadores de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100$$

Este valor, expresado en porcentaje, representa la proporción del tiempo total en que el equipo está disponible para su uso respecto al tiempo total de operación. En empresas de transporte, mantener niveles de disponibilidad por encima del 95 % es una práctica estándar, especialmente en operaciones que dependen de horarios estrictos, transporte de mercancías perecederas o cumplimiento de contratos con penalizaciones por demoras.

Según Rastegari et al. (2017), la disponibilidad técnica constituye uno de los indicadores de desempeño más críticos para la toma de decisiones en la gestión de flotas, ya que permite establecer la efectividad general del sistema de mantenimiento y su impacto en la operación.

Costo de Mantenimiento sobre Facturación (CMF)

En términos financieros, el indicador CMF -Cost of Maintenance to Revenue- representa la proporción de los ingresos de una organización que se destinan a actividades de mantenimiento. Su fórmula calcula la relación entre el costo total de mantenimiento ejecutado en un periodo específico y la facturación bruta generada por la operación en el mismo intervalo, y se expresa como porcentaje. Este indicador permite detectar la eficiencia económica de la estrategia de mantenimiento. Un valor alto del CMF confirma una sobrecarga financiera que está asociada a prácticas ineficientes, activos obsoletos, y mala o inexistente planificación. A su vez, un valor bajo muestra que no se está invirtiendo lo suficiente en mantenimiento, lo que usualmente se correlaciona con fallas repetidas y un rápido deterioro de los activos. En empresas de transporte, el CMF ayuda a determinar tarifas, presupuestos y la priorización de la renovación de flota. (Díaz & Rodríguez, 2022).

Costo de Mantenimiento sobre Valor de Reposición (CPMV)

Finalmente, el CPMV (*Cost of Maintenance to Replacement Value*) es un indicador técnico-financiero utilizado para analizar la conveniencia de continuar con el mantenimiento de un activo frente a la alternativa de su reemplazo. Se obtiene al dividir el costo acumulado de mantenimiento durante un periodo por el valor de reposición del equipo.

Este índice resulta particularmente útil para la gestión de activos de alta criticidad y elevado costo de adquisición. Valores superiores al 10 % o 15 % suelen ser señales de alerta que indican que el activo está entrando en una fase de deterioro estructural, en la cual el mantenimiento deja de ser rentable. En tales casos, el CPMV se convierte en una herramienta de soporte para la toma

de decisiones en cuanto a la renovación de la flota o la incorporación de tecnologías más eficientes (Al-Najjar & Alsyouf, 2003).

En resumen, estos indicadores son solo una pequeña parte de un sistema de medición integrado en el que se toman medidas tanto técnicas como económicas para juzgar la eficiencia del mantenimiento, estos indicadores se implementaran siempre y cuando sean utilizados en un ambiente de soporte de la información, dicho de otro modo, necesariamente detrás de un mantenimiento asistido por ordenador para garantizar la trazabilidad, el seguimiento temporal y la facilidad de presentación de informes para la gerencia.. La integración de estos indicadores en los tableros de control operativos es una práctica recomendada en modelos de mejora continua y en la aplicación de estándares internacionales como la ISO

Modelos de gestión aplicables

Esta evolución ha conllevado al desarrollo de modelos basados en técnicas, metódicas y consideraciones organizacionales y estratégicas con el principal objetivo de mejorar la confiabilidad de los equipos, disminuir los costos de operación y maximizar la performance de los activos. Estos modelos evalúan la realización de las actividades de mantenimiento bajo los criterios de eficiencia y efectividad, sino que también estimulan la estandarización, la automatización de procesos y la toma de decisiones basadas en la información técnica real. Como señalado anteriormente, en el transporte terrestre de flotas, estos son Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad/Reliability Centered Maintenance; Mantenimiento productivo Total/Total Productive Maintenance y Mantenimiento Lean, y el marco de gestión de activos mencionado bajo la norma ISO 55000 y relacionado con el mantenimiento. El análisis detallado de cada uno se proporciona en la sección adecuada.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

El modelo de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (*Reliability Centered Maintenance*, RCM) fue desarrollado originalmente en la industria aeronáutica, y posteriormente adaptado a sectores como el transporte, la energía y la manufactura. Según Moubray (2002), el RCM es un proceso estructurado que busca garantizar que los sistemas continúen cumpliendo sus funciones en un contexto operacional definido, mediante la identificación sistemática de modos de falla y la selección de tareas de mantenimiento adecuadas.

Este modelo parte del análisis funcional del activo, el estudio de modos de falla (FMEA), la evaluación de consecuencias y la selección de políticas de mantenimiento adecuadas a cada contexto. En flotas vehiculares, su implementación permite focalizar esfuerzos de mantenimiento en componentes críticos —como motores, sistemas de frenos o transmisión— donde una falla puede comprometer la seguridad, la disponibilidad y el cumplimiento regulatorio.

El RCM aporta valor al permitir que los recursos técnicos y financieros se asignen racionalmente, reduciendo tareas innecesarias y priorizando intervenciones que realmente previenen fallas funcionales (Moubray, 2002; Medina et al., 2021).

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM (*Total Productive Maintenance*) es un enfoque integral desarrollado por Seiichi Nakajima en Japón, que busca maximizar la eficiencia de los equipos a través de la participación activa de todo el personal de la organización, desde los operarios hasta la alta gerencia (Nakajima, 1989). Este modelo combina mantenimiento preventivo, predictivo y autónomo, con la capacitación continua del personal y la eliminación sistemática de pérdidas.

El TPM se estructura en ocho pilares fundamentales, entre los cuales destacan el mantenimiento autónomo, la mejora enfocada (kaizen), el mantenimiento planificado y el desarrollo de competencias. En el contexto de flotas de transporte, este enfoque permite empoderar a los conductores y técnicos de operación en tareas básicas de inspección, detección temprana de fallas y mantenimiento de primer nivel, fomentando una cultura organizacional orientada a la calidad y la mejora continua.

Uno de los principales aportes del TPM en empresas de transporte es la reducción de tiempos de inactividad no programados, el aumento de la vida útil de los activos móviles y la mejora del clima organizacional al integrar a los trabajadores en la gestión de sus propios equipos (Ruiz & Salinas, 2021).

Mantenimiento Lean

Según Hernández et al. (2020), Mantenimiento Lean es una adaptación a la aplicación al mantenimiento de los principios del “pensamiento esbelto” o lean manufacturing base en la eliminación de desperdicios, optimización de los flujos de trabajo y mejora continua de procesos tanto técnicos como administrativos; sus principales herramientas metodológicas son el mapa de flujo de valor, las 5S, el análisis de causa raíz y la estandarización de tareas entre otros. Hernández et al. sostiene que el Mantenimiento Lean busca además el maximizar el valor agregado de cada actividad de mantenimiento, reduciendo tiempos muertos, movimientos innecesarios, inventario de repuestos y trabajos redundantes. Dicha metodología, aplicada a la flota, permitiría diseñar procesos eficientes de atención técnica, reducir los ciclos de reparación y mejorar la trazabilidad de fallas. Su fortaleza radica en el enfoque participativo en la visualización clara de los procesos a través de indicadores visibles y la capacidad de detección de oportunidades de mejora a partir de

datos fidedignos del entorno de operación. Por ello sus resultados son muy buenos en entornos con alta variabilidad operativa estimada, como el transporte de carga o distribución urbana.

Gestión de Activos basada en ISO 55000

La norma internacional ISO 55000, publicada por la Organización Internacional de Normalización en 2014, presenta los requisitos para la gestión de activos físicos considerando un enfoque sistémico, alineado a la planificación estratégica y a la sostenibilidad del negocio. La ISO establece que un activo puede ser cualquier cosa que ofrezca valor potencial o real a la organización, gestionar activos implica balancear el riesgo, el costo y el desempeño a través del ciclo de vida del activo. En el contexto de flotas vehiculares, aplicar los principios de la ISO 55000 implica el establecimiento de políticas formales de gestión de activos móviles, análisis de criticidad, planes de mantenimiento alineados a las metas del negocio y el uso de herramientas tecnológicas para seguimiento, medición desempeño y gestión de riesgo. La adopción de esta norma permite integrar la función de mantenimiento con áreas estratégicas como logística, finanzas y seguridad operacional y promueve una visión holística del activo desde su adquisición hasta su desecho. Asimismo, facilita la transparencia en la toma de decisiones y mejora de procesos a través de auditorías y revisiones del sistema de mantenimiento según ISO.

Resumidamente, los modelos discutidos presentan marcos metodológicos robustos y útiles que pueden ser aplicados individual o combinadamente según las características operativas, técnica y organizacional de la empresa. Para el caso de ICOLTRANS BIC, un enfoque que combine el RCM y TPM, con bases de Mantenimiento Lean y alineamiento estratégico según la ISO 55000, podría fortalecer notablemente su sistema de mantenimiento vehicular. de esta manera,

sería posible mejorar la disponibilidad de su flota, optimizar recursos y garantizar la sostenibilidad de la operación gestionada.

Flota propia

Son los vehículos con que la empresa cuenta de manera directa para su operación ya que son de propiedad de la misma organización ya sea a título de la empresa de transporte o de empresas filiales al grupo empresarial primario, también se pueden considerar dentro de esta categoría los vehículos adquiridos mediante modalidades financieras como el renting, esta condición le permite a la empresa decidir sobre todos los aspectos involucrados en el proceso, entre estas variables se encuentran temas relacionados con la decisión del tipo de vehículo a comprar, la contratación de operadores, el desarrollo de los tiempos logísticos y el mantenimiento de los mismos.

flota tercerizada.

Es la denominación que se le da al conjunto de vehículos que utiliza una empresa transportadora para cumplir con sus compromisos comerciales y que no son de su propiedad directa, es decir que los vehículos son de propietarios independientes, para esta operación se establece un contrato directo entre la empresa y el propietario donde se le exige a este último el cumplimiento de todas las exigencias normativas de ley, y las condiciones de operación según políticas de la empresa transportadora y el cliente directo, en este caso la empresa transportadora no toma decisiones sobre temas relacionados con el mantenimiento y otros aspectos más.

Variables críticas en la operación logística con flotas.

Cuando hablamos de la operación de flotas compuestas por vehículos de carga debemos establecer los parámetros de operación para así tener un entendimiento global, ya que no es lo

mismo hablar de equipos livianos, pesados o flotas mixtas, con operaciones de largo o de corto recorrido; es así como las variables críticas también pueden cambiar según estas definiciones de operación.

Tipo de operación

Esta variable hace referencia a la determinación de aspectos como son las rutas y distancias a recorrer, las capacidades de carga relacionadas al volumen y peso pactado con el cliente, a partir de estos puntos se podría definir los costos asociados y la configuración de los equipos.

