

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



Business Consulting: Diseño de un Sistema Integral de Mantenimiento Preventivo
Asistido por TIC para Optimizar la Productividad en Maquinaria Pesada de
ECOSEM Huaraucaca

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN
ESTRATÉGICA DE EMPRESAS OTORGADO POR LA PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
PRESENTADO POR

David Adrian, Martinez Rojas DNI: 42678901

Roberto Herrera de la Rosa DNI: 40167746

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN GERENCIA DE
TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN OTORGADO POR LA PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
PRESENTADO POR

Cesar Paul, Apaza Choquehuanca DNI: 42427977

ASESOR

Luis Alfonso, Del Carpio Castro DNI: 07535773

ORCID código del asesor: <https://orcid.org/0000-0001-9084-1193>

JURADO

Bazán Tejada Carlos Armando

Arana Barbier, Pablo José

Del Carpio Castro, Luis Alfonso

Surco, mayo 2025

Declaración Jurada de Autenticidad

Yo, Luis Alfonso Del Carpio Castro, docente del Departamento Académico de Posgrado en Negocios de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis /el trabajo de investigación titulado “Business Consulting: Diseño de un Sistema Integral de Mantenimiento Preventivo Asistido por TIC para Optimizar la Productividad en Maquinaria Pesada de ECOSEM Huaraucaca” de los autores:

David Adrián, Martínez Rojas.


Roberto Herrera de la Rosa.

Cesar Paul, Apaza Choquehuanca.

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 14%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 09/04/2025.
- He revisado con detalle dicho reporte y confirmo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio alguno.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima 09 de abril del 2025

Apellidos y nombres del asesor: Del Carpio Castro, Luis Alfonso	
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9084-1193	Firma: 

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo aborda las fallas frecuentes en la maquinaria pesada de ECOSEM Huaraucaca, una empresa líder en minería, construcción y transporte. A través de un análisis exhaustivo, se identificó que la principal causa es la insuficiencia de un sistema de mantenimiento preventivo adecuado, generando altos costos operativos, tiempos de inactividad y afectando la productividad y la imagen de la empresa.

Como solución, se propone el desarrollo de un Sistema Automatizado de Gestión de Mantenimiento Preventivo Basado en TIC, con funcionalidades como programación automatizada, alertas preventivas y gestión centralizada de recursos. Este sistema busca optimizar los procesos, minimizar las fallas y garantizar una transición hacia un modelo más tecnológico y sostenible.

El análisis financiero demuestra la viabilidad del proyecto, con una inversión total de S/ 750,000 y beneficios como un crecimiento anual del 5% en ingresos, una reducción del 8% en costos operativos y del 10% en tiempos de inactividad. Indicadores como el VAN Económico (S/ 467,216.12) y la TIR Económica (32.70%) respaldan su rentabilidad y sostenibilidad.

El plan se ejecutará en tres fases: diseño, instalación e integración, y optimización, con un cronograma de 12 meses. El éxito del proyecto dependerá del compromiso de la alta dirección, la capacitación del personal y la alineación con objetivos estratégicos y sostenibles, permitiendo a la empresa consolidar su posición competitiva y sentar las bases para un crecimiento a largo plazo.

Abstract

This study addresses the frequent failures in the heavy machinery of ECOSEM Huaraucaca, a leading company in mining, construction, and transportation. Through a thorough analysis, it was identified that the primary cause is the lack of an adequate preventive maintenance system, resulting in high operational costs, prolonged downtime, and negative impacts on productivity and the company's image.

As a solution, the development of an Automated Preventive Maintenance Management System Based on ICT is proposed, featuring functionalities such as automated scheduling, preventive alerts, and centralized resource management. This system aims to optimize processes, minimize failures, and ensure a transition to a more technological and sustainable model.

The financial analysis demonstrates the feasibility of the project, with a total investment of S/ 750,000 and benefits such as a 5% annual increase in revenues, an 8% reduction in operational costs, and a 10% decrease in downtime. Indicators such as the Economic NPV (S/ 467,216.12) and the Economic IRR (32.70%) confirm its profitability and sustainability.

The plan will be executed in three phases: design, installation and integration, and optimization, within a 12-month timeline. The success of the project will depend on the commitment of senior management, staff training, and alignment with strategic and sustainable objectives, enabling the company to strengthen its competitive position and lay the foundation for long-term growth.

