

**Diseño de una Propuesta Técnica y Operativa para la Optimización del Proceso de
Mantenimiento Preventivo para los Ascensores de la Empresa Iberoascensores**

Jeimy Tatiana García Méndez

Jesús Alberto Gelves Pérez

Directora: Phd. Claudia Jazmín Galeano Barrera

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia – UNAD

Escuela De Ciencias, Básicas, Tecnología E Ingeniería – ECTBI

2026

Dedicatoria

A Dios, por concedernos la fortaleza, sabiduría y serenidad necesarias para culminar este proyecto. Su guía iluminó cada etapa de este camino académico.

A nuestras madres, por su amor inmenso, su ejemplo de vida y su apoyo incondicional en los momentos más desafiantes. Ellas han sido inspiración, refugio y fuerza permanente.

A nuestros esposos(as), por su paciencia, comprensión y acompañamiento constante. Gracias por creer en nosotros, incluso en los días de cansancio, y por brindarnos ánimo para seguir avanzando.

A nuestros hijos, razón y motor de nuestras vidas. Su amor, sonrisas y presencia nos motivaron a perseverar y a recordar que cada esfuerzo es también para su futuro.

Agradecimientos

Este trabajo de grado no habría sido posible sin la colaboración y el apoyo de diversas personas e instituciones que acompañaron este proceso académico.

En primer lugar, expresamos nuestro sincero agradecimiento a Dios, por fortalecernos en cada etapa de esta investigación y permitirnos culminar con éxito este proyecto.

A nuestra tutora, PhD. Claudia Jazmín Galeano Barrera, queremos ofrecer un especial reconocimiento por su guía académica, sus observaciones oportunas y su acompañamiento constante. Su contribución intelectual y orientación metodológica fueron fundamentales para el desarrollo y consolidación de esta propuesta.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, agradecemos por brindarnos los recursos académicos, tecnológicos y administrativos necesarios para la formación profesional y para la realización de este trabajo.

A la empresa IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S., agradecemos el acceso a la información, los datos técnicos y la apertura institucional que permitieron realizar el análisis requerido para esta investigación. Su disposición fue clave para el desarrollo del estudio.

Finalmente, extendemos nuestro agradecimiento a nuestras familias, quienes, con su apoyo emocional, compañía y comprensión hicieron posible este logro. Su ánimo, paciencia y confianza fueron esenciales para perseverar durante todo el proceso.

Resumen

El presente proyecto de grado propone una estrategia de optimización para el mantenimiento preventivo de los ascensores en la empresa IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S., dedicada a la prestación de servicios técnicos en sistemas de transporte vertical. A partir de un diagnóstico detallado del proceso actual, se identificaron deficiencias en la estandarización de procedimientos, seguimiento de indicadores, planificación de actividades y reincidencia de fallas en componentes críticos. La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos, y se estructuró en cuatro fases: diagnóstico, análisis, diseño de propuesta y evaluación de impacto. Para el diseño de la propuesta se aplicaron herramientas de ingeniería y gestión como el ciclo PHVA, TPM, matriz DOFA, análisis de MTBF/MTTR y KPIs. Los resultados evidencian que la implementación de un modelo optimizado de mantenimiento preventivo puede reducir hasta en un 25% las fallas recurrentes y mejorar en un 30% la disponibilidad de los equipos. Además, se proyecta un incremento en la satisfacción del cliente y una mayor eficiencia en el uso de recursos técnicos y humanos. Este estudio contribuye al fortalecimiento de la gestión de activos en el sector de transporte vertical, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y promoviendo una cultura organizacional orientada a la mejora continua y la seguridad operativa.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, eficiencia operativa, ascensores, gestión de activos, mejora continua, confiabilidad.

Abstract

This undergraduate thesis proposes an optimization strategy for the preventive maintenance of elevators at IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S., a company dedicated to providing technical services for vertical transportation systems. Based on a detailed diagnosis of the current process, deficiencies were identified in the standardization of procedures, monitoring of indicators, activity planning, and the recurrence of failures in critical components. The research was conducted using a mixed-methods approach, combining quantitative and qualitative methods, and was structured in four phases: diagnosis, analysis, proposal design, and impact evaluation. For the design of the proposal, engineering and management tools such as the PDCA cycle, TPM, SWOT matrix, MTBF/MTTR analysis, and KPIs were applied. The results show that the implementation of an optimized preventive maintenance model can reduce recurring failures by up to 25% and improve equipment availability by 30%. Furthermore, an increase in customer satisfaction and greater efficiency in the use of technical and human resources are projected. This study contributes to strengthening asset management in the vertical transportation sector, aligning with the Sustainable Development Goals (SDGs) and promoting an organizational culture focused on continuous improvement and operational safety.

Keywords: Preventive maintenance, operational efficiency, elevators, asset management, continuous improvement, reliability.

Tabla de contenido

Introducción	12
Pregunta de investigación	14
Estructura del documento	14
Planteamiento de Problema y Justificación	16
Consecuencias de la ineficiencia en el mantenimiento	17
Formulación del problema.....	17
Justificación académica, empresarial y social	17
Objetivos.....	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos	20
Marco Teórico y Conceptual	21
Conceptos básicos de mantenimiento industrial.....	21
Gestión de procesos y mejora continua (PHVA, Lean, TPM)	22
Ciclo PHVA.....	23
Lean Maintenance.....	23
Total Productive Maintenance (TPM y TPM 4.0).....	23
Normatividad y estándares aplicables (ISO 55000, seguridad en ascensores).....	24
Estudios previos y casos relacionados.....	24
Definiciones clave (eficiencia, disponibilidad, confiabilidad)	25
Metodología	26
Tipo y enfoque de investigación.....	26
Diseño metodológico.....	26

Técnicas e instrumentos de recolección de información	27
Etapas de desarrollo del proyecto	28
Diagnóstico del proceso actual	28
Análisis de fallas y tiempos	28
Propuesta de optimización	28
Evaluación de impacto.....	28
Resultados	29
Diagnóstico del proceso actual	29
Identificación de oportunidades de mejora.....	44
Análisis de fallas recurrentes y tiempos improductivos	46
Análisis Crítico de Componentes y Tiempos de Intervención	48
Evaluación de la Eficiencia Operativa (MTTR y MTBF Proyectado).....	48
Justificación de la Intervención mediante TPM	49
Propuesta de optimización del proceso de mantenimiento preventivo.....	49
Estandarización de Protocolos y Procedimientos Técnicos	49
Planificación Estratégica y Programación Dinámica	50
Sistema de Control mediante Indicadores (KPIs).....	50
Proyección de Impacto y Beneficios Operativos.....	51
Análisis de fallas recurrentes.....	51
Análisis de fallas recurrentes y tiempos improductivos	52
Análisis de Desperdicios y Tiempos No Contributivos.....	52
Correlación entre Fallas y Seguridad Operacional	53
Discusión.....	55

Comparación de resultados con estudios previos	55
Limitaciones del trabajo	57
Implicaciones prácticas para la empresa.....	58
Conclusiones.....	60
Recomendaciones	62
Referencias Bibliográficas	64
Apéndices.....	66

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Tipo de cargo del entrevistado</i>	29
Figura 2 <i>Años de experiencia en mantenimiento de ascensores</i>	30
Figura 3 <i>Cumplimiento del mantenimiento preventivo según programación</i>	31
Figura 4 <i>Estructura y adecuación del plan de mantenimiento</i>	32
Figura 5 <i>Recepción del cronograma con anticipación</i>	33
Figura 6 <i>Disponibilidad de herramientas y repuestos</i>	34
Figura 7 <i>Estandarización de procedimientos de mantenimiento</i>	35
Figura 8 <i>Tiempo promedio dedicado al mantenimiento preventivo.</i>	36
Figura 9 <i>Frecuencia de registro de las actividades de mantenimiento.</i>	37
Figura 10 <i>Claridad y practicidad de los formatos de mantenimiento</i>	38
Figura 11 <i>Retroalimentación sobre resultados del mantenimiento</i>	39
Figura 12 <i>Nivel de satisfacción con el mantenimiento preventivo</i>	40
Figura 13 <i>Identificación de oportunidades de optimización</i>	41
Figura 14 <i>Principales causas de retraso o fallas</i>	43
Figura 15 <i>Prioridades de mejora en el proceso de mantenimiento</i>	44

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Años de experiencia en mantenimiento de ascensores</i>	30
Tabla 2 <i>Frecuencia de los mantenimientos preventivos</i>	31
Tabla 3 <i>Adaptación del Plan de mantenimiento a la realidad operativa</i>	32
Tabla 4 <i>Recepción del cronograma de mantenimiento</i>	33
Tabla 5 <i>Herramientas y repuestos para realizar mantenimientos</i>	34
Tabla 6 <i>Documentación de procedimientos</i>	35
Tabla 7 <i>Tiempo por mantenimiento</i>	36
Tabla 8 <i>Registro de actividades de mantenimiento</i>	37
Tabla 9 <i>Formato de mantenimiento</i>	38
Tabla 10 <i>Retroalimentación de los resultados del mantenimiento</i>	39
Tabla 11 <i>Nivel de satisfacción con la organización del mantenimiento</i>	40
Tabla 12 <i>Optimización de procesos</i>	41
Tabla 13 <i>Retraso o fallas del mantenimiento</i>	42
Tabla 14 <i>Mejoras del proceso</i>	43
Tabla 15 <i>Matriz DOFA del proceso de mantenimiento</i>	45
Tabla 16 <i>Diagrama de Pareto Frecuencia de Fallas</i>	47
Tabla 17 <i>Cronograma de mantenimiento preventivo mensual</i>	51

Lista de apéndices

Apéndice A <i>Diagrama de Pareto</i>	66
Apéndice B <i>Cronograma de Mantenimiento</i>	67

Introducción

El mantenimiento preventivo constituye un pilar fundamental para garantizar la operación segura, continua y eficiente de los sistemas electromecánicos utilizados en el transporte vertical. Diversos estudios han demostrado que una adecuada planificación preventiva reduce significativamente la recurrencia de fallas y prolonga la vida útil de los equipos, especialmente en sistemas de elevación, donde la confiabilidad y seguridad representan factores críticos para los usuarios (Liu & Wu, 2018; Cui et al., 2025).