Tipo de vehículo

Basados en los aspectos definidos en la variable anterior la empresa transportadora definirá la composición de su flota, en la cual la cantidad de vehículos por configuración, peso, volumen y tipo de carrocería serán los puntos principales.

Costos asociados al mantenimiento y disponibilidad operativa.

Tal como lo vimos en los indicadores de mantenimiento la relación de costos asociados a estos procesos afectan de manera directa la estructura de costos de la operación de transporte, y aunque existan reglas técnicas para este cálculo realmente esto dependerá de cada empresa, ya que los costos operativos y de mantenimiento varían dependiendo las variables que se mencionaron anteriormente.

Todas organizaciones empresariales tienen condiciones particulares que generan cambios en sus estructuras de costos, es así como una empresa cuya flota propia está compuesta por vehículos de modelos recientes y con operaciones livianas tendrá costos más livianos que una empresa con una estructura de operaciones pesada o con vehículos más viejos.

6Combustibles KPG/HPG

es uno de los ítems más reconocidos en la estructura de costos en una operación de transporte, el cual puede tomar hasta el 20% del total de las ventas de una compañía, por tal motivo es una de las variables a las cuales se les debe poner mayor atención, generando una serie de mecanismos de control, apoyándose en elementos tecnológicos y de seguimiento para así garantizar que los consumos son racionales y aplicados a la indicación técnica calculada desde la ingeniería mediante el registro del KPG(kilómetros por galon, también puede ser medido en horas o millas según aplique).

Costo por kilómetro CPK

Esta variable hace referencia a la proporcionalidad que tiene la inversión que se hace en mantenimiento de equipos versus la totalidad de la operación, para esto se toma el valor total de costos de mantenimiento y se divide con las cantidades totales de recorridos de la flota y así se halla el valor CPK con el cual se puede medir la gestión de mantenimiento, pero también se puede integrar a la estructura de costos generales de la compañía para así tener márgenes de rentabilidades óptimos.

Dentro de esta variable se incluyen todos los costos de mantenimiento como son:

- Llantas y neumáticos
- lubricantes y filtros
- rutinas de mantenimiento preventivos
- correctivos programados
- reparaciones por avería
- personal de mantenimiento, TOT y TI

6.4.3 Costos por reposición de equipos

Si bien este ítem tiene un carácter estratégico y financiero hace parte fundamental del proceso de mantenimiento, pues de allí es donde sale la base de datos con la cual se pueden tomar estas decisiones estratégicas, dentro del proceso de mantenimiento es fundamental establecer los parámetros que determinan la vida útil de un equipo y la perfecta proporcionalidad entre los costos de mantener y reponer, es allí donde esta variable debe contar con una previsión que permita tener un proceso continuo de reposición de equipos y así no generar afectaciones de disponibilidad por averías constantes generadas por el alto deterioro del equipo o incluso afectar la estructura general de costos de la compañía.

Gestión organizacional del mantenimiento:

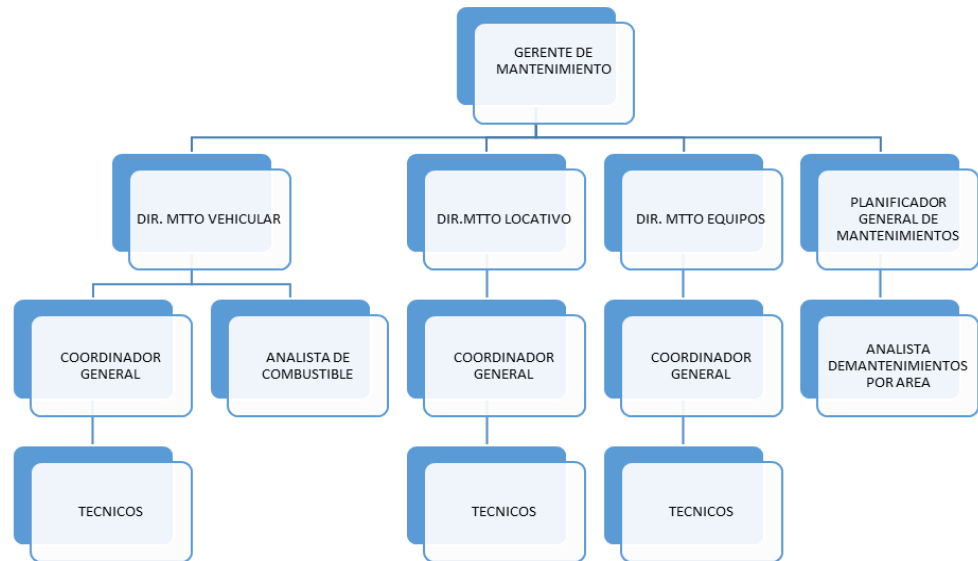
El proceso de mantenimiento en una organización empresarial puede tener diferentes tipos de estructuras dependiendo de aspectos como el alcance de la misma área o el tamaño de la empresa, es así como encontramos empresas muy grandes donde existen una gerencia de mantenimiento y está a su vez se ramifica en jefaturas o direcciones especializadas (dirección de mantenimiento vehicular, infraestructura, equipos, etc.), en otros modelos de empresas más pequeñas mantenimiento es solo una jefatura que depende de una gerencia de abastecimientos o de operaciones y esta dirección asume todas las dependencias a realizarles mantenimientos.

Roles, perfiles de cargo y estructura funcional.

De acuerdo con el tipo de empresa se genera la estructura organizacional del área de mantenimiento y dependiendo de la definición de esta se generan los roles que participan y se configuran los perfiles, esto también dependerá de las particularidades de cada organización, pero se podrían establecer 2 modelos básicos tal como se mencionó en el punto anterior, estas estructuras pueden contar con los siguientes roles:

- Gerente de mantenimiento: es la persona que se encarga de generar las estrategias para la aplicación de los conceptos los cuales se alinearan con la meta crucial de la empresa.
- Director o jefe de mantenimiento: es la persona que lidera el proceso con conocimientos técnicos avanzados para que en la ejecución se apliquen las estrategias que provienen de la gerencia y se cumpla el objetivo general.
- Planificador y/o analista de mantenimiento: pueden ser una o más personas dependiendo el alcance de la organización, estas se encargan de hacer seguimiento, analizar eficacia y eficiencia de los planes de mantenimiento, consumos, costos y otras variables definidas desde la gerencia.
- Coordinador o supervisor de mantenimiento: son las personas que se encargan de la aplicación de la estrategia en campo, haciendo un puente entre la jefatura y los técnicos para alcanzar el cumplimiento de los objetivos específicos.
- técnicos y operarios: son el grupo de personas encargados de aplicar las políticas y estrategias en campo, estos son guiados por los supervisores y son especialistas en diferentes tareas.

MODELO 1 DE ESTRUCTURA



MODELO 2 DE ESTRUCTURA

Figura 2 MODELO 1 DE ESTRUCTURA

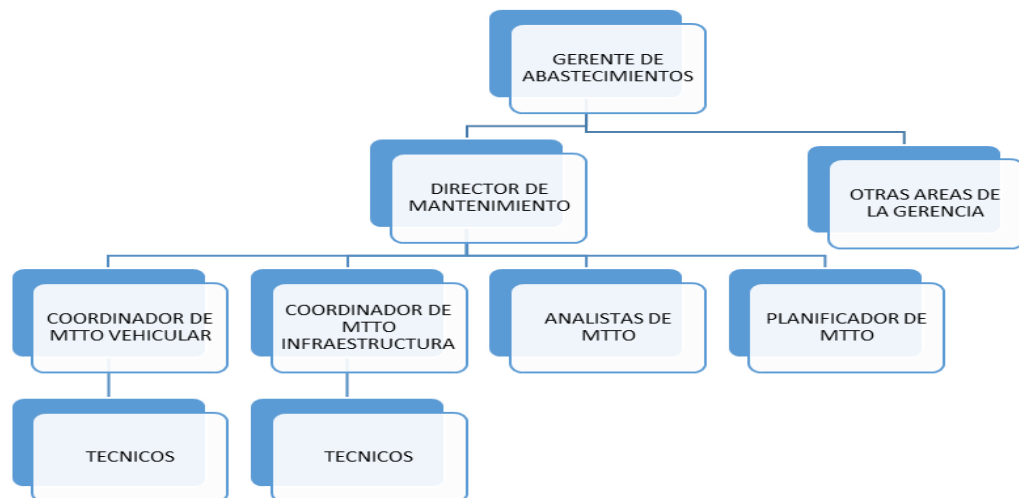


Figura 3 MODELO 2 DE ESTRUCTURA

Competencias del personal técnico y formación continua.

La competencia del personal relacionado con el área de mantenimiento dependerá de varios factores, entre estos los ya mencionados anteriormente, pues cada estructura tendrá necesidades diferentes, además hablando directamente del personal encargado de la ejecución directa en los equipos la competencia se deberá definir por la cantidad de equipos, la tipología e incluso la edad o el tiempo en operación.

Cuando se habla de las competencias de los técnicos hay que definir si estos serán contratados directamente por la empresa propietaria de los equipos o serán subcontratados bajo modelos de prestación de servicios en centros de servicios externos o modelo in house en talleres internos de la compañía, a pesar de esto podemos mencionar algunas competencias integrales importantes como son:

- Autocuidado y manejo de los implementos de seguridad: es fundamental que todos los técnicos conozcan, entiendan y apliquen las normas de seguridad y por su autocuidado y el de sus compañeros, esta capacitación es constante y debe ser entregada por el proceso de seguridad y salud en el trabajo (SST), liderado por la gerencia del talento humano.
- Manejo de herramientas técnicas y manuales: sin importar el área aplicada del técnico este debe conocer perfectamente el manejo de los equipos que requiere para la aplicación de sus actividades y además la interpretación de los manuales y planos según el área de experticia, estas capacitaciones están a cargo normalmente de los fabricantes de los equipos como respaldo a las marcas.
- Conceptos técnicos aplicados y condiciones de garantía: dependiendo el área de experticia del técnico este debe contar con certificaciones que garanticen que los procesos que se realizarán estarán acorde a las labores que se ejecuten, estas capacitaciones pueden

tener varios orígenes entre estos están la empresa contratante del técnico, el fabricante del equipo o incluso el mismo técnico.

Herramientas organizacionales

Las herramientas organizacionales son los recursos con los que cuentan para las diferentes tareas a realizar y pueden ir desde las más sencillas hasta las más avanzadas dependiendo de los recursos y las necesidades, están pueden ir desde aquellas herramientas que nos permiten hacer diagnósticos de sistemas hasta aquellas que hacen las tareas del día, entre esta tenemos:

- herramientas estratégicas: las cuales nos permiten identificar el estado general de un proceso o una organización, entre esta tenemos matrices como la DOFA y PESTEL, cuadros de mando, entre otros.
- herramientas ofimáticas aplicadas: estas permiten la ejecución de procesos, entre estas están los ERP que la organización determine y necesite, además de herramientas base como Microsoft Office, Power BI, etc.