Dedicatoria

A mis progenitores y hermanas, debido a su rol fundamental de amor y apoyo en todo momento, y a quienes, con sus palabras de aliento y confianza, impulsaron mi crecimiento personal y profesional. Este logro es para ustedes, en agradecimiento por su fe en mí, por estar a mi lado en cada etapa de este proceso y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación

Cesar Paul Apaza Choquehuanca

A mi querida madre, por su amor eterno, sin condiciones y sus enseñanzas, han sido la fuente de inspiración que iluminó mi trayecto. Aunque ya no estés físicamente, desde el cielo celebras conmigo este logro. A mi esposa y compañera de vida, quien me acompaña en este camino con su apoyo constante: muchas veces en silencio, otras con palabras de aliento, pero siempre con amor. A mis hijas quienes iluminan mi vida y me brindan constante inspiración. Ustedes son el motivo detrás de cada esfuerzo y cada sueño alcanzado.

Roberto Herrera de la Rosa

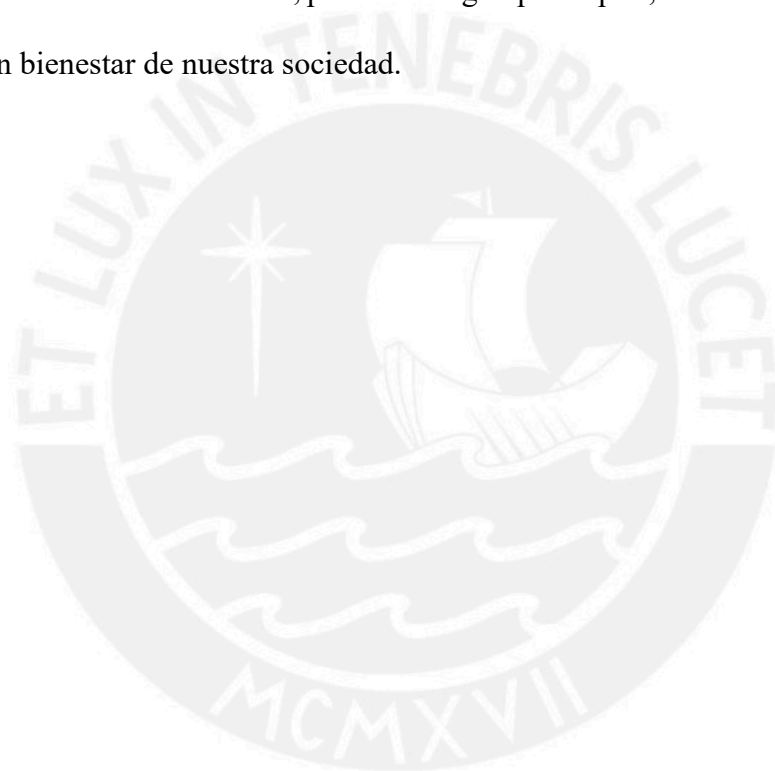
A mi esposa, mi mejor amiga y confidente, gracias por compartir conmigo este camino. A mi hijo, quien me ha mostrado lo que realmente implica el amor. A mis padres, por ser mi primer y más importante ejemplo, y a mi hermana, por ser mi cómplice en las buenas y en las malas. Este logro es también suyo.

David Adrian Martinez Rojas

Agradecimientos

Manifestamos nuestra gratitud a todos los docentes que nos han guiado de CENTRUM por su dedicación y compromiso compartiendo sus conocimientos y experiencias que contribuyeron nuestra formación académica dejando huella en nuestras vidas.

Gracias a CENTRUM PUCP, por ser un lugar que inspira, transforma el desarrollo profesional en bienestar de nuestra sociedad.