En contextos donde el crecimiento urbano ha incrementado la demanda de ascensores, se ha evidenciado que las infraestructuras modernas requieren estrategias de mantenimiento más sofisticadas. La literatura reciente señala que la aplicación de modelos predictivos, el monitoreo continuo y la optimización basada en análisis de datos pueden mejorar en más del 20 % los indicadores de disponibilidad técnica y reducir las fallas recurrentes (Yu et al., 2025; Geça et al., 2025). Este enfoque, basado en análisis avanzados como redes bayesianas, aprendizaje automático y sensores IoT, se ha convertido en referencia para la industria de transporte vertical.

En el caso colombiano, múltiples empresas enfrentan retos relacionados con la falta de estandarización de procesos, la baja trazabilidad documental y una limitada integración tecnológica para el control operativo. Modelos tradicionales de programación fija se han mostrado insuficientes para responder a la dinámica operativa actual, que demanda procesos más ágiles y basados en datos (Mendes et al., 2022; Montague, 2023). Estas brechas operativas afectan directamente la calidad del servicio y ocasionan mayores costos derivados de intervenciones correctivas no planificadas.

Al revisar las normativas internacionales, la serie ISO 55000 establece principios orientados a la gestión estratégica de activos y destaca la importancia de implementar procesos

que garanticen valor, sostenibilidad y decisiones basadas en riesgos (ISO, 2024). Esta perspectiva es especialmente relevante en sistemas de transporte vertical, donde la gestión del ciclo de vida y la continuidad operacional son esenciales para asegurar un servicio confiable.

A su vez, metodologías modernas como Total Productive Maintenance (TPM), TPM 4.0, Lean Maintenance e iniciativas basadas en smart manufacturing han demostrado su eficacia al reducir tiempos improductivos, optimizar recursos y fomentar la mejora continua mediante el uso de tecnologías digitales (Shannon et al., 2023; Gooma, 2025). Estas prácticas se fortalecen con herramientas de inteligencia artificial, análisis de fallas basados en grandes volúmenes de datos y sistemas predictivos de próxima generación (Chen et al., 2019).

En este contexto, IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S. enfrenta desafíos similares a los descritos en la literatura: falta de estandarización, gestión logística limitada y altos niveles de reincidencia de fallas. Datos recientes provenientes de investigaciones y repositorios abiertos enfatizan que muchas de las fallas más críticas en ascensores —particularmente en puertas, frenos y sistemas de nivelación— pueden ser pronosticadas mediante técnicas predictivas avanzadas y análisis de patrones operativos (Axenie & Bortoli, 2020; Chen et al., 2019).

Por lo anterior, se identifica la necesidad urgente de fortalecer el mantenimiento preventivo en la organización. Esta monografía propone un modelo técnico–operativo fundamentado en metodologías de mejora continua, indicadores de gestión, trazabilidad digital y estrategias de mantenimiento avanzado, con el propósito de mejorar la eficiencia operativa, reducir la reincidencia de fallas y garantizar la seguridad y confiabilidad de los equipos.

Pregunta de investigación

¿Cómo puede optimizarse el proceso de mantenimiento preventivo para mejorar la eficiencia operativa y reducir la reincidencia de fallas en una empresa del sector de ascensores?

Estructura del documento

La presente monografía está organizada en siete apartados que permiten abordar de manera integral el diseño de un modelo optimizado de mantenimiento preventivo para sistemas de ascensores:

Introducción Presenta el contexto general del estudio, los objetivos, la delimitación, la justificación y la estructura del documento.

Planteamiento del problema y justificación Expone la situación problemática que motiva el estudio, sus implicaciones técnicas y sociales, y la relevancia de abordar el tema desde una perspectiva académica y profesional.

Marco teórico y conceptual Reúne los fundamentos teóricos y conceptuales relacionados con el mantenimiento preventivo, la gestión de activos, la confiabilidad operativa y los sistemas de elevación.

Metodología Describe el enfoque metodológico utilizado, el tipo de investigación, las técnicas de recolección de información y el proceso de análisis aplicado para el diseño del modelo.

Resultados y propuesta de optimización. Presenta los hallazgos obtenidos y la propuesta técnica del modelo optimizado, incluyendo sus componentes, criterios de mejora y beneficios esperados.

Discusión Analiza los resultados en relación con el marco teórico, identifica fortalezas y limitaciones del modelo propuesto, y plantea reflexiones sobre su aplicabilidad.

Conclusiones y recomendaciones Resume los principales aportes del estudio, plantea recomendaciones para la implementación del modelo y su posible adaptación en otros contextos industriales.

Planteamiento de Problema y Justificación

El adecuado funcionamiento de los ascensores es esencial para garantizar la movilidad segura en edificaciones residenciales, comerciales e institucionales. No obstante, múltiples investigaciones recientes evidencian un incremento en la frecuencia de fallas en sistemas de elevación, derivado de deficiencias en la planificación del mantenimiento, insuficiencia en la trazabilidad de intervenciones y ausencia de modelos predictivos que permitan anticipar eventos críticos (Liu & Wu, 2018; Yu et al., 2025). Esta situación afecta no solo la disponibilidad técnica de los equipos, sino también la percepción de seguridad por parte de los usuarios.

En el caso de IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S., los registros operativos del primer semestre de 2025 muestran una reincidencia significativa de fallas en componentes críticos como frenos, puertas y nivelación, coincidiendo con lo reportado en estudios internacionales y en datasets abiertos de la industria (Axenie & Bortoli, 2020; Chen et al., 2019). Estas fallas recurrentes, sumadas a la falta de estandarización documental y a retrasos asociados a la disponibilidad de repuestos, generan tiempos improductivos que afectan la continuidad del servicio y elevan los costos de operación.

La ausencia de procedimientos homogéneos, la limitada integración de herramientas digitales y la baja eficiencia en la planificación técnica han derivado en un modelo de mantenimiento predominantemente reactivo. Esta situación es coherente con problemáticas identificadas en múltiples empresas del sector, donde la falta de estrategias basadas en datos limita la capacidad de anticipación y gestión efectiva de riesgos operativos (Mendes et al., 2022; Montague, 2023).

Consecuencias de la ineficiencia en el mantenimiento

La ineficiencia en el mantenimiento preventivo genera consecuencias técnicas, económicas y sociales. Desde el punto de vista técnico, se incrementa la frecuencia de mantenimientos correctivos, lo que reduce la confiabilidad de los equipos (Smith & Hinchcliffe, 2004). Económicamente, se elevan los costos por reparaciones no planificadas y por la pérdida de productividad, como lo advierte Drucker (1999), quien destaca que la eficiencia en el uso de recursos es clave para la sostenibilidad organizacional. Socialmente, se afecta la percepción del cliente y se compromete la seguridad de los usuarios, especialmente en edificaciones de alto tráfico, lo cual está alineado con los principios del ODS 11, que promueve ciudades seguras y sostenibles (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Formulación del problema

La problemática central se resume en la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo puede diseñarse un modelo optimizado de mantenimiento preventivo que mejore la eficiencia operativa y reduzca la reincidencia de fallas en una empresa del sector de ascensores?

Esta pregunta orienta el desarrollo de la propuesta técnica, buscando integrar herramientas de gestión, criterios de mejora continua y principios de sostenibilidad, como lo proponen metodologías reconocidas en la literatura técnica (Deming, 1986; Nakajima, 1988).

Justificación académica, empresarial y social

La presente investigación se justifica desde tres dimensiones complementarias: académica, empresarial y social.

Justificación académica

Desde el ámbito académico, este estudio contribuye al fortalecimiento del conocimiento técnico en mantenimiento industrial, gestión de activos y mejora continua. La propuesta se alinea con los lineamientos metodológicos de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 9, que promueve infraestructuras resilientes, y el ODS 11, orientado a garantizar ciudades seguras y sostenibles (Organización de las Naciones Unidas, 2015). Además, se fundamenta en modelos reconocidos como el ciclo PHVA (Deming, 1986) y el TPM (Nakajima, 1988), ampliamente utilizados en la industria para mejorar la eficiencia operativa y reducir fallas.

La literatura internacional reciente destaca la importancia de integrar herramientas predictivas, modelos de confiabilidad, sistemas de monitoreo inteligente y enfoques como TPM 4.0 para elevar la eficiencia del mantenimiento (Gomaa, 2025; Shannon et al., 2023). De este modo, el estudio aporta evidencia aplicada y actualizada sobre la implementación de estos modelos en el sector de transporte vertical.

Justificación empresarial

En el contexto organizacional, la empresa objeto de estudio presenta oportunidades de mejora en la gestión del mantenimiento preventivo. Basados en informes técnicos, se evidencia que, aunque se realizan tareas periódicas como limpieza de mecanismos, revisión de frenos y verificación de sistemas de seguridad, existen debilidades en el registro de tiempos, trazabilidad de actividades y estandarización de procedimientos. Estas carencias limitan la capacidad de análisis técnico y la toma de decisiones basada en datos, lo cual puede afectar la disponibilidad de los equipos y elevar los costos operativos (Mobley, 2002; ISO, 2014).

Asimismo, investigaciones recientes demuestran que la adopción de modelos de mantenimiento basados en monitoreo inteligente, análisis de fallas y herramientas predictivas permite disminuir tiempos improductivos, mejorar la confiabilidad de los componentes críticos y aumentar la disponibilidad operacional (Geça et al., 2025; Yu et al., 2025). Esto resalta la necesidad de que la empresa transite desde un modelo predominantemente reactivo hacia una estrategia preventiva y predictiva, respaldada por indicadores y metodologías de mejora continua.

Justificación social

Desde una perspectiva social, el mantenimiento adecuado de los ascensores impacta directamente en la seguridad de los usuarios, especialmente en edificaciones residenciales y comerciales. La optimización del proceso contribuye a la reducción de riesgos operativos, mejora la calidad del servicio y promueve una cultura organizacional orientada a la prevención. Además, al integrar criterios de sostenibilidad y cumplimiento normativo (Ministerio de Minas y Energía, 2022; ICONTEC, 2016), se favorece el uso responsable de recursos técnicos y humanos, generando beneficios para la comunidad y el entorno.