Gestión de calidad y mejora continua

Un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) es un conjunto de políticas, procesos y procedimientos que una organización implementa para mejorar la calidad de sus productos o servicios, así como para satisfacer las necesidades de sus clientes y cumplir con los requisitos establecidos. El sistema de Gestión de la Calidad SGC se centra en la gestión de todos los aspectos de la calidad, desde el diseño hasta la entrega al cliente, y busca la mejora continua de los procesos.

Las organizaciones modernas sin importar su tamaño, estructura o condición económica deben contar con sistemas de gestión de calidad, estos obviamente deberán ajustarse a sus

condiciones para que proporcionen el valor que este amerita, es decir que una empresa pequeña probablemente no contará con un departamento dedicado a este tema ni con certificaciones como tal vez sí lo tenga una empresa de gran tamaño, pero en ambos casos se pueden diseñar elementos que aporten directamente al cumplimiento de la normas técnicas, de esta manera una empresa se beneficia directamente de estas condiciones volviéndose más competitivos.

Ciclo PHVA en mantenimiento.

El ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar), es una metodología de mejora continua que se basa en cuatro etapas: planificación, ejecución, verificación y acción, y su objetivo es mejorar continuamente los procesos.

Etapas del ciclo PHVA en el contexto del mantenimiento:

1. Planificar

- Identificar áreas de mejora en el proceso de mantenimiento.
- Definir objetivos específicos para la mejora.
- Diseñar un plan de acción detallado, incluyendo los recursos necesarios (personal, materiales, herramientas) y los pasos a seguir.

2. Hacer

- Implementar el plan de acción, realizando los cambios o mejoras que se han definido en la etapa de planificación.
- Documentar todos los pasos y resultados de la ejecución.
- Considerar la implementación de un piloto para probar las mejoras antes de implementarlas a gran escala.

3. Verificar

- Evaluar los resultados de la ejecución, comparando los datos reales con los objetivos establecidos en la planificación.
- Utilizar métricas y análisis para medir la efectividad de las mejoras implementadas.
- Identificar posibles desviaciones o problemas que puedan afectar los resultados.

4. Actuar

- Tomar decisiones basadas en los resultados de la verificación.
- Implementar acciones correctivas o adaptativas para mejorar el proceso de mantenimiento.
- Documentar las lecciones aprendidas y los cambios realizados para futuros ciclos de mejora.
- Beneficios de aplicar el ciclo PHVA en el mantenimiento:
- Mejora continua de los procesos de mantenimiento, lo que conduce a mayor eficiencia y reducción de costos.
- Optimización de los recursos utilizados en el mantenimiento (tiempo, materiales, personal).
- Reducción de fallas y tiempos de inactividad de los equipos.
- Mejora de la calidad del mantenimiento y mayor satisfacción de los usuarios.
- Mayor capacidad para adaptarse a los cambios y necesidades del negocio.

El ciclo PHVA es una herramienta poderosa para la mejora continua en el mantenimiento, que permite a las organizaciones optimizar sus procesos y lograr mejores resultados.

Indicadores de gestión (KPI) y sistemas de seguimiento.

Al integrar al área de mantenimiento sistemas de calidad es indispensable establecer sistemas de seguimiento y control con el fin de medir y poder hacer los ajustes necesarios, todo esto en conformidad a los conceptos que ya evaluamos en otros puntos de esta investigación, de esta manera y teniendo en cuenta que los conceptos son claros estableceremos los indicadores de gestión integrados al sistema de gestión de la empresa, haciendo aportes generales que apunten al cumplimiento de objetivos integrales.

Integración con sistemas de calidad

La integración de los sistemas de calidad dependerá directamente de las condiciones de la organización empresarial, pues recordemos que mantenimiento es solo uno de los procesos que integran la compañía y debe ajustarse a las políticas generales, esto también dependerá del sector al cual pertenezca la compañía o a los clientes que tenga, ya que las diferentes certificaciones que componen los sistemas integrados de gestión pueden tener diferentes modos, herramientas o políticas para la aplicación. De esta manera encontraremos compañías ajustadas a certificaciones ISO 9001, ISO 14001; ISO 18001, ISO 45001, BASC entre otras, y dependiendo con cual o cuales se cuenta sería la aplicación de las políticas de integración de las áreas de una compañía y en este caso del proceso de mantenimiento, también depende de los recursos con que se cuenta pues de allí depende de la obtención de más y mejores herramientas para el manejo de la información, de los tableros de control de KPI, matrices etc.

Metodología

Enfoque y Diseño de Estudio

Para esta investigación aplicada, el enfoque será mixto (cuantitativo-cualitativo), dado que combina el análisis de datos técnicos asociados al desempeño del sistema de mantenimiento de la flota vehicular propia de ICOLTRANS BIC con la interpretación cualitativa de aspectos organizacionales. El diseño corresponde a un estudio de caso aplicado, cuyo objetivo es diagnosticar, evaluar y rediseñar el proceso de gestión del mantenimiento para una flota de carga pesada en un entorno empresarial real.

Población y Muestra

La población objeto de estudio corresponde a la flota propia de ICOLTRANS BIC, compuesta por 323 equipos activos, distribuidos operativamente a nivel nacional. El análisis también considera los recursos asociados al proceso de mantenimiento vehicular:

- 3 sedes físicas con operación de mantenimiento.
- Presupuesto mensual de \$1.500 millones.
- 12 colaboradores directos en el área de mantenimiento.
- 40 proveedores técnicos activos.

Criterios de muestreo

Para el componente cualitativo, se utilizó un muestreo intencional de tipo criterio. Se seleccionaron los siguientes perfiles estratégicos en la organización: jefe de mantenimiento, tres técnicos de mantenimiento (uno por tipo de vehículo), dos conductores con historial de fallas frecuentes, y un coordinador operativo. Esta selección se fundamentó en su participación activa

en el proceso técnico y su conocimiento detallado de la flota. Las entrevistas fueron semiestructuradas, orientadas a identificar causas operativas de ineficiencia, barreras tecnológicas y posibles soluciones.

Cronograma de actividades

El desarrollo del proyecto se distribuyó en actividades mensuales durante un período de 3 meses, conforme al siguiente esquema:

Actividad	Mes	Actividad principal
1	1	Recolección de información operativa y documental / Análisis de indicadores técnicos (MTTR, MTBF, disponibilidad)
2	1	Entrevistas y análisis cualitativo (causas organizacionales)
3	2	Diseño del nuevo proceso y protocolos estandarizados
4	2 - 3	Definición de sistema de evaluación y matriz de indicadores
5	3	Elaboración de informe final, validación interna y cierre

Cada fase estuvo documentada y alineada con las metas definidas en los objetivos específicos del proyecto.

Consideraciones éticas

El proyecto se enmarca en los principios de ética profesional, confidencialidad y respeto por la información institucional. Todos los participantes en entrevistas fueron informados previamente sobre el propósito del estudio y firmaron un consentimiento informado. No se registraron datos personales sensibles y los resultados fueron anonimizados para evitar cualquier riesgo reputacional o de uso indebido de la información recolectada.

Herramientas para el análisis de datos

Para el procesamiento de los datos cuantitativos, se utilizó Microsoft Excel y su paquete de análisis estadístico. Se aplicaron funciones de cálculo de promedios, desviaciones estándar, gráficos de control y relaciones porcentuales. Para el análisis cualitativo, se utilizó codificación abierta mediante Atlas.ti, lo cual permitió extraer patrones de respuesta y categorizaciones por tipo de causa (técnica, organizacional, estructural). Las herramientas seleccionadas permitieron construir una base de evidencia sólida, reproducible y transparente para sustentar las propuestas del proyecto.

Categorías (Cualitativa) o Variables (Cuantitativa)

Variable / Categoría	Descripción	Tipo/Actividad principal	Medición (Si es variable)	Fuente (cita)
Disponibilidad	Nivel de disponibilidad de los vehículos de la flota para operación.	Cuantitativa / Análisis de indicadores técnicos (MTTR, MTBF, disponibilidad)	tiempo disponible teórico según necesidad de operación del equipo(TN) versus tiempo real disponible(TR) $D (\%) = TN/TR$ Mejora proyectada en disponibilidad (>95%).	https://traction.com/es/blog/8-indicadores-indispensables-para-la-gestion-del-mantenimiento
		Cuantitativa /	costos totales de mantenimiento en	https://traction.com/es/blog/8-

CPK (costo por km)	Relación entre el gasto total en mantenimiento y el kilometraje total recorrido.	Análisis de indicadores técnicos (MTTR, MTBF, disponibilidad)	pesos reales (\$) versus kilómetros totales recorridos (KM) CPK=\$/KM Ahorro estimado en mantenimiento. Reducción del costo por kilómetro	indicadores- indispensables- para-la-gestion- del- mantenimiento
Sistemas de gestión	Evaluación cualitativa del sistema de gestión implementado en el área de mantenimiento	Cualitativo / Entrevistas y análisis cualitativo (causas organizacionales)	Comparación entre prácticas actuales vs. literatura y normativas (ISO 9001, ISO 55000)	
Estructura organizacional	Análisis de roles y funciones del equipo de mantenimiento.	Cualitativo / Entrevistas y análisis cualitativo (causas organizacionales)	Evaluación de organigrama, perfiles de cargo y procesos administrativos documentados	

Figura 4 CATEGORIAS Y VARIABLES

Técnicas e Instrumentos

Enfoque	Técnica	Instrumento
Cualitativo	Entrevistas semiestructuradas a personal clave del área de mantenimiento	Cuestionario aplicado a director y coordinador nacional de mantenimiento

Cualitativo	Revisión de los diferentes documentos de proceso como son la caracterización y los instructivos	Ficha bibliográfica de registro Plantillas DOFA, AMEF, matriz causa-efecto. Manual técnico del sistema de mantenimiento
Cuantitativo	Revisión de resultado de indicadores durante el año 2024	Hojas de cálculo para KPIs.

Figura 5 Técnicas e Instrumentos

Etapas del Estudio

Etapa	Actividades principales
1. Recolección de datos	Levantamiento de información operativa y técnica de la flota, historial de mantenimientos, presupuesto ejecutado, entrevistas al personal.
2. Diagnóstico técnico	Cálculo de KPIs (disponibilidad, MTTR, MTBF), análisis de tendencia, revisión de manuales técnicos.
3. Diagnóstico organizacional	Análisis DOFA, revisión de perfiles, entrevistas, análisis de malla curricular y procesos administrativos.
4. Análisis de causas y riesgos	Uso de herramientas como espina de pescado, matriz de criticidad y AMEF.
5. Diseño del plan de mejora	Rediseño de procesos, elaboración de nuevos procedimientos, roles, cronogramas, matriz de entrenamiento.