Lista de Tablas

Tabla A1. <i>Presentación de la empresa</i>	2
Tabla A2. <i>Matriz de Evaluación de los Factores Externos (MEFE)</i>	18
Tabla A3. <i>Matriz de Evaluación de Factores Internos (EFI)</i>	28
Tabla A4. <i>Matriz FODA</i>	30
Tabla B1. <i>Matriz de complejidad vs Beneficio</i>	42
Tabla C1. <i>Matriz Priorización Causa-Raíz</i>	52
Tabla D1. <i>Matriz de Alternativas de Solución Propuestas</i>	55
Tabla D2. <i>Criterios de Valorización de la Matriz FACTIS</i>	60
Tabla D3. <i>Priorización de las Alternativas de Solución Propuestas</i>	60
Tabla E1. <i>Balance Scorecard</i>	77
Tabla E2. <i>Presupuesto</i>	78
Tabla E3. <i>Cronograma</i>	79
Tabla F1. <i>Premisas para las proyecciones</i>	83
Tabla F2. <i>Cálculo de la Beta</i>	84
Tabla F3. <i>COK y WACC</i>	85
Tabla F4. <i>Financiamiento</i>	86
Tabla F5. <i>Datos del préstamo</i>	86
Tabla F6. <i>Amortización del préstamo</i>	87
Tabla F7. <i>Flujo de caja proyectado</i>	87
Tabla F8. <i>VAN económico y financiero</i>	88
Tabla F9. <i>TIR económico y financiero</i>	88
Tabla F10. <i>Periodo de recuperación económico</i>	90
Tabla F11. <i>Periodo de recuperación Financiero</i>	90

Lista de Figuras

Figura A1. <i>Variación porcentual del PBI peruano.</i>	10
Figura A2. <i>Evolución de la inversión privada y pública</i>	11
Figura A3. <i>KPI gerenciales actuales en porcentaje.</i>	21
Figura A4. <i>Costos logísticos actuales y esperados</i>	23
Figura A5. <i>Margen operativo actual y esperado.</i>	24
Figura A6. <i>Número de empleados capacitados esperados</i>	26
Figura A7. <i>Costos tras la adopción de tecnologías</i>	28
Figura B1. <i>Complejidad vs Beneficio</i>	42
Figura C1. <i>Diagrama de Ishikawa</i>	47
Figura F1. <i>Fórmula de la Beta</i>	84
Figura F2. <i>Fórmula del COK</i>	85
Figura F3. <i>Fórmula del WACC</i>	85

Tabla de Contenidos

Declaración Jurada de Autenticidad	ii
Resumen Ejecutivo	iii
Abstract	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Tabla de Contenidos.....	ix
Lista de Tablas.....	vii
Lista de Figuras	viii
Capítulo I: Situación General de la Empresa	1
1.1 Presentación de la Empresa	1
1.1.1. Misión	3
1.1.2. Visión.....	3
1.1.3. Pilares de la empresa.....	3
1.2 Modelo de Negocio.....	4
1.3 Análisis del Sector Industrial.....	6
1.4 Análisis del Contexto Externo de la Empresa (Oportunidades y amenazas).....	8
1.4.1. Análisis del Macroentorno – Análisis PESTEL.....	9
1.4.2. Matriz de Evaluación de Factores Externos (EFE).....	18
1.5 Análisis del Contexto Interno de la Empresa (Fortalezas y debilidades)	19
1.5.1. Fuerzas internas clave – AMOFHIT	20
1.5.2. Matriz de Evaluación de Factores Internos (EFI)	28
1.6 Matriz FODA.....	30
Capítulo II: Diagnóstico Empresarial y Problema Principal	32
2.1 Metodología de Trabajo.....	32

2.2 Lista de Problemas.....	35
2.2.1. Problema 1: Fallas Frecuentes en la Maquinaria por Mantenimiento Preventivo Insuficiente.....	35
2.2.2. Problema 2: Baja Eficiencia en la Programación de Mantenimiento	36
2.2.3. Problema 3: Falta de Análisis Predictivo Basado en Datos	38
2.2.4. Problema 4: Deficiencias en la Capacitación del Personal Técnico	39
2.3 Matriz de Complejidad versus Beneficio.....	40
2.4 Problema Principal.....	43
Capítulo III: Determinación de Causas del Problema Principal	46
3.1 Causas Identificadas	46
3.2 Matriz Priorización Causa-Raíz.....	50
3.2.1 Factibilidad.....	50
3.2.2 Beneficio	51
3.2.3 Resultado.....	51
Capítulo IV: Alternativas de Solución.....	55
4.1 Alternativas de Solución identificadas	55
4.1.1. Alternativa 1: Desarrollo de un sistema automatizado de gestión de mantenimiento preventivo basado en TIC.	56
4.1.2. Alternativa 2: Desarrollo de un módulo centralizado de monitoreo en tiempo real para supervisar el desempeño y las actividades de mantenimiento.	57
4.1.3. Alternativa 3: Integración de herramientas IoT y software predictivo para optimizar la ejecución de tareas preventivas y logísticas.....	58
4.2 Evaluación de las Alternativas de solución	59
4.3 Solución Propuesta	63
Capítulo V: Plan de Implementación y factores clave de éxito	73