Organismos internacionales resaltan la importancia de que los sistemas de transporte vertical integren prácticas sostenibles, seguras y orientadas al usuario, en línea con los principios establecidos por la ISO 55000 y con estándares de gestión de activos basados en riesgo (ISO, 2024). Por tanto, este estudio contribuye a fortalecer la seguridad pública y a mejorar la calidad de vida de las comunidades que dependen diariamente de los ascensores.

Objetivos

Objetivo General

Optimizar el proceso de mantenimiento preventivo en una empresa del sector de ascensores, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y reducir la reincidencia de fallas.

Objetivos Específicos

Diagnosticar el proceso actual de mantenimiento preventivo, identificando debilidades y oportunidades de mejora.

Analizar los factores que afectan la eficiencia y efectividad del mantenimiento preventivo.

Diseñar una propuesta técnica y operativa que mejore los tiempos, la programación y la estandarización del mantenimiento preventivo.

Marco Teórico y Conceptual

Conceptos básicos de mantenimiento industrial

El mantenimiento industrial comprende el conjunto de actividades técnicas destinadas a asegurar la disponibilidad, funcionalidad, confiabilidad y seguridad de los equipos dentro de un sistema productivo. Su adecuada gestión permite prevenir fallas, prolongar la vida útil de los activos y optimizar los recursos operativos de una organización. A lo largo del tiempo, se han desarrollado diversos enfoques de mantenimiento, cada uno con un nivel progresivo de madurez técnica y metodológica (Mobley, 2002; Smith & Hinchcliffe, 2004).

Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es el tipo de intervención que se realiza cuando el equipo ha fallado. Su propósito es restaurar la funcionalidad del sistema mediante acciones como reparación y sustitución de componentes. Este tipo de mantenimiento es inevitable en ciertos casos, pero su aplicación sistemática conduce a altos costos operativos, interrupciones no planificadas y menor confiabilidad del equipo (Moubray, 1997; Smith & Hinchcliffe, 2004).

Estudios recientes confirman que, en sistemas complejos como los ascensores, las intervenciones correctivas pueden incrementar hasta un 40% los tiempos de indisponibilidad debido a la falta de anticipación técnica y a la dependencia de diagnósticos tardíos (Yu et al., 2025).

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en la ejecución programada de actividades de inspección, ajuste, limpieza y reemplazo de piezas antes de que ocurra una falla. Su objetivo es reducir la frecuencia de averías, mejorar la disponibilidad operativa y alargar la vida útil de los activos. En sistemas de ascensores, estas actividades incluyen la inspección de frenos, sistemas

de nivelación, control de puertas y limpieza de mecanismos (Smith & Hinchcliffe, 2004).

La literatura abierta reciente muestra que la aplicación adecuada de planes preventivos puede reducir hasta un 25% las fallas críticas cuando se definen intervalos de mantenimiento basados en modelos matemáticos optimizados (Liu & Wu, 2018).

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se fundamenta en el monitoreo continuo del comportamiento físico del equipo mediante variables como vibración, temperatura, ruido y consumo energético. A través del análisis de tendencias y el uso de modelos de diagnóstico, es posible predecir fallas antes de que ocurran, mejorando la precisión de las intervenciones (Mobley, 2002).

Investigaciones recientes en la industria de ascensores evidencian que los modelos predictivos basados en machine learning logran detectar fallas en motores de puertas y sistemas de frenado con precisiones superiores al 95% (Geça et al., 2025).

Asimismo, datasets abiertos demuestran que sensores IoT permiten capturar patrones de vibración que anticipan comportamientos anómalos en sistemas de puertas y cabinas (Axenie & Bortoli, 2020).

Gestión de procesos y mejora continua (PHVA, Lean, TPM)

La gestión del mantenimiento moderno debe integrarse a metodologías de mejora continua, las cuales estructuran procesos de optimización progresiva en sistemas industriales.

Ciclo PHVA

El ciclo PHVA (Planear–Hacer–Verificar–Actuar), propuesto por Deming (1986), constituye una metodología sistemática que permite controlar, documentar y mejorar procesos de mantenimiento. A través del PHVA es posible establecer estándares técnicos, evaluar resultados mediante indicadores y ejecutar acciones correctivas de manera continua.

Lean Maintenance

Lean Maintenance adapta los principios de la filosofía Lean al contexto del mantenimiento. Su objetivo es eliminar desperdicios (muda) como tiempos improductivos, movimientos innecesarios, reprocesos o esperas por herramientas y repuestos. Para ello, se aplican herramientas como 5S, Value Stream Mapping y estandarización de tareas (Swanson, 2003).

Estudios recientes demuestran que la combinación de Lean con tecnologías de la Industria 4.0 puede mejorar hasta en un 20% la eficiencia del mantenimiento mediante procesos más ágiles, con mejor flujo de información y toma de decisiones basada en datos en tiempo real (Mendes et al., 2022).

Total Productive Maintenance (TPM y TPM 4.0)

El TPM es un enfoque integral de mantenimiento orientado a la participación activa de todo el personal de la organización, buscando cero fallas, cero errores y cero accidentes (Nakajima, 1988). Sus pilares principales incluyen mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, capacitación, gestión temprana y seguridad industrial.

En la actualidad, el TPM ha evolucionado hacia TPM 4.0, el cual integra tecnologías como sensores IoT, análisis predictivo, inteligencia artificial y monitoreo en tiempo real para evitar fallas inesperadas y optimizar la disponibilidad de los activos (Shannon et al., 2023).

Gomaa (2025) destaca que los modelos TPM 4.0 logran reducir tiempos de parada y aumentar la eficiencia global del equipo (OEE) gracias a la integración de monitoreo en línea y análisis inteligente de datos.

Normatividad y estándares aplicables (ISO 55000, seguridad en ascensores)

El mantenimiento de ascensores requiere el cumplimiento de normativas técnicas que aseguren seguridad, confiabilidad y operación eficiente.

- RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas): establece requisitos técnicos para instalaciones eléctricas seguras en Colombia (Ministerio de Minas y Energía, 2022).
- NTC 5926: regula los procedimientos mínimos para el mantenimiento seguro de ascensores en Colombia (ICONTEC, 2016).
- ISO 55000: norma internacional para la gestión estratégica de activos físicos, la cual enfatiza el valor, el ciclo de vida del activo y la toma de decisiones basada en riesgo (ISO, 2014; ISO, 2024).

La versión más reciente de ISO 55000 fortalece los lineamientos para la gestión basada en evidencia, planificación estratégica y aseguramiento de valor durante toda la vida útil del activo.

Estudios previos y casos relacionados

Diversos estudios han demostrado que la falta de estandarización, planificación y control del mantenimiento preventivo afecta directamente la disponibilidad técnica de los ascensores.

Por ejemplo:

- El análisis de fallas en ascensores de carga muestra que los modos de falla más críticos corresponden a frenos, puertas y componentes estructurales sometidos a desgaste (Yu et

al., 2025).

- Investigaciones sobre diagnóstico inteligente revelan que técnicas basadas en IA permiten identificar fallos en cabinas y puertas con alta precisión (Chen et al., 2019).
- Modelos basados en TPM 4.0 integrados con análisis predictivo muestran mejoras significativas en disponibilidad y reducción de paradas (Shannon et al., 2023).

Estos estudios respaldan la pertinencia de mejorar los modelos tradicionales de mantenimiento mediante estrategias optimizadas, analíticas y basadas en datos.

Estas investigaciones confirman la pertinencia del presente estudio, ya que la empresa IBEROASCENSORES presenta características similares a las descritas en la literatura, validando la necesidad de diseñar una propuesta de optimización ajustada a su contexto operativo. El informe técnico de IBEROASCENSORES (2025) evidencia la ejecución de tareas preventivas, pero también revela oportunidades de mejora en la trazabilidad, estandarización y control del proceso.

Definiciones clave (eficiencia, disponibilidad, confiabilidad)

- **Eficiencia:** Capacidad de lograr resultados con el menor uso posible de recursos (Drucker, 1999).
- **Disponibilidad:** Porcentaje de tiempo en que el equipo está operativo y funcional (Mobley, 2002).
- **Confiabilidad:** Probabilidad de que el equipo funcione correctamente durante un período determinado sin fallas (Smith & Hinchcliffe, 2004).

Estos conceptos son fundamentales para evaluar el impacto de la propuesta técnica en el desempeño de los sistemas de ascensores.

Metodología

Tipo y enfoque de investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con apoyo cualitativo, de tipo aplicado y descriptivo, orientado al diseño de una propuesta de optimización del mantenimiento preventivo de la empresa IBEROASCENSORES DE COLOMBIA SAS.

La población objeto de estudio estuvo conformada por el personal técnico operativo de la empresa IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S. La muestra es no probabilística por conveniencia, seleccionando a los técnicos directamente involucrados en la ejecución del mantenimiento preventivo.

La muestra estuvo conformada por tres técnicos operativos, ya que corresponden al total del personal encargado del mantenimiento preventivo en la sede objeto de estudio de la empresa IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S. Por lo tanto, se realizó un análisis censal de la población disponible.

Se emplearon revisión documental, encuestas al personal técnico, análisis de registros históricos, cálculo de indicadores MTBF y MTTR, y herramientas de mejora continua como la matriz DOFA y el ciclo PHVA.

Diseño metodológico

Se estructura en cuatro fases principales: diagnóstico, análisis, diseño de propuesta y evaluación de impacto. Cada fase se incorpora con una herramienta de ingeniería y gestión de mantenimiento para garantizar que los resultados se den de manera positiva. El diseño corresponde a la necesidad de comprender el funcionamiento actual, identificar las causas de la ineficiencia y plantear mejoras sostenibles en todos los niveles.