6. Propuesta de KPIs	Software de mantenimiento eje satelital, el cual a través de la dashboards entrega datos por vehículo en los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo CPK
----------------------	--

Figura 6 Etapas del Estudio

Resultados

Objetivo Específico 1.

Evaluar el desempeño actual del sistema de mantenimiento utilizando indicadores técnicos (disponibilidad, MTTR, MTBF, costo por kilómetro, cumplimiento presupuestal), identificando desviaciones frente a estándares internos y del sector.

Introducción del objetivo

Una vez explicado el objetivo, el trabajo desempeñado en la evaluación del desempeño técnico del sistema de mantenimiento de ICOLTRANS BIC se convierte en una de las partes centrales del diagnóstico sistemático de la organización operativa en la que se basa la dependencia comercial y oficial de la flota operativa.

La actividad de la empresa normalmente depende de la confiabilidad integral de los activos móviles utilizados; los niveles ascendentes de los indicadores de desempeño de las áreas degradadas del mantenimiento resultante impactan a los costos de operación y cuestionan el comportamiento de los niveles logísticos predeterminados. Las mediciones de desempeño identifican las desviaciones objetivas y cuantificables de la realidad de los indicadores de desempeño definidos para identificar una situación operativa y factible, tanto con la propia organización como en el sistema de transporte de detalles expresados comúnmente en los medios de referencia.

Este pensamiento de apoyo es útil, ya que puede formular las estrategias de rediseño basadas en la evidencia de sus causas en lugar de los hechos que acepta o supone. Es importante posicionarlo así para justificar los hechos que respaldan las decisiones de inversión y el diseño de

la administración de recursos técnicos y productivos y para crear una plataforma sólida basada en la expectativa probabilística de la labor futura en la apertura de accesibilidad, la reducción de la oportunidad y los gastos.

Indicadores técnicos a emplear para la evaluación

Indicadores técnicos a emplear para la evaluación: Para la realización de esta evaluación, se dispondrán cinco indicadores técnicos ampliamente aceptados en la literatura especializada y de uso frecuente en la gestión de mantenimiento de flotas vehiculares. La definición de estos se centra en su presencia en la operación y no en el proceso de ejecución, orientado a impulsar una lectura correcta y oportuna de los problemas:

En primer lugar, se tiene la disponibilidad técnica: mide el porcentaje del tiempo total en que el vehículo está disponible, en relación con el tiempo de servicio. Su estudio podría posicionar la gráfica para el arreglo del mantenimiento.

Asimismo, el MTTR o tiempo promedio para realizar reparaciones a vehículos después de una falla, el cual mide a gran escala las capacidades de respuesta adecuada del equipo técnico y la logística de campo y taller. La gráfica para falla crítica y tiempo entre fallas o MTBF: tiempo promedio entre dos fallas consecutivas, que mide acerca de la confiabilidad de los elementos y las rutas efectivas en operación.

Además, se incluye el costo por kilómetro recorrido: permite vincular el costo del recorrido y quitar entre los vehículos, lo que indica un aspecto financiero externo del sistema. Por último, se detalla el presupuesto con criterio efectivo mide que el mantenimiento mida el presupuesto que corresponda al porcentaje, para reflejar el costo del 100%.

La métrica de estos indicadores se basa en información recopilada en 2024, un año de narración de problemas estructurales en el mantenimiento de la empresa. La elección de estas

métricas no responde únicamente a su aplicación práctica, sino también a la lectura total respecto al rendimiento técnico, económico y de producción del sistema.

Metodología de análisis y recolección de información

Para llevar a cabo la evaluación técnica del sistema de mantenimiento de ICOLTRANS BIC, se implementará un enfoque cuantitativo basado en la recopilación de información documental, registros operativos y bases de datos históricas correspondientes al comportamiento de la flota durante el periodo enero-diciembre de 2024. La empresa cuenta con un sistema interno de gestión de mantenimiento que permite el acceso a reportes técnicos, cronogramas de mantenimiento preventivo, registros de órdenes de trabajo, historiales de fallas y reportes de costos mensuales.

Los datos recolectados serán consolidados y validados mediante herramientas de verificación cruzada (control de duplicidad, consistencia temporal, cierre de órdenes), con el fin de asegurar su integridad y trazabilidad. Posteriormente, se procederá al cálculo de los indicadores técnicos con base en las fórmulas estandarizadas utilizadas en gestión de activos físicos, tal como se presentan a continuación:

Fórmulas de cálculo de los indicadores técnicos

- **Disponibilidad técnica (%)**

$$\text{Disponibilidad} = \left(\frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Tiempo total de operación} + \text{Tiempo de inactividad}} \right) \times 100$$

- **MTTR (Mean Time to Repair)**

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número total de reparaciones}}$$

- **MTBF (Mean Time Between Failures)**

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número total de fallas}}$$

- **Costo por kilómetro recorrido (CPK)**

$$\text{CPK} = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Kilómetros recorridos}}$$

- **Cumplimiento presupuestal (%)**

$$\text{Cumplimiento presupuestal} = \left(\frac{\text{Presupuesto ejecutado}}{\text{Presupuesto asignado}} \right) \times 100$$

Cada uno de estos indicadores será estimado para la totalidad de la flota operativa y también por subcategorías de vehículos (tractocamiones, vans, vehículos livianos), lo que permitirá realizar una segmentación del análisis por tipo de activo.

Estándares de comparación y criterios de evaluación

Los resultados obtenidos se contrastarán con tres referencias principales:

1. **Estándares internos de desempeño histórico:** utilizando como base los indicadores reportados entre 2020 y 2023, lo cual permitirá determinar tendencias y retrocesos.
2. **Estándares sectoriales de empresas de transporte similares:** recopilados a través de benchmarking técnico y reportes sectoriales, especialmente los publicados por gremios del transporte y mantenimiento vehicular.
3. **Límites críticos definidos en normas técnicas:** como las guías de la NFPA 70B, ISO 14224 (mantenimiento basado en confiabilidad) y la guía técnica para operaciones logísticas de flotas en Latinoamérica (CAF, 2022).

Resultados esperados del análisis técnico

Como resultado de la evaluación detallada del sistema de mantenimiento, se espera obtener un conjunto robusto de evidencias cuantitativas y cualitativas que permitan caracterizar objetivamente el estado actual de los activos vehiculares de ICOLTRANS BIC. Entre los principales hallazgos proyectados, se anticipa lo siguiente:

- Identificación de vehículos con alta tasa de fallas recurrentes, asociados a un bajo MTBF, lo que indicaría una deficiente gestión de mantenimiento preventivo o decisiones erróneas en cuanto a la vida útil remanente de ciertos componentes.
- Detección de cuellos de botella en los tiempos de reparación, reflejados en elevados valores de MTTR, vinculados a procesos ineficientes de atención técnica, falta de repuestos críticos o tiempos prolongados de espera entre diagnóstico y ejecución.
- Niveles subóptimos de disponibilidad técnica en un subconjunto de la flota, lo cual compromete la capacidad operativa y obliga a sobre utilizar vehículos con mayores cargas, generando deterioro acelerado.
- Desviaciones significativas en el cumplimiento presupuestal, tanto por sobrecostos operativos como por ejecución deficiente del presupuesto asignado, lo cual indica una planeación no alineada con la realidad del estado de los activos.
- Ineficiencias económicas reflejadas en un costo por kilómetro (CPK) elevado, superando los márgenes aceptables para operaciones de transporte urbano e intermunicipal, lo cual afecta directamente la rentabilidad del servicio logístico.

Este análisis también permitirá establecer líneas base diferenciadas por tipo de vehículo, lo que resultará clave para segmentar futuras estrategias de mejora y priorizar inversiones de forma racional.

Contribución del objetivo al proyecto de mejora

La ejecución del primer objetivo específico representa un insumo técnico crítico en el camino hacia la implementación del proyecto, ya que convierte los síntomas observados por la empresa en diagnósticos cuantificables y medibles. Sobre la base de los indicadores generados y las brechas identificadas, se desarrollará un plan de acción duradero para abordar las causas subyacentes de los problemas existentes vinculados con el sistema de mantenimiento. Esta evidencia será el punto de partida para el establecimiento de objetivos realistas de mejora, la formulación de normas internas adecuadas a la línea base de operaciones actual y la identificación de instrumentos apropiados para la reingeniería de los procesos técnicos, operativos y organizacionales. La relevancia de este objetivo radica en su capacidad para traducir la evidencia de operaciones en decisiones organizacionales clave. En última instancia, esta fase analítica representa la base metodológica y técnica para los próximos niveles del proyecto, a saber, el rediseño del modelo de mantenimiento y la introducción de un sistema de monitoreo de la actuación.

Objetivo Específico 2.

Diagnosticar las principales causas de ineficiencia en el sistema de mantenimiento de la empresa ICOLTRANS BIC mediante herramientas analíticas como DOFA, análisis causa-raíz, AMEF y matriz de criticidad.

Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF)

El AMEF es una metodología sistemática de evaluación del riesgo que permite identificar, clasificar y priorizar los fallos potenciales dentro de un sistema. En el contexto de ICOLTRANS

BIC, se aplicará a los procesos críticos del mantenimiento preventivo y correctivo, incluyendo la gestión de repuestos, ejecución de órdenes de trabajo y asignación de personal técnico.

El AMEF considera tres factores clave:

- **Severidad (S):** impacto del fallo sobre la operación del vehículo.
- **Ocurrencia (O):** probabilidad de que el fallo ocurra.
- **Detección (D):** capacidad del sistema actual para detectar el fallo antes de que genere consecuencias.

El producto de estos tres factores (Índice de Prioridad del Riesgo – RPN) permite ordenar los fallos desde los más críticos hasta los menos relevantes:

$$RPN = S \times O \times D$$

Mediante este enfoque, se prevé identificar procesos con alto riesgo operativo, como:

- Asignación de personal no certificado para reparaciones especializadas.
- Falla en el seguimiento de mantenimientos programados.
- Desabastecimiento de piezas de alta rotación.

Cada uno de estos elementos será clasificado según su RPN y documentado para tomar decisiones de rediseño orientadas a la mitigación del riesgo y aumento de confiabilidad operativa.

Matriz de criticidad de activos

Esta herramienta permite jerarquizar los activos de la flota según su impacto en la operación y su probabilidad de falla, generando un mapa de prioridades técnicas. Para cada tipo de vehículo (tractocamiones, vans, vehículos livianos) se calculará un índice de criticidad con base en los siguientes criterios:

- Impacto operacional: nivel de afectación en caso de inactividad.