5.1 Definiciones Claves	73
5.1.1 Fase 1: Diseño del Sistema Automatizado de Gestión de Mantenimiento Preventivo	73
5.1.2 Fase 2: Desarrollo e Implementación del Sistema Automatizado	74
5.1.3 Fase 3: Optimización y Escalabilidad del Sistema	75
5.2 Balanced Scorecard.....	76
5.3 Plan de Implementación (Gantt) y Presupuesto.....	78
5.4 Factores Claves de Éxito.....	80
5.4.1 Habilitadores	80
5.4.2 Riesgos	81
Capítulo VI: Resultados Esperados	83
6.1 Resultados esperados del Plan de Implementación	83
6.2 Recuperación de la Inversión.....	89
Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones	92
7.1 Conclusiones.....	92
7.2 Recomendaciones	93
Referencias	95
Apéndices.....	101
Apéndice A: Análisis interno y externo.....	101
Apéndice B: Diagnóstico situacional.....	104
Apéndice C: Causa del problema.....	105
Apéndice D: Alternativas de solución	106
Apéndice E: Plan de implementación.....	107
Apéndice F: Resultados	108
Apéndice G: Guía de Entrevista	109

Capítulo I: Situación General de la Empresa

1.1 Presentación de la Empresa

ECOSEM Huaraucaca es una empresa peruana con más de 15 años de experiencia en los ámbitos de la minería, la construcción y el transporte. Su enfoque principal radica en el desarrollo, diseño y ejecución de proyectos mineros y civiles, lo que la ha posicionado como un actor clave en estas industrias (ECOSEM, s.f.). Sin embargo, como sucede en muchas organizaciones del sector, enfrenta desafíos relacionados del cuidado preventivo de sus equipos de maquinaria pesada, un aspecto fundamental para asegurar la productividad y la continuidad operativa

La organización dispone de un parque de maquinaria pesada que supera las 100 unidades, incluyendo tractos semirremolque encapsulados, plataformas y camas bajas, que son clave para la realización de sus proyectos y operaciones logísticas (ECOSEM, s.f.). A pesar de su capacidad técnica y su compromiso con la innovación, ECOSEM no dispone de un sistema integral que permita centralizar y optimizar las tareas de mantenimiento preventivo. Actualmente, se basan en programaciones convencionales y en registros manuales o sistemas aislados, lo que puede derivar en períodos de inoperatividad no previstos, gastos elevados y una disminución en la efectividad operativa.

El monitoreo del estado de los equipos y la previsión de fallas aún presentan limitaciones, por la carencia de integración tecnológica en la gestión de datos. Esta situación impide identificar patrones de desgaste en tiempo real o anticipar problemas antes de que afecten la operación. Además, la falta de un sistema automatizado de planificación y seguimiento de inventarios de repuestos dificulta la habilidad para reaccionar frente a los requerimientos de mantenimiento, generando posibles retrasos en las operaciones y afectando la productividad global de la empresa (Caparrós, 2024).

En el ámbito de la industria minera y de transporte, donde la competitividad está estrechamente vinculado a la disponibilidad y el desempeño de la maquinaria, estas limitaciones representan un área crítica de mejora (López, 2024). Por ello, la creación de un sistema global de relacionados con la conservación preventiva asistido por (TIC) resulta una solución estratégica para ECOSEM. Este sistema no solo permitiría optimizar los recursos técnicos y humanos, sino también disminuir los gastos operativos asociados al mantenimiento reactivo y maximizar el tiempo productivo de las unidades.

La misión de ECOSEM de mantener elevados niveles de excelencia y protección en sus métodos operativos encuentra en la modernización de su sistema de mantenimiento una ocasión para reforzar su posicionamiento competitivo en el mercado. Este proyecto permitirá que la empresa no solo gestione mejor sus recursos actuales, sino que también se alinee con las tendencias de innovación tecnológica que demandan las industrias modernas, incrementando su rendimiento óptimo y permanencia sostenible en el tiempo.