Técnicas e instrumentos de recolección de información

La revisión documental se realizó a partir de los registros internos de mantenimiento de la empresa IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S., incluyendo informes técnicos de intervención, formatos de mantenimiento preventivo, registros de fallas y reportes de servicio correspondientes al primer semestre de 2025. Estos documentos permitieron identificar patrones de fallas recurrentes, tiempos promedio de intervención y debilidades en la estandarización de los procedimientos.

En la fase de análisis, se emplearon los reportes técnicos históricos para calcular indicadores como el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR), junto con el uso del diagrama de Pareto para clasificar las fallas más frecuentes y sus impactos operativos.

Para el diseño de la propuesta, se aplicaron herramientas de mejora continua como el ciclo PHVA (Deming, 1986) y la metodología TPM (Nakajima, 1988), que permiten estructurar las actividades de mantenimiento de forma eficiente y participativa. También se diseñaron fichas técnicas por tipo de equipo y se propuso el uso de formatos digitales con códigos QR para fortalecer la trazabilidad.

Finalmente, en la fase de evaluación de impacto, se utilizaron indicadores clave de desempeño (KPIs) como el porcentaje de cumplimiento del plan preventivo, disponibilidad técnica de los ascensores, MTBF y MTTR. Estos indicadores fueron comparados con los valores históricos para proyectar los beneficios del modelo propuesto, complementando el análisis con técnicas de benchmarking y auditorías internas.

Etapas de desarrollo del proyecto

Diagnóstico del proceso actual

Se realizó una evaluación detallada de los procedimientos y formatos de mantenimiento implementados en la empresa. El diagnóstico incluyó la revisión de los tiempos de intervención, los recursos utilizados, frecuencia en las tareas y el cumplimiento de los formatos y los controles internos.

Análisis de fallas y tiempos

Según los reportes técnicos se identificaron las fallas más recurrentes en los componentes críticos como frenos, poleas, sensores y sistemas de nivelación. Asimismo, se midieron los tiempos improductivos asociados a desplazamientos y en la falta de repuestos o demoras por los procesos de ejecución en las tareas de mantenimientos.

Propuesta de optimización

Según los hallazgos del diagnóstico y análisis, se diseñó una propuesta técnica enfocada en la estandarización de los procedimientos y la programación eficiente de las tareas, la implementación de indicadores de gestión (KPI) y el uso de las herramientas digitales para el control de las actividades.

Evaluación de impacto

Finalmente, se evaluó el impacto de la propuesta considerando variables como la reducción de las fallas recurrentes, mejora de los tiempos de respuesta, disponibilidad de los equipos y eficiencia durante de ejecución de las tareas. Para ello, se estimula los indicadores de referencia previos y proyectados tras la implementación del modelo propuesto.

Resultados

Diagnóstico del proceso actual

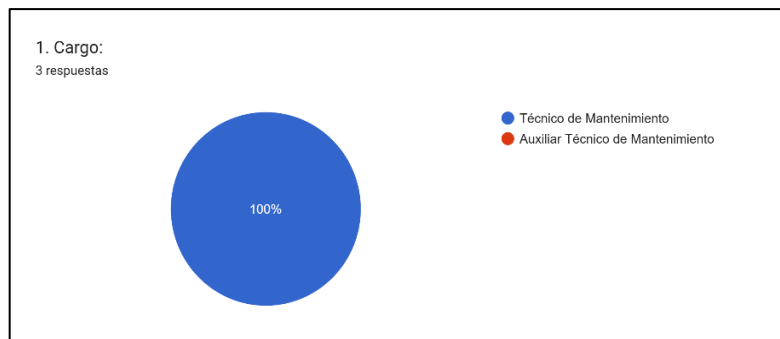
Los resultados obtenidos a partir del diagnóstico y de la encuesta aplicada al personal técnico permiten identificar de manera clara las principales debilidades del proceso de mantenimiento preventivo. Entre los hallazgos más relevantes se encuentran la falta de estandarización de procedimientos, deficiencias en la planificación de actividades, limitada disponibilidad de herramientas y repuestos, y debilidades en la trazabilidad de la información.

El análisis de los registros técnicos correspondientes al primer semestre de 2025 evidenció que aproximadamente el 60 % de las fallas se concentran en componentes críticos como sistemas de frenado, control de puertas y nivelación, lo cual impacta directamente la disponibilidad de los equipos y los tiempos de intervención.

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta aplicada:

Figura 1

Tipo de cargo del entrevistado.

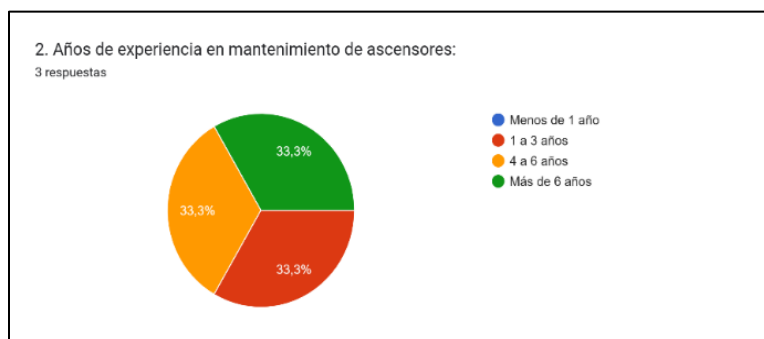


Nota. La gráfica muestra que los encuestados pertenecen al personal técnico operativo, permitiendo obtener información directa de quienes ejecutan los mantenimientos y conocen las principales debilidades del proceso. *Elaboración propia.*

Tabla 1*Años de experiencia en mantenimiento de ascensores*

Opciones	Resultados
Menos de 1 año	0
1 a 3 años	1
4 a 6 años	1
Más de 6 años	1

Nota. Con el propósito de caracterizar la experiencia laboral del personal técnico participante en la investigación, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 1. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 2*Años de experiencia en mantenimiento de ascensores*

Nota. Los resultados indican que ninguno de los técnicos tiene menos de un año de experiencia. La mayoría cuenta entre 1 y 6 años, y uno posee más de 6 años, reflejando un equipo con trayectoria suficiente para comprender las fallas y necesidades del proceso. *Elaboración propia.*

Tabla 2

Frecuencia de los mantenimientos preventivos según la programación establecida

Opciones	Resultados
Siempre se cumple	1
Casi siempre	2
A veces	0
Rara vez	0

Nota. Con el fin de evaluar el cumplimiento de las actividades de mantenimiento preventivo programadas por la organización, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 2.

Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 3

Cumplimiento del mantenimiento preventivo según programación



Nota. La mayoría de los participantes afirma que el mantenimiento preventivo “siempre” o “casi siempre” se cumple (3 de 3 respuestas). Esto evidencia disciplina en la ejecución, aunque no garantiza que el proceso sea eficiente o estandarizado. *Elaboración propia.*

Tabla 3

Adaptación del Plan de mantenimiento a la realidad operativa.

Opciones	Resultados
Si	1
Parcialmente	0
No	2

Nota. Para analizar la percepción del personal técnico respecto a la estructura del plan de mantenimiento preventivo implementado por la empresa, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 3. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 4

Estructura y adecuación del plan de mantenimiento



Nota. Los resultados muestran que el plan no está bien estructurado: dos técnicos respondieron “No” y solo uno “Si”. Esto refleja una falta de alineación entre la planificación y la realidad operativa del mantenimiento. *Elaboración propia.*

Tabla 4

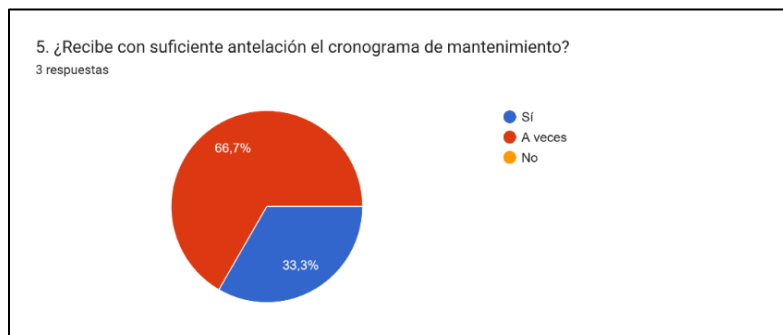
Recepción del cronograma de forma anticipada.

Opciones	Resultados
Si	1
A veces	2
No	0

Nota. Con el propósito de evaluar la planificación de las actividades de mantenimiento preventivo, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 4. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 5

Recepción del cronograma con anticipación



Nota. Aunque un técnico indica recibir el cronograma con anticipación, dos reportan que lo reciben solo “a veces”, evidenciando fallas en la programación y comunicación interna.

Elaboración propia.

Tabla 5*Herramientas y repuestos para realizar mantenimientos*

Opciones	Resultados
Si	0
La mayoría de las veces	2
Algunas veces	1
Rara vez	0

Nota. Para identificar la disponibilidad de los recursos necesarios para la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 5. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 6*Disponibilidad de herramientas y repuestos.*

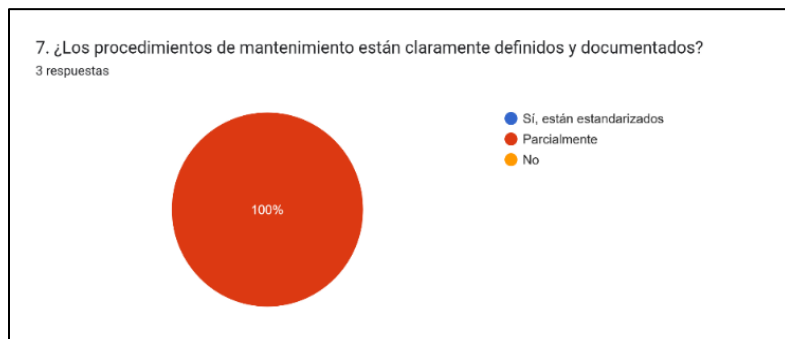
Nota. Ningún técnico reporta contar “siempre” con herramientas y repuestos necesarios. La mayoría los tiene “la mayoría de las veces” y en algunos casos “algunas veces”, lo que demuestra un problema real en la logística y abastecimiento de insumos. *Elaboración propia.*

Tabla 6*Documentación de procedimientos*

Opciones	Resultados
Si, están estandarizados	0
Parcialmente	2
No	1

Nota. Con el fin de analizar el nivel de estandarización de los procedimientos de mantenimiento implementados en la organización, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 6.

Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 7*Estandarización de procedimientos de mantenimiento*

Nota. Los resultados reflejan que los procedimientos no están estandarizados: dos técnicos respondieron “Parcialmente” y uno indicó que “No”. Esto indica debilidad en la documentación técnica y en la unificación de criterios operativos. *Elaboración propia.*

Tabla 7

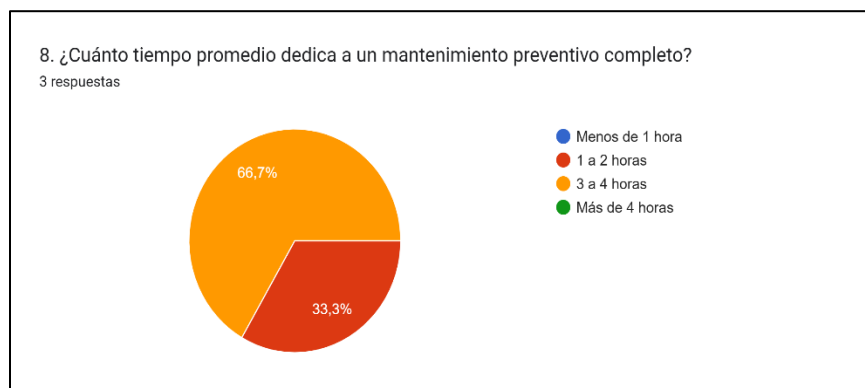
Tiempo por mantenimiento.

Opciones	Resultados
Menos de 1 hora	0
1 a 2 horas	1
3 a 4 horas	2
Más de 4 horas	0

Nota. Para conocer el tiempo promedio dedicado por el personal técnico a las actividades de mantenimiento preventivo, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 7. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 8.

Tiempo promedio dedicado al mantenimiento preventivo.



Nota. El tiempo reportado se ubica entre 1 y 4 horas, siendo más frecuente entre 3 y 4 horas.

Esto sugiere que los tiempos de intervención son altos, posiblemente debido a fallas en la programación o falta de recursos. *Elaboración propia.*

Tabla 8

Registro de actividades de mantenimiento.

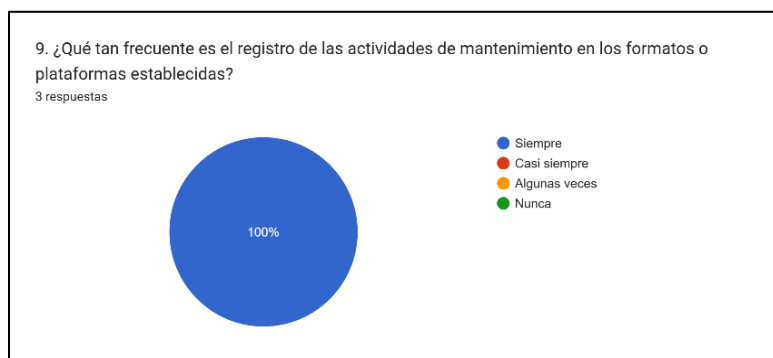
Opciones	Resultados
Siempre	3
Casi siempre	0
Algunas Veces	0
Nunca	0

Nota. Con el propósito de evaluar las prácticas de documentación de las actividades ejecutadas durante el mantenimiento preventivo, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 8.

Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 9.

Frecuencia de registro de las actividades de mantenimiento.



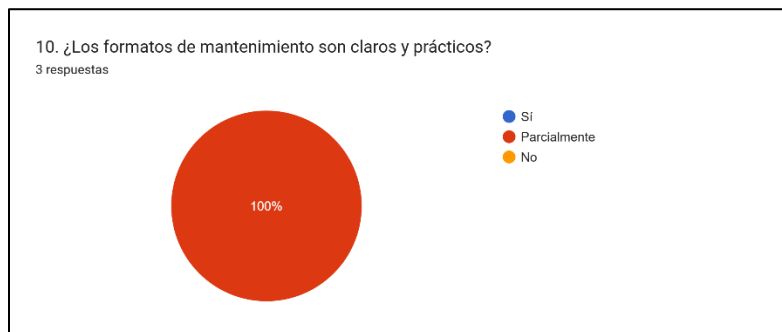
Nota. Los tres técnicos respondieron “Siempre”, lo cual indica una adecuada cultura de registro.

Sin embargo, esto no implica que los formatos sean claros o estandarizados. *Elaboración propia*

Tabla 9*Formato de mantenimiento.*

Opciones	Resultados
Si	0
Parcialmente	3
No	0

Nota. Para analizar la percepción del personal técnico respecto a la claridad y utilidad de los formatos utilizados en el proceso de mantenimiento, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 9. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 10*Claridad y practicidad de los formatos de mantenimiento*

Nota. Los tres participantes consideran que los formatos son solo “parcialmente” claros, lo que evidencia la necesidad urgente de rediseñar la documentación para mejorar la trazabilidad.

Elaboración propia.

Tabla 10

Realimentación de resultados.

Opciones	Resultados
Si	1
A veces	2
No	0

Nota. Con el fin de evaluar los mecanismos de seguimiento y comunicación de resultados implementados por la organización, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 10. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 11

Retroalimentación sobre resultados del mantenimiento.



Nota. Un técnico recibe retroalimentación, mientras que dos la reciben solo “a veces”. Esto muestra una comunicación inconsistente entre supervisión y personal técnico. *Elaboración propia.*

Tabla 11

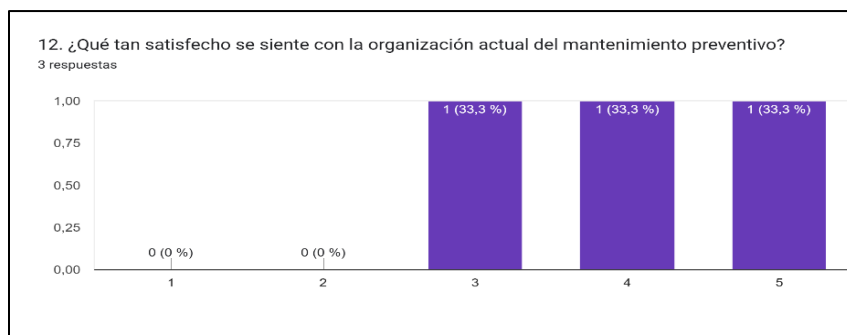
Nivel de satisfacción con la organización del mantenimiento.

Opciones	Resultados
Insatisfecho	0
Neutro	1
Satisfecho	1
Muy satisfecho	1

Nota. Para conocer el nivel de satisfacción del personal técnico respecto a la organización del mantenimiento preventivo, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 11. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 12

Nivel de satisfacción con el mantenimiento preventivo



Nota. La percepción es positiva: los técnicos se ubican entre “Neutro”, “Satisfecho” y “Muy satisfecho”. A pesar de ello, esta satisfacción no elimina las deficiencias técnicas detectadas.

Elaboración propia.

Tabla 12

Optimización de procesos.

Opciones	Resultados
Si	0
Parcialmente	3
No	0

Nota. Con el propósito de identificar oportunidades de mejora dentro del proceso de mantenimiento preventivo, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 12. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 13

Identificación de oportunidades de optimización.

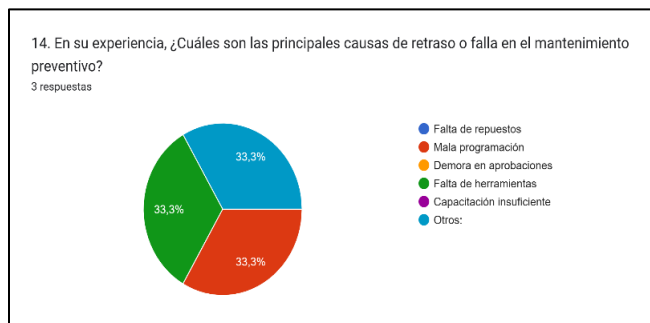


Nota. Los tres participantes seleccionaron “Parcialmente”, lo cual confirma que, aunque el proceso funciona, existen áreas críticas por mejorar. *Elaboración propia.*

Tabla 13*Retraso o fallas del mantenimiento*

Opciones	Resultados
Falta de repuestos	1
Mala programación	1
Demora en aprobaciones	0
Falta de herramientas	1
Capacitación insuficiente	0
Otros	0

Nota. Para identificar los factores que afectan el cumplimiento oportuno de las actividades de mantenimiento preventivo, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 13. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Figura 14*Principales causas de retraso o fallas*

Nota. Las causas más mencionadas son: falta de repuestos, mala programación y falta de herramientas. Esto coincide con los hallazgos del diagnóstico y afecta directamente los tiempos de intervención. *Elaboración propia.*

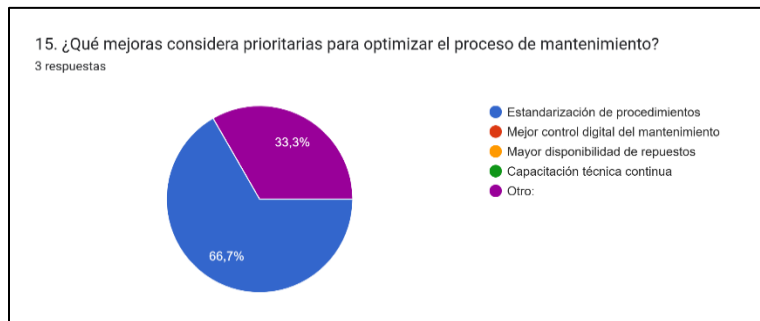
Tabla 14*Mejoras del proceso.*

Opciones	Resultados
Estandarización de procedimientos	2
Mejor control digital del mantenimiento	0
Mayor disponibilidad de repuestos	0
Capacitación técnica continua	0
Otros	1

Nota. Con el fin de establecer acciones orientadas al fortalecimiento del proceso de mantenimiento preventivo, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 14. *Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.*

Figura 15

Prioridades de mejora en el proceso de mantenimiento.