- Frecuencia de fallos históricos.
- Costos asociados a la reparación.
- Disponibilidad de repuestos.
- Tiempo promedio fuera de servicio.

Disponer de un cuadrante sobre el rango de criticidad (alto-alto, alto-bajo, bajo-alto, bajo-bajo) permitiría tomar decisiones de inversión y de planificación del mantenimiento no correctivo.

Como resultado esperado se lograría:

- Definir pautas de mantenimiento preventivas ajustadas a los riesgos.
- Revisar la estrategia de repuestos y la planificación de tareas.

Síntesis del diagnóstico de causas

La integración de los resultados obtenidos por las cuatro herramientas (DOFA, causa-raíz, AMEF y criticidad) permitirá construir una visión holística del sistema de mantenimiento, donde se evidencien no solo los fallos técnicos, sino también las debilidades estructurales y las oportunidades de mejora transversal.

Entre las causas sistémicas que se espera identificar se incluyen:

- Falta de trazabilidad en el historial técnico de vehículos.
- Gestión deficiente de inventarios de repuestos.
- Ausencia de criterios de priorización de intervenciones.
- Desalineación entre el área de mantenimiento y los objetivos estratégicos de la empresa.

Objetivo Específico 3.

Rediseñar el proceso de mantenimiento vehicular de ICOLTRANS BIC, estructurando una propuesta técnica que incluya flujogramas, roles, procedimientos, protocolos de revisión y lineamientos de formación del personal técnico.

Justificación del rediseño del proceso de mantenimiento

El diagnóstico técnico y estructural realizado en los objetivos anteriores ha revelado que el modelo actual de mantenimiento vehicular en ICOLTRANS BIC presenta fallas sistémicas que comprometen la confiabilidad operativa, la eficiencia presupuestal y la disponibilidad de la flota. En este contexto, el rediseño del proceso no debe limitarse a ajustes puntuales, sino que debe plantearse como una transformación integral basada en principios de calidad, gestión por procesos y mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

El rediseño propuesto busca:

- Eliminar las ineficiencias estructurales identificadas (como la inexistencia de flujos estandarizados de diagnóstico y reparación).
- Formalizar la distribución de funciones técnicas y administrativas en torno al mantenimiento.
- Establecer protocolos que garanticen la trazabilidad y calidad del servicio técnico.
- Incorporar criterios de evaluación de desempeño para el área de mantenimiento, alineados con indicadores de disponibilidad y costos operativos.

Esta reestructuración se fundamenta en modelos de referencia como la ISO 55001 (Gestión de activos), la NFPA 70B y las mejores prácticas en mantenimiento vehicular adoptadas por empresas líderes del sector logístico a nivel nacional.

Enfoque metodológico del rediseño

El rediseño del proceso se desarrollará mediante una lógica metodológica basada en tres etapas:

1. Modelación del proceso actual ("As-Is")

Se representará gráficamente el proceso actual, identificando sus entradas, salidas, responsables, tiempos promedio y puntos de falla. Esta representación servirá como punto de partida para la transformación.

2. Diseño del proceso futuro ("To-Be")

A partir de las deficiencias detectadas, se construirá una propuesta de proceso optimizado que cumpla con criterios de eficiencia técnica, claridad organizacional, control documental y mejora continua.

3. Validación con base en buenas prácticas y requerimientos normativos

El nuevo diseño será contrastado con los lineamientos de las normas internacionales y ajustado a la estructura operativa y presupuestal de ICOLTRANS BIC.

Alineación con los objetivos estratégicos de la organización

El rediseño del proceso de mantenimiento no solo responde a una necesidad operativa, sino que se articula con las metas estratégicas de la empresa, entre las que se encuentran:

- Aumentar la confiabilidad de la flota para cumplir con compromisos logísticos en tiempo real.
- Reducir los costos unitarios por operación mediante una gestión más eficaz del ciclo de vida de los vehículos.

- Mejorar la satisfacción del cliente a través de la puntualidad y calidad del servicio de transporte.
- Consolidar una cultura organizacional orientada a la excelencia operativa y la mejora continua.

Con este enfoque estratégico, el rediseño no se limita al área técnica, sino que impacta de forma transversal en la competitividad y sostenibilidad del modelo de negocio de ICOLTRANS BIC.

Diseño estructurado del nuevo proceso de mantenimiento ("To-Be")

El rediseño del proceso de mantenimiento se fundamenta en una lógica secuencial orientada a la eficiencia, trazabilidad y mejora continua. Para ello, se han definido cinco macro etapas organizadas de acuerdo con el ciclo de vida del servicio técnico vehicular:

1. Recepción técnica y diagnóstico preventivo

- Registro digital de ingreso del vehículo al taller.
- Verificación del historial de mantenimiento.
- Inspección visual y pruebas rápidas según protocolo de ingreso.
- Asignación preliminar de prioridad según criticidad y condición operativa.

2. Planificación y programación del mantenimiento

- Generación automática de órdenes de trabajo según tipo de intervención
- Asignación de personal técnico conforme a competencias certificadas
- Estimación de tiempos y costos asociados al proceso

3. Ejecución del mantenimiento

- Desarrollo de tareas según procedimientos normalizados (SOP).
- Registro de actividades, piezas reemplazadas y tiempos efectivos de trabajo.
- Supervisión técnica intermedia y final según lista de chequeo estructurada.

4. Verificación, cierre técnico y entrega del vehículo

- Evaluación de cumplimiento técnico, pruebas de funcionalidad y calidad.
- Emisión de informe digital de intervención.
- Actualización automática del sistema de mantenimiento y alertas futuras.
- Entrega formal del vehículo a operaciones con visto bueno de inspección.

5. Seguimiento y control post-servicio

- Análisis de indicadores MTBF, MTTR, disponibilidad, CPK.
- Retroalimentación técnica para prevención de fallas recurrentes.
- Revisión de desviaciones respecto al plan de mantenimiento anual.
- Propuestas de mejora al sistema basadas en hallazgos operativos.

Representación gráfica del proceso

Proceso de mantenimiento vehicular propuesto para ICOLTRANS BIC

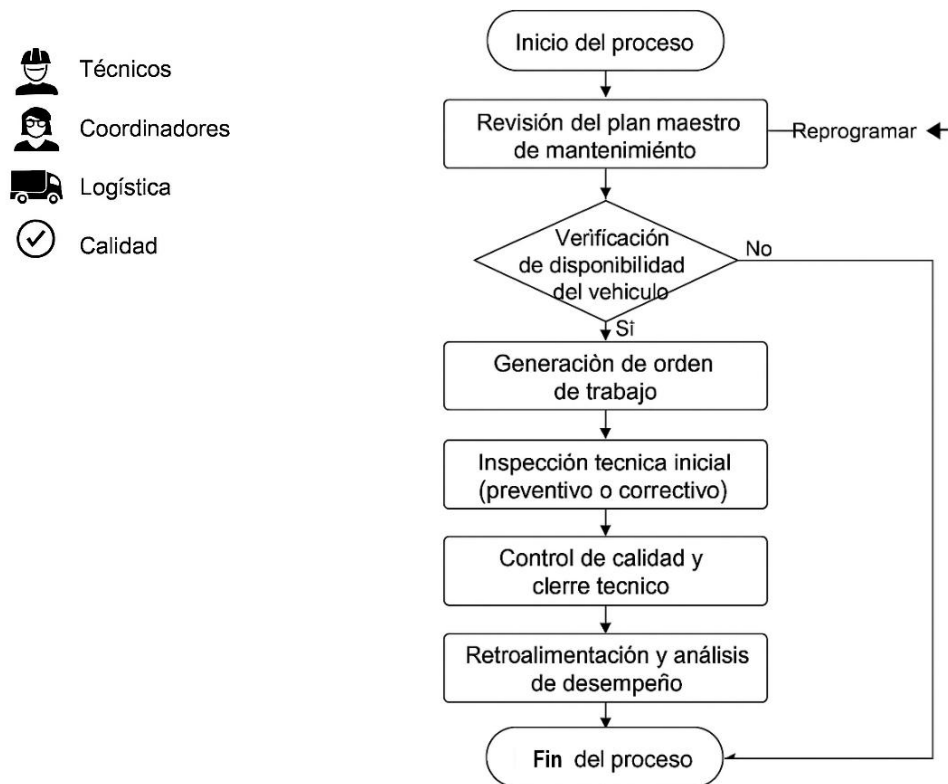


Figura 7 Representación gráfica del proceso

El flujograma del proceso "To-Be" se construirá en formato BPMN (Business Process Model and Notation) e incluirá:

- Actores involucrados (técnicos, coordinadores, logística, calidad).
- Eventos de inicio y fin de cada etapa.
- Actividades, decisiones y flujos de información.
- Documentos y registros generados en cada fase.

Este flujograma servirá como base para la capacitación del personal, la auditoría de calidad y la automatización parcial mediante software de gestión de mantenimiento asistido por computadora (CMMS).

Redefinición de roles operativos en el nuevo proceso

La implementación efectiva del rediseño requiere la reorganización funcional de los recursos humanos involucrados. Se proponen los siguientes roles clave:

Rol	Función principal
Coordinador de mantenimiento	Planificar, supervisar y validar la ejecución técnica y administrativa del proceso.
Técnico especializado	Ejecutar tareas preventivas y correctivas según procedimientos estandarizados.
Analista de mantenimiento	Registrar, procesar y analizar datos de operación, proponer ajustes al plan.
Inspector de calidad	Verificar cumplimiento técnico, aplicar pruebas y aprobar entregas.

Figura 8 Redefinición de roles operativos en el nuevo proceso

Cada rol deberá contar con un perfil de competencias definido, procesos de inducción y formación periódica, en especial para adaptarse a nuevas tecnologías y protocolos digitales.

Diseño de protocolos técnicos estandarizados- Los empleados deben adaptarse a la capacitación actual para cumplir con la estandarización operativa. Los protocolos a continuación se estructurarán con base en la metodología de SOP para las siguientes áreas: mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo; enfatizando trazabilidad y seguridad. Cada protocolo propuesto tendrá un objetivo técnico, frecuencia de aplicación, herramientas y materiales necesarios, secuencia paso a paso, indicadores de conformidad técnica, puntos de control y validación, formato de registro y firma relacionada. Los ejemplos son los siguientes:

- Mantenimiento preventivo trimestral a vehículos livianos.

- Revisión de sistema de frenos y suspensión.
- Reemplazo de filtros y lubricantes.
- Inspección de sistemas eléctricos y de iluminación.
- Intervención en fallas recurrentes identificadas por análisis de criticidad.