A continuación, se proporcionan algunos datos significativos sobre la empresa mencionada:

Tabla A1.

Presentación de la empresa

Razón Social	EMPRESA COMUNAL Y SERVICIOS MULTIPLES HUARAUCACA
Nombre Comercial	ECOSEM HUARAUCACA
Domicilio Fiscal	Jr. Tacna Nro. 015 Huaraucaca (Plazuela de Huaraucaca)
RUC	20489612748
Fecha de inicio de actividades	01/02/2008
Actividad económica	<ul style="list-style-type: none"> • Principal - 4923 - TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA • Secundaria 1 - 4661 - VENTA AL POR MAYOR DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASEOSOS Y PRODUCTOS CONEXOS • Secundaria 2 - 8299 - OTRAS ACTIVIDADES DE SERVICIOS DE APOYO A LAS EMPRESAS N.C.P.

1.1.1. Misión

“ECOSEM Huaraucaca se compromete a ofrecer soluciones sostenibles e innovadoras en los sectores de minería, construcción y transporte. Nuestra meta es garantizar operaciones de alta calidad y seguridad, con un impacto positivo en las comunidades donde operamos. Nos enfocamos en el desarrollo integral, impulsando el crecimiento económico local y el cuidado ambiental.”

1.1.2. Visión

“Ser reconocidos como líderes en minería, construcción y transporte, destacándonos por la excelencia operativa, el compromiso con el medio ambiente y la responsabilidad social. Aspiramos a convertirnos en un referente de sostenibilidad y gestión eficiente en la industria peruana.”

1.1.3. Pilares de la empresa

La organización basa sus operaciones y su modelo de gestión en cuatro pilares fundamentales que guían su desempeño y su compromiso con los clientes, la comunidad y el medio ambiente. Estos pilares son los siguientes:

a. Innovación Continua

La empresa adopta un enfoque proactivo en la exploración de soluciones innovadoras y funcionales para atender las exigencias fluctuantes de sus clientes y del mercado. Este pilar refleja su compromiso con la modernización y la implementación de tecnologías avanzadas que acceden mantenerse competitiva y ofrecer servicios de calidad que se adapten a los desafíos de la industria.

b. Compromiso y Calidad

ECOSEM Huaraucaca prioriza la excelencia en todos sus procesos mediante plataformas orientadas a la administración de la calidad rigurosos. Este compromiso se refuerza mediante el entrenamiento de la estabilidad de su personal, lo que asegura la

provisión de resultados excepcionales y la satisfacción de los clientes. La calidad no solo se percibe en la ejecución de proyectos, sino también en la adherencia a los estándares de seguridad y normativas vigentes.

c. Sostenibilidad Ambiental y Social

El compromiso con la sostenibilidad ambiental y el bienestar social es un principio rector en ECOSEM. La empresa desarrolla sus actividades de manera responsable y orientada a la sostenibilidad, minimizando su impacto ambiental mediante prácticas respetuosas y promoviendo el desarrollo social en las localidades en las que ejecuta sus proyectos. Este enfoque se traduce en iniciativas concretas que generan impactos positivos, así como para el medio ambiente y el bienestar de la sociedad.

d. Excelencia en el servicio al cliente

El usuario constituye el centro de todas las operaciones de ECOSEM. La empresa se esfuerza por entender las necesidades y expectativas de sus clientes, trabajando en estrecha colaboración para brindar soluciones adaptadas y de alta calidad. Este pilar resalta la importancia de forjar relaciones basadas en la confianza y con proyección a largo plazo con sus socios y clientes, adaptando sus servicios a los requerimientos específicos de cada proyecto.