Nota. La mayoría considera que la estandarización de procedimientos es la mejora más urgente.

También se mencionan necesidades adicionales como ajustes en otros aspectos operativos.

Elaboración propia.

Identificación de oportunidades de mejora

La encuesta fue aplicada de manera digital mediante un formulario en Google Forms dirigido al personal técnico operativo de la empresa. El enlace del formulario y los resultados completos se incluyen en los anexos del documento.

A partir de la información recopilada durante el diagnóstico realizado en la organización, se elaboró una matriz DOFA que permite identificar las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas asociadas al proceso de mantenimiento preventivo. Los resultados se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15

Fortalezas y oportunidades identificadas

Fortalezas	Oportunidades
Personal técnico capacitado	Implementación de software de gestión de mantenimiento
Experiencia en el sector	Capacitación continua en metodologías TPM y PHVA
Compromiso del equipo de trabajo	Alianzas con proveedores para mejorar la logística
Debilidades	Amenazas
Falta de estandarización de procedimientos	Competencia con empresas más tecnificadas
Escaso seguimiento a indicadores	Reincidencia de fallas en componentes críticos
Deficiencias en la trazabilidad	Aumento de costos operativos por mantenimientos correctivos
Desconexión entre áreas técnicas y logísticas	Pérdida de confianza por parte de los clientes

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

En conclusión, el diagnóstico de IBEROASCENSORES revela una paradoja operativa: existe un alto compromiso y cultura de registro por parte del personal técnico (quienes reportan cumplir siempre con las bitácoras), pero el proceso carece de una columna vertebral normativa y logística. La percepción de los técnicos sobre la falta de estructura del plan (66% de respuestas

negativas) y la recepción inconsistente de cronogramas confirman que la ineficiencia no radica en la ejecución individual, sino en la planeación centralizada. La falta de herramientas y repuestos reportada como causa principal de retraso, sumada a procedimientos que solo están "parcialmente" estandarizados, sitúa a la empresa en una etapa de mantenimiento reactivo-preventivo sin optimización. Este escenario demanda una transición inmediata hacia un modelo basado en el ciclo PHVA, donde la estandarización documental sea la prioridad para reducir la variabilidad en los tiempos de intervención, que actualmente oscilan de forma amplia entre 1 y 4 horas por equipo.

Análisis de fallas recurrentes y tiempos improductivos

El período de estudio seleccionado corresponde al primer semestre de 2025, debido a que durante este intervalo se contó con registros técnicos completos, consistentes y accesibles suministrados por la empresa. Este período permitió identificar patrones representativos de fallas recurrentes y tiempos de intervención, siendo suficiente para sustentar el diagnóstico del proceso de mantenimiento preventivo.

Con el propósito de identificar los componentes que presentan mayor incidencia de fallas y establecer prioridades de intervención, se analizaron los registros técnicos disponibles de la organización. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16

Fallas por componente y tiempo promedio de intervención

Componente	Número de fallas	Porcentaje (%)	Tiempo promedio de intervención (min)
Sistema de frenado	12	24%	45
Control de puertas	10	20%	50
Sistema de nivelación	8	16%	55
Otros componentes	20	40%	40
Total	50	100%	—

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

La Tabla 16 muestra la distribución del número de fallas, su porcentaje de incidencia y los tiempos promedio de intervención por componente. Esta información evidencia que:

- El sistema de frenado representa el mayor número de fallas (24 %).
- El control de puertas tiene un 20 % de incidencia con tiempos de intervención relativamente altos.
- El sistema de nivelación, aunque con menor frecuencia (16 %), presenta el tiempo de intervención más alto (55 minutos), señalando un cuello de botella técnico.
- Los otros componentes representan el 40 % de las fallas, pero con tiempos más cortos (40 minutos), lo que indica múltiples fallas pequeñas que afectan la disponibilidad de forma acumulativa.

Análisis Crítico de Componentes y Tiempos de Intervención

El análisis del primer semestre de 2025 permite estratificar la criticidad de los sistemas mediante el impacto en la disponibilidad. Aunque el "Sistema de frenado" presenta el mayor número de fallas (24%), el "Sistema de nivelación" demanda el mayor tiempo promedio de intervención (55 min), lo que sugiere una mayor complejidad técnica o una falta de herramientas especializadas para su ajuste.

- **Impacto de los Sistemas de Acceso y Seguridad:** Las fallas en el control de puertas representan el 20% del total. Al ser este el componente con mayor ciclo de uso, su tiempo de intervención de 50 minutos refleja una oportunidad de mejora mediante mantenimiento proactivo en lugar de ajustes repetitivos.

- **Correlación entre Falla y Tiempo Improductivo:** Los datos indican que los "Otros componentes" suman el 40% de las fallas totales con el menor tiempo de intervención (40 min). Esto evidencia una fragmentación de pequeñas averías que, acumuladas, generan un "goteo" de indisponibilidad que afecta la percepción de confiabilidad del cliente.

Evaluación de la Eficiencia Operativa (MTTR y MTBF Proyectado)

A partir de los registros, se observa que la desconexión logística entre el área técnica y el almacén de repuestos eleva el MTTR (Tiempo Medio de Reparación). Los técnicos identifican la falta de insumos como un cuello de botella crítico.

- **Análisis de Desperdicios (Muda):** Se identifican tiempos muertos significativos no solo en la ejecución técnica, sino en los desplazamientos y la espera de aprobaciones o repuestos. Si el tiempo promedio de intervención técnica es de ~50 min, pero la encuesta indica que un mantenimiento preventivo completo toma entre 3 y 4 horas, existe un desfase de casi el 70% del

tiempo dedicado a actividades que no agregan valor (logística, traslados o búsqueda de información).

Justificación de la Intervención mediante TPM

La recurrencia de fallas en componentes críticos como frenos y nivelación (que suman el 40% de las fallas totales) valida la necesidad de implementar pilares de TPM (Mantenimiento Productivo Total). Específicamente, el pilar de "Mantenimiento Planificado" debe enfocarse en eliminar las causas raíz de estas fallas cíclicas. La falta de estandarización documental está impidiendo que el conocimiento de los técnicos más experimentados (aquellos con más de 6 años) se traduzca en guías rápidas para reducir el tiempo de intervención de los técnicos con menor trayectoria.

Este análisis profundo demuestra que la optimización no solo requiere cambiar "qué" se hace, sino "cómo" se soporta logísticamente la actividad técnica para rescatar esas horas de baja productividad detectadas en el diagnóstico.

Propuesta de optimización del proceso de mantenimiento preventivo

Con base en el diagnóstico previo, se estructuró una propuesta técnica basada en el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), orientada a transformar el mantenimiento de un modelo reactivo a uno proactivo y estandarizado.

Estandarización de Protocolos y Procedimientos Técnicos

Para reducir la variabilidad en las intervenciones detectada en el diagnóstico, se propone la creación de Guías de Inspección Estandarizada. Si bien IBEROASCENSORES cuenta con un software de reportes, se requiere que la captura de datos sea paramétrica (listas de chequeo obligatorias) y no solo descriptiva.

Protocolo de Intervención: Definición de pasos críticos para los sistemas de frenado, nivelación y puertas, asegurando que cada técnico, independientemente de su experiencia, ejecute las mismas pruebas de seguridad.

Trazabilidad Digital: Los reportes del primer semestre de 2025 servirán como línea base para alimentar un módulo de historial de activos, permitiendo que el sistema genere alertas automáticas cuando un componente crítico (como las zapatas de freno) se acerque al final de su vida útil estimada.

Planificación Estratégica y Programación Dinámica

La optimización del recurso humano se logrará mediante una Matriz de Priorización de Activos basada en la criticidad (uso del ascensor, antigüedad y frecuencia de fallas).

Optimización de Rutas: Implementación de un cronograma georreferenciado para minimizar tiempos de desplazamiento, los cuales actualmente representan un alto porcentaje de tiempo no contributivo.

Gestión de Cargas: Equilibrio de la programación semanal para evitar la saturación de los técnicos, permitiendo un margen del 15% del tiempo para "mantenimiento de oportunidad" o ajustes menores preventivos no programados.

Sistema de Control mediante Indicadores (KPIs)

Se establece un tablero de control (Dashboard) para medir la efectividad de la propuesta mediante los siguientes indicadores:

- DTE (Disponibilidad Técnica de Equipos): Meta > 95%.
- MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas): Objetivo de incrementar el tiempo de operación continua.
- MTTR (Tiempo Medio de Reparación): Meta de reducción mediante el uso de kits

de repuestos pre-armados.

- Cump-MP (% Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo): Medición de la adherencia al cronograma legal y contractual.

Proyección de Impacto y Beneficios Operativos

La implementación integral de esta propuesta apunta a una reducción del 25% en fallas catastróficas y un ahorro operativo del 15% derivado de la reducción de traslados de emergencia. El fortalecimiento de la cultura del "mantenimiento planificado" posicionará a IBEROASCENSORES como una empresa líder en confiabilidad técnica, facilitando la escalabilidad del modelo de negocio ante nuevas tecnologías.

Análisis de fallas recurrentes

El período de estudio seleccionado corresponde al primer semestre de 2025 presentando el tiempo promedio de falla por componente y sobre los cuales se basa la propuesta en esta sesión, tal como se observa en la tabla 17.

Tabla 17

Número de fallas por componente crítico.

Componente	Número de fallas	Porcentaje (%)
Sistema de frenado	12	24%
Control de puertas	10	20%
Sistema de nivelación	8	16%
Otros componentes	20	40%
Total	50	100%

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la investigación.

Análisis de fallas recurrentes y tiempos improductivos

Al analizar los datos recolectados, se identifica que el Sistema de Frenado es el componente con mayor recurrencia de fallas, representando el 24% del total de intervenciones. Siendo este un sistema crítico de seguridad, su alta frecuencia de fallo sugiere una necesidad de revisar los materiales de fricción o la periodicidad de los ajustes en el plan preventivo actual.