Todos los SOP deberán almacenarse en un repositorio digital de acceso controlado y estar alineados con las normas técnicas aplicables (NTC 5254, ISO 14224, ISO 55000).

Lineamientos para la formación del personal técnico

La correcta implementación del rediseño depende, en gran medida, de la formación del recurso humano operativo. Se propone el diseño de un plan de capacitación progresivo, estructurado en tres niveles:

Nivel	Contenido	Frecuencia	Responsable
Básico	Inducción al nuevo proceso, seguridad operativa, cultura de mantenimiento	1 vez al año o nuevo ingreso	Área de talento humano
Técnico	Procedimientos específicos por tipo de vehículo y componente	Semestral	Coordinación técnica
Avanzado	Análisis de fallos, uso de CMMS, lectura de datos e indicadores	Trimestral	Gerencia técnica

Figura 9 Lineamientos para la formación del personal técnico

Objetivo Específico 4

Objetivo Específico 4. Estandarizar las políticas, procedimientos y formatos asociados al mantenimiento vehicular en ICOLTRANS BIC, integrando buenas prácticas normativas y técnicas del sector.

Importancia de la estandarización en el sistema de mantenimiento

La estandarización de procesos constituye un pilar fundamental en la gestión operativa moderna, especialmente en empresas del sector logístico como ICOLTRANS BIC, donde la disponibilidad y confiabilidad de la flota vehicular son determinantes para el cumplimiento de compromisos comerciales. Un sistema de mantenimiento sin estandarización tiende a generar inconsistencias en la calidad del servicio técnico, duplicidades operativas, pérdida de trazabilidad y aumento de los costos operativos.

En este contexto, la estandarización permite:

- Unificar criterios técnicos y administrativos.
- Mejorar la comunicación entre áreas funcionales.
- Facilitar la capacitación y evaluación del personal.
- Reducir la variabilidad del proceso y los errores humanos.
- Garantizar el cumplimiento de requisitos normativos y legales.

Referentes normativos aplicables

La propuesta de estandarización se apoyará en estándares reconocidos internacionalmente y en regulaciones nacionales aplicables, entre las cuales destacan:

- **ISO 55000:** Directrices para la gestión de activos físicos, orientadas a maximizar el valor generado por los activos vehiculares durante su ciclo de vida.
- **ISO 9001:2015:** Requisitos para la gestión de la calidad, con énfasis en la gestión por procesos, control documental y mejora continua.
- **NTC 5254 (Colombia):** Norma técnica para la inspección técnica vehicular.

- **Resolución 3783 de 2022 (Min-Transporte):** Requisitos mínimos para los programas de mantenimiento en empresas de transporte automotor en Colombia.

Estas referencias guiarán el diseño de políticas internas, procedimientos operativos estándar (SOPs) y formatos de registro alineados con la realidad operativa de la empresa y con los criterios de auditoría y certificación.

Componentes de la estandarización propuesta

Nivel de estandarización	Descripción general	Componentes / Ejemplos
a. Políticas de mantenimiento	Principios institucionales que orientan la gestión del mantenimiento y sus compromisos técnicos y organizacionales.	<ul style="list-style-type: none"> • Política de mantenimiento preventivo como eje central • Política de calidad técnica e inocuidad operativa • Política de trazabilidad documental • Política de desarrollo de competencias del personal técnico
b. Procedimientos operativos	Documentos técnicos que describen paso a paso las actividades críticas del proceso de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento de planificación y programación • Procedimiento de recepción técnica de vehículos • Procedimiento de ejecución y validación de órdenes de trabajo • Procedimiento de control de inventarios técnicos • Procedimiento de análisis de fallas y retroalimentación
c. Formatos y registros	Documentos controlados que permiten dejar evidencia de la ejecución del proceso, garantizar trazabilidad y facilitar auditoría interna.	<ul style="list-style-type: none"> • Orden de trabajo estándar • Formato de inspección técnica • Registro de uso y consumo de repuestos • Informe de cierre de intervención • Formato de evaluación de desempeño técnico

Figura 10 Componentes de la estandarización propuesta

Objetivo Específico 5.

Implementar un sistema de evaluación técnica del desempeño del área de mantenimiento, a partir de indicadores clave y criterios de cumplimiento técnico-operativo.

Importancia de evaluar el desempeño técnico del mantenimiento

En una empresa de transporte como ICOLTRANS BIC, el mantenimiento vehicular representa no solo un factor operativo, sino también una unidad crítica de impacto financiero y reputacional. Por tanto, es imprescindible contar con un sistema de evaluación del desempeño técnico que permita:

- Medir objetivamente la eficiencia de los procesos.
- Detectar desviaciones respecto a las metas de calidad y disponibilidad.
- Tomar decisiones basadas en datos.
- Retroalimentar la gestión del talento técnico y administrativo.
- Fortalecer la trazabilidad y auditoría de los resultados operativos.

Este sistema debe estructurarse sobre indicadores confiables, medibles y representativos, que respondan a las características específicas de la flota y los procesos internos de ICOLTRANS BIC.

Dimensiones clave del sistema de evaluación

Dimensión	Descripción	Indicadores sugeridos
a. Desempeño técnico-operativo	Evalúa la calidad, oportunidad y confiabilidad del servicio de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • MTBF (Mean Time Between Failures) • MTTR (Mean Time To Repair) • Disponibilidad operativa (%) • Cumplimiento del plan de mantenimiento (%)
b. Desempeño económico	Monitorea la eficiencia en el uso de recursos financieros destinados al mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Costo promedio de mantenimiento por vehículo • Porcentaje de repuestos recuperados vs. consumidos • Índice de sobrecostos por intervenciones no planificadas • Desviación presupuestal del área
c. Gestión documental y administrativa	Evalúa el cumplimiento de estándares de calidad, trazabilidad y control documental del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de cumplimiento en formatos y registros auditables • Índice de no conformidades en auditorías internas • Nivel de actualización de historiales técnicos • Cumplimiento del cronograma de formación del perso

Figura 11 Dimensiones clave del sistema de evaluación

Consideraciones para sostenibilidad del sistema

Para garantizar que este sistema de evaluación se mantenga vigente y útil a lo largo del tiempo, se proponen las siguientes medidas:

- Incorporar la evaluación al ciclo de gestión del talento humano (bonificaciones, capacitaciones).
- Establecer ciclos de revisión anual de indicadores y metas.
- Integrar los resultados al tablero de control gerencial (dashboards).
- Asegurar el respaldo de la alta dirección mediante políticas institucionales.

Tablas de Indicadores, Estandarización y Evaluación

Indicador	Tractocamiones	Vehículos Tipo Van	Vehículos Livianos
Disponibilidad (%)	85%	90%	87%
MTTR (Tiempo medio de reparación,	48 h	24 h	30 h
MTBF (Tiempo medio entre fallas,	40 días	60 días	75 días
Costo por kilómetro (CPK)	\$6.000	\$4.000	50.000
Costo por kilómetro (CPK)	COP/km	COP/km	COP/km

Figura 12. Indicadores técnicos de mantenimiento por tipo de vehículo (datos 2024).

Interpretación: En 2024 la disponibilidad promedio de la flota fue del 87%, por debajo del objetivo (95%). Se observa que los tractocamiones presentaron la disponibilidad más baja (~85%) y los mayores tiempos de reparación (MTTR ~48 horas en promedio), lo que sugiere cuellos de botella en reparaciones mayores. Los vehículos tipo Van y livianos tuvieron desempeños algo mejores (90%+ de disponibilidad, MTBF más altos), aunque todavía mejorables. El costo por kilómetro (CPK) promedio de la flota fue alrededor de \$5.000 COP, siendo más elevado en tractocamiones debido a repuestos y tiempos fuera de servicio más costosos. Estos indicadores respaldan la necesidad de mejoras en mantenimiento preventivo y gestión de recursos para alcanzar los niveles deseados.

Componentes de la estandarización propuesta del proceso de mantenimiento.

Componente de la Estandarización Propuesta	Descripción / Lineamientos
Políticas Internas de Mantenimiento	Definir políticas corporativas alineadas con normas internacionales (p. ej. ISO 55000) y regulaciones nacionales, que establezcan directrices claras para la gestión de activos y mantenimiento de la flota.
Procedimientos Operativos Estándar (SOP)	Documentar y unificar procedimientos paso a paso para las tareas de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo. Estos SOP asegurarán que todos los técnicos sigan criterios técnicos uniformes, reduciendo la variabilidad y errores humanos.
Formatos de Registro Unificados	Implementar formatos estandarizados para órdenes de trabajo, checklists de inspección y reportes de servicio. La utilización de formularios homogéneos facilita la trazabilidad de las intervenciones y el cumplimiento de requisitos de auditoría/calidad.
Herramientas Digitales (CMMS)	Adoptar un software CMMS (Computerized Maintenance Management System) para planificar, programar y hacer seguimiento de los trabajos de mantenimiento. Esto integrará las áreas de mantenimiento y logística en tiempo real, mejorando la comunicación y la toma de decisiones basada en datos.
Programa de Capacitación Continua	Establecer planes periódicos de formación y certificación para el personal técnico, enfocados en las mejores prácticas de mantenimiento (incluyendo tendencias de Mantenimiento 4.0 como IoT, telemetría, IA) y en el cumplimiento de los nuevos procedimientos estandarizados.

Figura 13 Componentes de la estandarización propuesta del proceso de mantenimiento

La estandarización propuesta se apoya en referentes normativos y mejores prácticas reconocidas, como ISO 9001:2015 para gestión de calidad, la NTC 5254 para inspección vehicular y la Resolución 3783/2022 del MinTransporte sobre programas de mantenimiento. Estos componentes buscan garantizar que el proceso rediseñado cumpla con altos estándares de calidad, seguridad y eficiencia, al tiempo que se adapta a la realidad operativa de ICOLTRANS BIC.

Dimensiones clave para la evaluación del sistema de mantenimiento (framework de indicadores de desempeño).

Dimensión de Evaluación	Indicadores Asociados (ejemplos)	Objetivo de Desempeño
Desempeño Técnico-Operativo	Disponibilidad de flota, MTBF, MTTR, Nivel de cumplimiento del plan de mantenimiento	Mantener alta confiabilidad operativa de la flota (e.g., $\geq 95\%$ disponibilidad, minimizar fallas inesperadas) que garantice la continuidad del servicio.
Eficiencia Económica	Costo por kilómetro (CPK), Cumplimiento presupuestal (% vs plan), Ahorro en costos por mejoras	Optimizar recursos financieros reduciendo costos de mantenimiento (e.g., $\downarrow 20\%$ CPK) y evitando desviaciones presupuestales, para mejorar la rentabilidad del proceso.
Calidad y Cumplimiento	% de mantenimiento preventivo ejecutado a tiempo, Resultados de inspecciones de calidad, Cumplimiento de normas (auditorías)	Asegurar calidad en la ejecución del mantenimiento: todas las actividades programadas se realizan en tiempo y forma, cumpliendo estándares técnicos y regulatorios (cero hallazgos mayores en auditorías).
Nivel de Servicio al Cliente	Indicadores de satisfacción del cliente relacionados a disponibilidad (ej. entregas cumplidas), Penalidades por incumplimiento de servicio, Tiempo de respuesta ante fallas críticas	Minimizar el impacto de las incidencias de mantenimiento en el servicio al cliente, cumpliendo con los SLA acordados (cero penalizaciones por mantenimiento, alta satisfacción).

Figura 14 Dimensiones clave para la evaluación del sistema de mantenimiento (framework de indicadores de desempeño).

Cada dimensión propuesta agrupa un conjunto de indicadores que permitirán evaluar el éxito del rediseño del proceso de mantenimiento desde distintas perspectivas. En conjunto, estas dimensiones clave asegurarán un monitoreo integral: rendimiento técnico-operativo de la flota, uso eficiente del presupuesto, calidad en la gestión del mantenimiento, y efecto en el servicio brindado al cliente. Los valores iniciales obtenidos en 2024 servirán como línea base y, tras la

implementación de las mejoras, estos indicadores deberán mostrar una tendencia positiva acorde a los objetivos planteados en cada dimensión.

Flujograma Propuesto del Proceso de Mantenimiento



Figura 15 Flujograma propuesto para el proceso de mantenimiento "To-Be" de ICOLTRANS BIC

Este diagrama, diseñado en formato BPMN, muestra las etapas principales del proceso rediseñado: desde la detección de la necesidad de mantenimiento (ya sea por falla reportada o por programación preventiva), pasando por la planificación y asignación de recursos, la ejecución de las actividades de mantenimiento, la posterior verificación de calidad, hasta el cierre y registro de la información en el sistema. Cada etapa involucra a actores clave (técnicos de mantenimiento, coordinador/logística, personal de calidad) y genera documentos o registros estándar. Este flujograma servirá como base para capacitar al personal en el nuevo proceso y facilitar su implementación.

Análisis Matriz DOFA

Fortalezas	Debilidades
• Experiencia del personal técnico con la flota	• Ausencia de herramientas digitales (CMMS/ERP)
• Taller interno disponible en sede operativa	• Falta de protocolos estandarizados
• Alianzas con proveedores externos de repuestos	• Seguimiento manual y baja trazabilidad de fallas
	• Capacitación técnica esporádica
Oportunidades	Amenazas
• Incentivos para modernización del sector logístico	• Exigencias contractuales en niveles de disponibilidad
• Nuevas tecnologías en mantenimiento predictivo	• Fluctuaciones en precios de repuestos
• Oferta de soluciones CMMS accesibles en Colombia	• Rotación de personal técnico especializado

Figura 16 Matriz DOFA del área de mantenimiento de flota – ICOLTRANS BIC

Síntesis:

Las debilidades internas pueden ser corregidas con una intervención estructurada que incluya estandarización, automatización y gestión del talento. Las amenazas externas exigen garantizar niveles de servicio, mientras que las oportunidades tecnológicas permiten rediseñar el proceso alineado con tendencias 4.0.

Resultados cuantitativos principales – año 2024

Indicador	Valor	Meta	Observación
	2024	2025	
MTTR (h)	30 h	<20 h	Excesivo tiempo de reparación en tractocamiones
MTBF (días)	50 días	>70 días	Fallas recurrentes por mantenimiento correctivo
Disponibilidad técnica (%)	87%	>95%	Nivel insuficiente para cubrir demanda
Cumplimiento preventivo (%)	75%	>90%	Solo 3 de cada 4 mantenimientos se realizan
CPK (Costo por km)	\$5.000 COP	< \$4.000	Costos elevados por fallas no programadas

Figura 17 Resultados cuantitativos principales – año 2024

Conclusión:

Los indicadores del año base reflejan una gestión de mantenimiento con bajo control preventivo y altos niveles de correctivos. Las metas 2025 están alineadas con el nuevo modelo propuesto y servirán como base para evaluar el impacto posterior a la implementación.

Análisis AMEF

Análisis de Modo y Efecto de la Falla AMEF															
Nombre de Proceso o Producto: MANTENIMIENTO DE FLOTA		Preparado por: DIEGO GALLEGO JORGE PUERTA													
Encargado: DIRECTOR NACIONAL DE MANTENIMIENTO		FMEA Fecha (Orig): JUN-25													
Pasos Clave del Proceso	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles de Ocurrencia	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Implementadas	S E V	O C U	D E T	N P R
Imantenimientos preventivos programados. (incumplimiento de KPI de mtos preventivos con bajos resultados)	averías catastróficas en los diferentes sistemas de los vehículos. (motor, tren motriz, frenos, eléctrico)	perdida de operatividad de los vehículos (KPI de disponibilidad con resultados bajos)	8	Personal poco idoneo en la elaboración de la programación de mtos preventivos	6	plan de mtto preventivo programado	5	240	implementar auditorías de seguimiento en ciclos intermedios a los periodos establecidos para la ejecución de los mtos preventivos según programación	coordinador nacional de mantenimiento	sep-25	8	3	3	72
		aumento en los costos correctivos asociados a los componentes afectados (KPIs asociados a costos elevados, CPK,CMF,CPMM)		falta de control y seguimiento a las actividades asociadas a este proceso		Kpi de seguimiento		0							
								0							
Preoperacionales de vehículos (incumplimiento de KPI de ejecución de preoperacionales bajo)	Vehículos operando con averías y alto nivel de riesgo de accidentalidad	alto nivel de accidentalidad por fallas en sistemas de seguridad de los vehículos	10	falta de compromiso de los operadores para realizar el procedimiento	8	seguimiento diario al cumplimiento del preoperacional por parte del área de seguridad de la compañía	7	560	Generar y establecer política de cumplimiento del preoperacional como requisito obligatorio según normativa vigente para dar inicio a la operación del vehículo	gerencia general	ago-25	10	5	5	250
		perdida de operatividad de los vehículos (KPI de disponibilidad con resultados bajos)		herramientas poco amigables				0							
		aumento en los costos correctivos asociados a los componentes afectados (KPIs asociados a costos elevados, CPK,CMF,CPMM)		falta de capacitación				0							
	incumplimiento normativo	falta de compromiso de las áreas responsables de la compañía			0										

Figura 18 Matriz AMEF del área de mantenimiento de flota – ICOLTRANS BIC

Síntesis:

La matriz AMEF nos permite ver claramente que, si bien en los procesos principales existen métodos y herramientas de control vigentes, estas no son efectivas y se debe actualizar los mecanismos de control para estos procedimientos.

Discusión y conclusión

Diagnóstico técnico-operativo y económico del sistema de mantenimiento

Durante el desarrollo del proyecto, se identificaron deficiencias estructurales y operativas en el sistema de mantenimiento vehicular de ICOLTRANS BIC, las cuales repercuten negativamente en la disponibilidad de la flota, la eficiencia del recurso técnico y la sostenibilidad económica del proceso. El análisis cuantitativo de indicadores clave permitió evidenciar múltiples brechas frente a las buenas prácticas del sector logístico y los estándares internacionales.

Uno de los hallazgos más relevantes fue la elevada frecuencia de fallas técnicas recurrentes, atribuible a una baja cobertura del mantenimiento preventivo y a la ausencia de mecanismos formales de análisis de causas raíz. La relación entre el MTBF (tiempo medio entre fallas) y el MTTR (tiempo medio de reparación) reveló que, si bien la empresa ha logrado tiempos de intervención relativamente ágiles, estos se ven neutralizados por la repetitividad de los incidentes, lo que genera un círculo de ineficiencia operativa.

En cuanto al cumplimiento de los planes de mantenimiento, se identificó que menos del 70 % de las actividades programadas se ejecutaban según los cronogramas establecidos, con variaciones significativas entre tipos de vehículo y sedes operativas. Esta desviación impacta directamente en la planificación logística y en la rotación de la flota, afectando la capacidad de respuesta ante compromisos comerciales. Asimismo, el registro de mantenimiento correctivo superó en un 35 % al mantenimiento preventivo, lo que evidencia una cultura técnica reactiva, en detrimento de la confiabilidad del sistema.

De la dimensión económica, por un lado, los resultados arrojaron desviaciones presupuestales acumuladas en los últimos dos años por más del 20 %, resultado del uso

ineficiente de repuestos, de intervenciones repetidas en los mismos activos y de la falta de control en los tiempos improductivos del personal técnico. Este patrón directamente deteriora el margen operativo de la empresa e impacta negativamente las posibilidades de inversión en herramientas tecnológicas y formación del personal. Por otro lado, el equipo encontró deficiencias documentales importantes: falta de formatos estandarizados, registros incompletos, ausencia de trazabilidad de las órdenes de trabajo y errores frecuentes en la codificación de los activos. Estas condiciones cuestionan la confiabilidad de la información histórica disponible y dificultan la generación de evidencia para la toma de decisiones gerenciales. En síntesis, el modelo actual de mantenimiento en ICOLTRANS BIC tiene una estructura fragmentada, débil en planificación y escasa en mecanismos de control. Esto ha derivado en una operación costosa, poco predictiva y altamente expuesta al riesgo técnico y financiero. Estas condiciones justifican, sin lugar a dudas, el rediseño del sistema bajo los principios de estandarización, monitoreo y mejoramiento continuo.

Los hallazgos obtenidos a partir del diagnóstico técnico y económico del mantenimiento en ICOLTRANS BIC fundamentaron la necesidad de una transformación profunda en los procesos, roles y herramientas empleadas en la gestión de los activos vehiculares. A partir del rediseño del sistema y la implementación de protocolos técnicos, se proyectan impactos relevantes en distintas dimensiones organizacionales, productivas y estratégicas.

Desde el punto de vista operativo, el rediseño del modelo de mantenimiento orientado a la estandarización de procedimientos, la estructuración de perfiles técnicos, y el uso de cronogramas programados permitirá una mejora progresiva en la confiabilidad y disponibilidad de la flota. La adopción de formatos normalizados y una distribución clara de funciones

fortalecerá la trazabilidad de las intervenciones, reducirá la duplicación de tareas y facilitará el control de tiempos improductivos, lo cual incidirá directamente en la eficiencia del proceso.