Por otro lado, el Sistema de Nivelación, aunque tiene una incidencia menor (16%), Esto revela un "cuello de botella" técnico: los especialistas tardan más tiempo calibrando este sistema que cualquier otro, lo que indica que una estandarización de herramientas o procedimientos de nivelación tendría un impacto inmediato en la reducción de tiempos de indisponibilidad del ascensor.

Análisis de Desperdicios y Tiempos No Contributivos

El desfase observado entre el tiempo técnico de intervención (que promedia los 45-55 min por componente) y la duración total percibida de un mantenimiento completo (3 a 4 horas según las encuestas) revela la presencia de "Mudas" o desperdicios en el proceso operativo:

- Esperas Logísticas: Tiempo perdido por la falta de repuestos críticos en el stock del técnico al momento de la visita.
- Sobre procesamiento: Realización de tareas de limpieza o lubricación sin un flujo lógico que optimice los movimientos del personal.
- Desplazamientos: La falta de una planeación por rutas geográficas incrementa el tiempo entre servicios, afectando la productividad diaria.

Correlación entre Fallas y Seguridad Operacional

Las fallas en el Control de Puertas (20%) y el Sistema de Frenado (24%) suman casi la mitad de las intervenciones. Esto no solo afecta la disponibilidad técnica, sino que impacta directamente en la percepción de seguridad del usuario final.

Conclusión del Análisis: Los datos confirman que IBEROASCENSORES se encuentra en una etapa de mantenimiento correctivo recurrente. El hecho de que la categoría "Otros componentes" represente el 40% de las fallas con el menor tiempo de intervención (40 min) indica una dispersión de problemas menores que podrían ser eliminados mediante un Checklist estandarizado más riguroso durante las visitas preventivas, evitando que estos pequeños fallos se conviertan en paradas imprevistas del equipo.

El análisis integral realizado en IBEROASCENSORES permite concluir que la problemática de la empresa no reside en la ejecución técnica per se, sino en la estructura del modelo de mantenimiento actual. Mientras que los técnicos demuestran compromiso y experiencia, la falta de una planificación estandarizada y una logística de repuestos alineada genera un ciclo de "mantenimiento correctivo disfrazado de preventivo".

La evidencia estadística muestra que el 40% de las fallas se concentran en componentes de alta criticidad (Frenos y Puertas), mientras que el tiempo de intervención más alto se encuentra en la Nivelación (55 min). Estos datos, sumados a la percepción de los trabajadores sobre la falta de herramientas y cronogramas claros, justifican la urgencia de implementar la propuesta de optimización basada en el ciclo PHVA.

En definitiva, pasar de un modelo reactivo a uno basado en indicadores de clase mundial (MTBF y MTTR) y protocolos de inspección rigurosos, permitirá a la organización no solo

reducir los tiempos improductivos detectados, sino también mejorar la rentabilidad operativa y la confianza del cliente final, asegurando la sostenibilidad del servicio a largo plazo.

Discusión

Comparación de resultados con estudios previos

Los resultados obtenidos en el diagnóstico y análisis del proceso de mantenimiento preventivo en IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S. presentan una alta correspondencia con los hallazgos reportados en la literatura especializada sobre mantenimiento en sistemas de transporte vertical y equipos electromecánicos críticos.

La concentración de fallas en componentes críticos como frenos, control de puertas y sistemas de nivelación coincide con lo señalado por estudios recientes que identifican estos elementos como los de mayor exposición al desgaste debido a su elevada frecuencia de operación y su impacto directo sobre la seguridad del usuario (Yu et al., 2025; Chen et al., 2019). Esta coincidencia valida la pertinencia del diagnóstico realizado y confirma que la priorización de estos componentes dentro del mantenimiento preventivo es técnicamente adecuada.

La falta de procedimientos claros, evidenciada en que dos de los tres técnicos afirmaron que los procedimientos no están estandarizados o solo existen parcialmente, se alinea con lo planteado por Moubrey (1997), quien señala que la ausencia de lineamientos definidos incrementa la probabilidad de fallas y genera dependencia del mantenimiento correctivo. Asimismo, los hallazgos que muestran deficiencias en la planificación como la entrega tardía del cronograma y la percepción de que el plan actual no se adapta a la realidad operativa refuerzan lo propuesto por Mobley (2002), quien afirma que una programación ineficiente afecta directamente la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Esta situación demuestra que la ejecución periódica del mantenimiento, por sí sola, no garantiza una reducción sostenida de fallas si no se acompaña de planificación, control y retroalimentación del proceso.

Por otra parte, los resultados obtenidos evidencian una baja aplicación de los principios

fundamentales del Mantenimiento Productivo Total, los cuales establecen que la reducción de fallas recurrentes se logra únicamente cuando el mantenimiento planificado, la estandarización de tareas y la participación del personal se integran como pilares del sistema (Nakajima, 1988). El hecho de que los técnicos identifiquen la estandarización de procedimientos como la mejora más prioritaria concuerda con las recomendaciones de Deming (1986), quien enfatiza que la mejora continua inicia con la normalización del trabajo. La ausencia de estos elementos explica la recurrencia de fallas menores que posteriormente derivan en intervenciones correctivas no planificadas

El análisis de los registros técnicos evidenció que aproximadamente el 60 % de las fallas se concentran en componentes críticos del ascensor, particularmente en el sistema de frenado (24 %), el control de puertas (20 %) y el sistema de nivelación (16 %). Esta concentración de fallas valida empíricamente el principio de Pareto aplicado a la gestión del mantenimiento, el cual establece que una proporción reducida de causas origina la mayoría de los efectos operativos, especialmente en sistemas complejos (Ahuja & Khamba, 2008). En este sentido, los resultados confirman que la priorización de estos componentes es técnica y estratégicamente adecuada

Asimismo, los tiempos elevados de intervención identificados en el sistema de nivelación concuerdan con investigaciones que describen este subsistema como uno de los más complejos de calibrar y ajustar cuando no existen procedimientos estandarizados ni herramientas especializadas disponibles, lo cual incrementa el tiempo medio de reparación (MTTR) y afecta la disponibilidad del equipo (Gęca et al., 2025). Este resultado evidencia cómo la ausencia de estandarización técnica incide directamente en la eficiencia operativa, el análisis de los tiempos improductivos detectados en el proceso coincide con los postulados de la filosofía Lean Maintenance, que identifica los desplazamientos innecesarios, esperas por repuestos, reprocesos

y falta de información como actividades que no agregan valor al proceso de mantenimiento (Swanson, 2003; Mendes et al., 2022). El hecho de que los técnicos estimen entre tres y cuatro horas para completar un mantenimiento preventivo, cuando el tiempo técnico real por componente es considerablemente menor, evidencia la presencia de desperdicios operativos.

Finalmente, la propuesta de optimización basada en el ciclo PHVA y el TPM se alinea con estudios contemporáneos que demuestran mejoras significativas en disponibilidad, confiabilidad y reducción de paradas cuando estas metodologías se aplican de manera estructurada y apoyada en indicadores clave de desempeño (Deming, 1986; Nakajima, 1988; Shannon et al., 2023). La integración de indicadores como MTBF y MTTR permite transformar los registros operativos en información estratégica para la toma de decisiones, fortaleciendo la gestión del mantenimiento preventivo

Limitaciones del trabajo

- Tamaño de la muestra reducido: La encuesta cuenta con muy pocos participantes, lo que limita la representatividad estadística de los resultados y dificulta generalizar conclusiones a toda la planta de técnicos.
- Sesgo de respuesta y datos auto reportados: Muchas variables provienen de percepciones y autoinformes (ej. satisfacción, disponibilidad de repuestos).
- Cobertura temporal limitada: El análisis de incidencias corresponde al primer semestre de 2025; no se cuenta con series largas que permitan evaluar estacionalidad o tendencias a más largo plazo.
- Falta de datos operacionales exhaustivos: Aunque hay registros de intervenciones, la trazabilidad y la estandarización de formatos actuales es deficiente, lo que impide un análisis más profundo de causas raíz y de tiempos reales por tarea.

- Limitada triangulación metodológica: Si bien se realizó revisión documental y encuestas, la falta de mayor número de entrevistas en profundidad y mediciones in situ reduce la robustez de algunos hallazgos.

Implicaciones prácticas para la empresa

Los resultados del estudio tienen implicaciones directas y relevantes para la gestión del mantenimiento preventivo en IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S. En primer lugar, la evidente falta de estandarización en los procedimientos y la percepción del personal sobre la necesidad de mejorar los formatos y la documentación demuestran la urgencia de implementar manuales técnicos y fichas estandarizadas por tipo de actividad, tal como lo soportan las metodologías PHVA y TPM.

Asimismo, las fallas en la planificación, reflejadas en la entrega tardía del cronograma y la desconexión entre la programación y la realidad operativa, indican que la empresa debe fortalecer su sistema de programación mediante herramientas digitales y cronogramas estructurados mensuales y semanales. La identificación de tiempos improductivos asociados a logística y gestión de repuestos resalta la necesidad de fortalecer la gestión de inventarios mediante la definición de repuestos críticos, kits de intervención y una mayor articulación entre el área técnica y administrativa.

La falta frecuente de herramientas y repuestos, identificada como una de las principales causas de retraso, implica la necesidad de mejorar la gestión logística mediante inventarios mínimos críticos, acuerdos con proveedores y sistemas de control de existencias. De igual forma, los hallazgos muestran que, aunque el personal registra las actividades de forma constante, los formatos no son prácticos ni claros, lo cual limita la trazabilidad; por ello, se recomienda migrar a formatos digitales con códigos QR.

Finalmente, la percepción positiva de los técnicos respecto a la satisfacción general con el proceso indica una disposición favorable al cambio, lo que facilitaría la implementación de las mejoras propuestas, permitiendo reducir fallas recurrentes, optimizar tiempos de intervención, mejorar la disponibilidad de los ascensores y fortalecer la cultura de mantenimiento preventivo dentro de la organización.