En el plano estratégico y de competitividad, la puesta en marcha del sistema de evaluación del desempeño técnico-operativo supone un avance en la consolidación de una cultura organizacional basada en evidencia y mejora continua. Con una serie de indicadores, entre los que se pueden incluir después del análisis previo, el MTBF, MTTR, disponibilidad de flota y cumplimiento presupuestal, la empresa estará en capacidad de realizar ajustes hasta niveles de gestión para alinear su sistema de mantenimiento a las metas estratégicas y proyectar mejoras sostenibles a medio plazo. Asimismo, repercutirá en la capacidad de reacción gerencial y en la oportunidad de la toma de decisiones frente a desviaciones o contingencia. En lo social e institucional, se destaca el beneficio inmediato para el personal técnico, en términos de claridad de funciones, formación en continua y mejores condiciones operativas e institucionales, convirtiéndolo en un entorno laboral más profesionalizado. Estas mejoras, que intuyen desde en el nivel de bienestar interno de la planta hasta la calidad del servicio ofrecido y la percepción de los usuarios. Finalmente, el nuevo modelo propuesto se convierte en un referente replicable en el sector transporte, abarcando a las medianas empresas con estructuras operativas similares. La articulación entre procedimientos técnicos, monitoreo de indicadores e innovación organizacional representa una contribución relevante tanto para la práctica profesional de la ingeniería industrial como para la gestión empresarial orientada a resultados.

El presente trabajo fue abordado desde una metodología mixta, la cual consiste en la combinación de herramientas cuantitativas y cualitativas bajo un enfoque pragmático que busca abordar el fenómeno de estudio en sus dimensiones técnica, económica, organizacional y

formativa. Este fue considerado como el enfoque más adecuado para abordar un problema complejo, como lo es el rediseño de un sistema de mantenimiento vehicular en una empresa operadora de transporte. Desde un punto de vista epistemológico, el proyecto se sitúa en un pragmatismo operativo con enfoque crítico aplicado, ya que no solo busca conocer el problema, sino transformarlo a través de la generación de evidencia. El tipo de conocimiento generado es de carácter técnico-científico de acción por cuanto propone un rediseño basado en la validación empírica de la evidencia recopilada, lo que equivale a una intervención ingenieril en la empresa. Metodológicamente, se emplearon instrumentales cuantitativos como el análisis de indicadores, estudios comparativos y cualitativos tales como las entrevistas semiestructuradas, observaciones participantes y análisis documental.

Sin embargo, existen limitaciones identificadas durante el proceso de investigación. En primer lugar, los datos históricos completos y consistentes no estaban disponibles y solo se podían obtener parcialmente ya que no se digitalizó o validó todo el sistema de registros relacionados con el modelo actual de mantenimiento. En segundo lugar, los protocolos de trabajo propuestos no fueron validados empíricamente a través de la realización de pruebas piloto a causa de limitaciones de recursos operativos internos. En tercer lugar, la investigación no incluyó variables ambientales ni evaluó de ninguna manera la huella ecológica de los procedimientos técnicos obtenidos. Si bien estas limitaciones no invalidan los resultados, esta investigación sugiere varias áreas para futuras investigaciones. Además, puede ser valioso realizar la siguiente investigación complementaria:

Conclusiones

- El diagnóstico técnico-operativo evidenció falencias estructurales críticas en el sistema de mantenimiento vehicular de ICOLTRANS BIC, particularmente en la planificación, ejecución y seguimiento de actividades. La preponderancia del mantenimiento correctivo sobre el preventivo, la baja trazabilidad de los registros y la ineficiencia en el uso de recursos técnicos y financieros confirmaron la necesidad de rediseñar el modelo actual con base en criterios de confiabilidad, disponibilidad y costo-eficiencia.
- El éxito del nuevo modelo dependerá del monitoreo continuo. Se sugiere establecer un panel de control mensual con indicadores clave (MTBF, MTTR, CPK, cumplimiento de mantenimientos, satisfacción operativa) y un comité de mejora continua. A los seis meses de implementación, se debe realizar una auditoría técnica y financiera del modelo y ajustes en los formatos y protocolos. A mediano plazo, el sistema puede integrarse a procesos de mantenimiento predictivo y planes de sostenibilidad.
- La estandarización de procedimientos técnicos, la definición de perfiles operativos y la implementación de formatos de control representan un avance estratégico en la profesionalización del área de mantenimiento. Estas acciones permiten institucionalizar buenas prácticas, mejorar la trazabilidad de los activos y fortalecer la cultura organizacional en torno a la gestión basada en datos. El diseño propuesto responde a una lógica de mejora continua alineada con marcos normativos como la ISO 9001 y la ISO 55000.
- El proyecto abre nuevas líneas de investigación y acción, particularmente en el uso de tecnologías emergentes, el análisis del impacto ambiental del mantenimiento y la gestión del cambio cultural dentro de organizaciones técnicas. Se recomienda que futuras

investigaciones profundicen en la implementación de mantenimiento predictivo basado en inteligencia artificial, la interoperabilidad entre plataformas digitales (ERP–CMMS) y la evaluación del efecto de estas transformaciones sobre la satisfacción laboral y la eficiencia global del sistema logístico.

Referencias

- Aguilar, J. R., Torres, R., & Magaña, D. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 25(1), 15–26.
- Alfaro, R. R. B. (2015). Gestión de mantenimiento e ISO 55000 sobre manejo de activos físicos. *mantenimiento*, 11, 12.
- Alavedra-Flores, C., Gastelu-Pinedo, Y., Méndez-Orellana, G., Minaya-Luna, C., Pineda-Ocas, B., Prieto-Gilio, K., ... & Moreno-Rojo, C. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería industrial*, (034), 11-26.
- Anselmo, G. S. C. (2017). *FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ. TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE).
- Arango Serna, M. D., Ruiz Moreno, S., Ortiz Vásquez, L. F., & Zapata Cortes, J. A. (2017). Indicadores de desempeño para empresas del sector logístico: Un enfoque desde el transporte de carga terrestre. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(4), 707-720.

Asociación Española de Mantenimiento. (2019). *Gestión del mantenimiento industrial*.

AEM.

Ben-Daya, M., Duffuaa, S. O., Raouf, A., Knezevic, J., & Ait-Kadi, D. (2009).

Handbook of Maintenance Management and Engineering. Springer.

<https://doi.org/10.1007/978-1-84882-472-0>

Bernal Torres, C. A. (2016). Metodología de la investigación: administración, economía,

humanidades y ciencias sociales. Pearson Educación. [https://www-ebooks7-24-](https://www-ebooks7-24-com.loginbiblio.poligran.edu.co/?il=4326)

[com.loginbiblio.poligran.edu.co/?il=4326](https://www-ebooks7-24-com.loginbiblio.poligran.edu.co/?il=4326)

Bauset, S., González, P., Martínez, V. M., & Martínez, B. T. (2002). El mantenimiento

de las flotas de transporte. *Técnica industrial*, 247, 42.

Márquez Díaz, L. G., & Cantillo Maza, V. M. (2011). Evaluación de los parámetros de

las funciones de costo en la red estratégica de transporte de carga para

Colombia. *Ingeniería y Desarrollo*, 29(2), 286-307.

BSG INSTITUTE. (2020). Indicadores de confiabilidad, propulsores en la gestión del

mantenimiento. BSG Institute.

CASTILLO Tejeda, A. (2017). Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar

la disponibilidad mecánica del camión volquete volvo FMX-440. Huancayo:

Universidad del Centro del Perú.

Cano Moreno, H. (24 de 06 de 2011). Modelo Gerencial De Mantenimiento Para La

Flota De Tracto Camiones De Tracto Carga Ltda. Obtenido de

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7765/2/140906.pdf>

- CEN (European Committee for Standardization). (2014). *UNE-EN 13306: Maintenance terminology*. <https://www.en-standard.eu/une-en-13306-2010-maintenance-terminology/>
- Cobos, M. (2020). Importancia de una adecuada organización del mantenimiento para asegurar la disponibilidad de la flota. *Revista Ingeniería & Transporte*, 12(2), 34–45.
- España Cordón, R. A. (2023). *Diseño de investigación análisis de la gestión de mantenimiento a través de indicadores claves que determinen el plan anual de inversiones en granjas avícolas* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- Flórez, A. M., & Cardona, D. J. (2020). Aplicación del mantenimiento 4.0 mediante IoT e inteligencia artificial en flotas urbanas. *Revista DYNA*, 87(213), 48–56. <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n213.83452>
- González Prida, V. (2017). *Sistemas de mantenimiento: gestión, control y supervisión*. Alfaomega.
- GÓMEZ, M. L. I., & GÓMEZ, M. F. H. G. (2018). Propuesta de una metodología que permita optimizar el uso de los recursos asociados al plan de mantenimiento de la subestación la Ínsula de la Empresa Centrales Eléctricas de Norte De Santander. *Trabajo de grado. Fac. De Ingeniería. Univ. Libre Seccional de Cúcuta*.
- GONZÁLEZ, Fernández Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión, Fundación Confemetal, Madrid, España, 2004. 259 p.

- Hernández Sampieri, R. (2023). Metodología de la Investigación Plus. McGrawHill - Plus. <https://www-ebooks7-24-com.loginbiblio.poligran.edu.co/?il=34866>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2015). *NTC ISO 55000: Gestión de activos – Generalidades, principios y terminología*.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2018). *NTC ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos*.
- López, C., & Sánchez, J. (2021). Análisis de plataformas ERP en empresas logísticas colombianas. *Revista Colombiana de Computación*, 22(1), 33–47.
- Martínez, P., & Bernal, J. A. (2021). Estudio comparativo de software CMMS en empresas industriales colombianas. *Revista Ingenio*, 18(1), 21–37.
- Mobley, R. K. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance* (2nd ed.). Industrial Press.
- Pérez, L. F., & Gómez, H. (2022). Transformación digital del mantenimiento: perspectivas y barreras. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, 40(1), 75–92. <https://doi.org/10.14482/inde.40.1.607.9>
- Pulgarín Taborda, W. D. (2024). Desarrollo e implementación del plan de mantenimiento preventivo y de inspección para el control y la gestión del mantenimiento de los vehículos de la empresa HIERROS DE OCCIDENTE FERRETERIAS SAS.
- Peralta Ruiz, M. S. (28 de 10 de 2011). Modelo Gerencial De Mantenimiento Para Flotas De Transporte Pesado. Obtenido de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7782/2/142162.pdf>

- Salazar, M. & Chacón, L. (2020). Evaluación del desempeño en sistemas de mantenimiento en empresas de transporte. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, 38(2), 213–233. <https://doi.org/10.14482/inde.38.2.582.10>
- U.S. Department of Energy. (2010). *Operations & Maintenance Best Practices – A Guide to Achieving Operational Efficiency* (Release 3.0). <https://www.energy.gov/eere/femp/operations-and-maintenance-best-practices>