Conclusiones

El desarrollo del presente trabajo de grado permitió cumplir el objetivo general de diseñar una propuesta técnica y operativa orientada a la optimización del proceso de mantenimiento preventivo en la empresa IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S. A partir del diagnóstico realizado, se evidenciaron debilidades asociadas principalmente a la falta de estandarización de procedimientos, deficiencias en la planificación de las actividades, limitada disponibilidad de herramientas y repuestos, y falencias en la trazabilidad de la información técnica.

El análisis de los registros históricos correspondientes al primer semestre de 2025 permitió identificar que aproximadamente el 60 % de las fallas se concentran en componentes críticos del sistema de ascensores, especialmente en frenos, control de puertas y sistemas de nivelación. Esta concentración confirma la necesidad de priorizar dichos componentes dentro del mantenimiento preventivo, ya que su recurrencia impacta de manera directa la disponibilidad de los equipos y la seguridad de los usuarios.

Asimismo, se concluye que, aunque el mantenimiento preventivo se ejecuta de forma periódica, su efectividad se ve limitada por la ausencia de un enfoque estructurado de mejora continua. La reincidencia de fallas menores demuestra que el modelo actual opera bajo un enfoque preventivo–reactivo, en el que no se eliminan de manera sistemática las causas raíz de las fallas durante las intervenciones programadas.

El análisis de los tiempos improductivos permitió evidenciar que una parte significativa del tiempo dedicado al mantenimiento preventivo no corresponde a actividades técnicas, sino a esperas logísticas, desplazamientos innecesarios y reprocesos, situación que afecta la eficiencia operativa del personal técnico y reduce la productividad del proceso.

La propuesta de optimización diseñada, basada en el ciclo PHVA y en los principios del

Mantenimiento Productivo Total (TPM), integra la estandarización documental, la planificación estructurada, el uso de indicadores clave de desempeño y herramientas de trazabilidad digital. Su implementación permitiría reducir la reincidencia de fallas, optimizar los tiempos de intervención y mejorar de manera sostenible la disponibilidad técnica de los ascensores.

Finalmente, se concluye que la optimización del mantenimiento preventivo no solo mejora la eficiencia operativa de la empresa, sino que también fortalece la seguridad de los usuarios y la calidad del servicio prestado, en coherencia con los principios de gestión de activos y con los lineamientos de la norma ISO 55000.

Recomendaciones

Con base en los resultados y conclusiones del estudio, se plantean las siguientes recomendaciones para la empresa IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S.:

La aplicación del plan propuesto permitirá pasar de un enfoque reactivo a uno preventivo y predictivo, optimizando los recursos disponibles, garantizando la seguridad de los usuarios y fortaleciendo la confiabilidad de los equipos. El seguimiento mediante indicadores de gestión permitirá medir el desempeño del mantenimiento y promover la mejora continua del proceso.

Implementar progresivamente la propuesta técnica y operativa diseñada, iniciando con la estandarización de los procedimientos de mantenimiento preventivo mediante la elaboración de manuales y fichas técnicas por tipo de equipo.

Fortalecer la planificación y programación de las actividades de mantenimiento preventivo a través de cronogramas mensuales y semanales, apoyados en herramientas digitales que permitan el seguimiento y control del cumplimiento del plan.

Mejorar la gestión logística de herramientas y repuestos, estableciendo inventarios mínimos críticos y mecanismos de control que garanticen la disponibilidad oportuna de los insumos necesarios para la ejecución de las actividades.

Implementar de manera sistemática el uso de indicadores clave de desempeño como el cumplimiento del plan preventivo, la disponibilidad técnica de los equipos, el MTBF y el MTTR, con el fin de apoyar la toma de decisiones basada en datos.

Promover la capacitación continua del personal técnico en metodologías de mantenimiento, seguridad operativa y uso de herramientas de gestión, fortaleciendo la cultura organizacional orientada a la prevención y la mejora continua.

Considerar, para futuros estudios, la ampliación del período de análisis y el aumento del tamaño de la muestra, con el fin de obtener resultados más representativos y profundizar en el análisis de causas raíz y desempeño del mantenimiento.

Referencias Bibliográficas

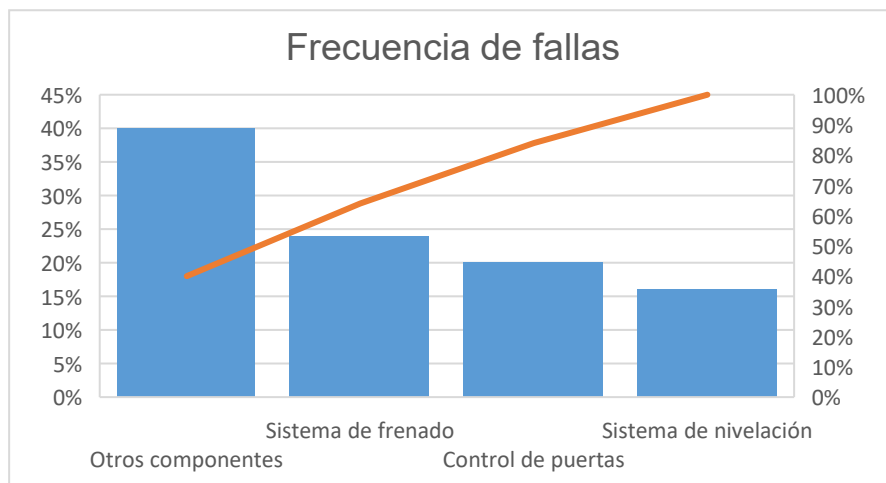
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709–756. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890> [1, 2, 3, 4]
- Axenie, C., & Bortoli, S. (2020). *Predictive maintenance dataset for elevator doors* [Conjunto de datos]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3653909>
- Chen, L., Lan, S., & Jiang, S. (2019). Elevators fault diagnosis based on artificial intelligence. *Journal of Physics: Conference Series*, 1345, Artículo 042024. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1345/4/042024>
- Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. MIT Press.
- Drucker, P. F. (1999). *Management challenges for the 21st century*. HarperBusiness.
- Gęca, J., Czerwiński, D., Drzymała, B., & Kolano, K. (2025). Efficient fault diagnosis of elevator cabin door drives using machine learning. *Applied Sciences*, 15(13), Artículo 7017. <https://doi.org/10.3390/app15137017> [1]
- Gomaa, A. H. (2025). Advancing total productive maintenance in smart manufacturing. *Intelligent and Sustainable Manufacturing*, 2(2), Artículo 10019. <https://doi.org/10.70322/ism.2025.10019>
- IBEROASCENSORES COLOMBIA S.A.S. (2025). *Informe técnico de mantenimiento preventivo* [Documento interno no publicado].
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2016). *Mantenimiento de ascensores* (NTC 5926).
- International Organization for Standardization. (2014). *Asset management – Overview, principles and terminology* (ISO Standard No. 55000:2014). [1]

- International Organization for Standardization. (2024). *Asset management – Vocabulary, overview and principles* (ISO Standard No. 55000:2024). [1]
- Liu, H., & Wu, J. (2018). Research on preventive maintenance strategy of elevator equipment. *Open Journal of Social Sciences*, 6(1), 165–174. <https://doi.org/10.4236/jss.2018.61012> [1, 2]
- Mendes, D. S. F. T., Navas, H. V. G., Didelet, F., & Charrua-Santos, F. (2022). Improvement of maintenance management through lean philosophy and industry 4.0. *Journal of Mechanical Engineering and Automation*, 12(5), 240–249. [1]
- Ministerio de Minas y Energía. (2022). *Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)*. Gobierno de Colombia.
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. Butterworth Heinemann.
- Montague, W. (2023). Lean principles in industrial engineering: Maximizing efficiency and minimizing waste. *Industrial Engineering and Management*, 12(4), 1–10.
- Moubray, J. (1997). *Reliability centered maintenance*. Industrial Press. [1]
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total productive maintenance*. Productivity Press. [1]
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. ONU.
- Shannon, N., Trubetskaya, A., Iqbal, J., & McDermott, O. (2023). A total productive maintenance and reliability framework. *Heliyon*, 9(10), Artículo e20516. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20516> [1]

Apéndices

Apéndice A

Diagrama de Pareto



Nota. Elaboración propia.

El diagrama de Pareto permite visualizar la distribución de las fallas más frecuentes en los componentes críticos del sistema de ascensores. Según los datos analizados, el 80% de las fallas se concentran en tres categorías principales: Otros componentes (40%), Sistema de frenado (24%) y Control de puertas (20%), lo que valida el principio de Pareto (80/20). Esta concentración indica que una intervención focalizada sobre estos tres elementos puede generar mejoras significativas en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

La línea acumulada del gráfico muestra que al abordar estos tres componentes se puede mitigar el 84% de las fallas reportadas, lo que justifica priorizar acciones correctivas y preventivas en estas áreas. Además, se observa que el Sistema de nivelación, aunque representa solo el 16% de las fallas, tiene el mayor tiempo promedio de intervención (55 minutos), lo que sugiere que también debe ser considerado en la planificación por su impacto en la eficiencia operativa.

Cronograma de Mantenimiento

La planificación del mantenimiento preventivo se estructuró mediante un cronograma mensual distribuido por semanas, considerando los componentes críticos del sistema de ascensores. Esta programación se basa en criterios de prioridad técnica, frecuencia de fallas y rutas geográficas, permitiendo una asignación eficiente de tareas y recursos.

La figura siguiente presenta el cronograma tipo Gantt, donde se visualiza la distribución de actividades por componente y semana. Se emplea una codificación por colores para indicar el nivel de prioridad: alta (rojo), media (naranja) y baja (azul). Esta herramienta facilita el seguimiento del plan preventivo, reduce los tiempos improductivos y mejora la trazabilidad de las intervenciones.

Apéndice B

Cronograma de mantenimiento preventivo mensual.

Cronograma de Mantenimiento Preventivo				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Sistema Frenado	Alta			
Control de Puertas		Media		
Sistema Nivelación			Baja	
Otros Componentes				Baja

Alta
 Media
 Baja

Nota. Elaboración propia.

Distribución de tareas por componente crítico y semana, con codificación de prioridad técnica. Permite optimizar la programación, equilibrar la carga de trabajo y anticipar vencimientos.