1.2 Modelo de Negocio

ECOSEM Huaraucaca desarrolla un modelo de negocio versátil que combina elementos del enfoque B2B (Business-to-Business) con características propias de un enfoque centrado dentro de la administración de iniciativas especializados y la personalización de servicios. Esta combinación permite a la empresa posicionarse como un contratista líder en los sectores de minería, construcción y transporte, atendiendo a grandes corporaciones e instituciones que requieren soluciones integrales en proyectos de alta complejidad. (ECOSEM, s.f.)

a. Enfoque B2B (Business-to-Business)

El modelo principal de ECOSEM se centra en la interacción empresarial bajo un esquema B2B. La empresa trabaja estrechamente con clientes corporativos de gran envergadura, como empresas mineras, constructoras e industriales, para ofrecer servicios especializados en la concepción, elaboración y puesta en marcha de iniciativas (ECOSEM, s.f.). Su vínculo con los usuarios se fundamenta en la entrega de soluciones de calidad que están alineadas con los estándares más exigentes de seguridad, sostenibilidad y eficiencia operativa. Este enfoque facilita a la empresa establecer vínculos duraderos, fundamentados en la confianza y el desempeño comprobado en proyectos de alta complicación.

b. Gestión de Proyectos Especializados

Además del enfoque B2B, integra un modelo de negocio fundamentado en la gestión de proyectos especializados, en el cual cada iniciativa es diseñada y ejecutada como una solución única (ECOSEM, s.f.). Esto implica la planificación integral de recursos, la mejora de los procesos y la entrega de resultados personalizados para cada cliente. La empresa combina la experiencia técnica de su equipo multidisciplinario con el uso de tecnologías avanzadas y maquinaria pesada moderna, lo que le permite abordar desafíos complejos de manera eficiente y adaptada a las necesidades de cada proyecto.

c. Sostenibilidad e Innovación

La estrategia comercial de la empresa también se alinea con un enfoque basado en la sostenibilidad y la innovación. La empresa incorpora prácticas responsables en todas las fases de sus operaciones, minimizando el impacto ambiental y promoviendo el desarrollo social en las comunidades donde opera (Cajiga, s.f.). Este compromiso con la sostenibilidad no únicamente garantiza la observancia de las disposiciones legales, sino que también refuerza su posicionamiento como un socio confiable para empresas que

valoran la responsabilidad ambiental en sus cadenas de suministro (Boscán et al, 2023). Además, el uso de tecnologías avanzadas y la adopción de prácticas innovadoras permiten permanecer competitiva en un entorno de mercado que está en permanente transformación.

d. Adaptabilidad y Personalización

Un componente crucial del modelo de negocio de la empresa es su capacidad con el fin de ajustarse a los requerimientos particulares de cada usuario. La personalización de servicios, combinada con la flexibilidad en la ejecución de proyectos, garantiza que la empresa pueda abordar diferentes tipos de desafíos (López, 2013). Desde proyectos de construcción civil hasta transporte especializado, asegurando que sus soluciones estén alineadas con los objetivos operativos y estratégicos de sus clientes, maximizando el valor entregado.

e. Oportunidades de Mejora

Aunque la empresa ha demostrado ser un líder en su sector, su modelo de negocio identifica posibilidades de optimización, particularmente en la gestión del mantenimiento preventivo de su maquinaria pesada. Actualmente, las operaciones dependen de programaciones tradicionales, lo que puede derivar en períodos de inactividad inesperados y un uso ineficiente de recursos (García y Yarlequé, 2018). Esto resalta la necesidad de incorporar un sistema integral de mantenimiento preventivo asistido por (TIC), lo que reforzará la continuidad operativa y la eficiencia de sus procesos.

1.3 Análisis del Sector Industrial

El sector industrial peruano, especialmente en las áreas donde opera ECOSEM Huaraucaca (minería, construcción y transporte), enfrenta desafíos críticos en el proceso de mantenimiento anticipado de equipos pesados que impactan directamente en la productividad y competitividad empresarial. Estos retos están estrechamente vinculados

con los problemas identificados en la empresa: las fallas frecuentes en equipos, la baja eficiencia en la programación del mantenimiento y la limitada adopción de tecnologías predictivas (Torres, 2024).

En el sector minero, donde ECOSEM desarrolla parte importante de sus operaciones, la relevancia del mantenimiento preventivo es fundamental. Según el Ministerio de Energía y Minas (2023), la producción minera representa el 9.1% del PBI nacional y el 65.1% de las exportaciones totales del país. Esta significativa participación económica contrasta ante los inconvenientes de mantenimiento que enfrenta la empresa, pues las fallas en maquinaria pesada durante las etapas de extracción y procesamiento pueden generar pérdidas considerables. La falta de integración tecnológica en los procesos de mantenimiento, identificada como una debilidad en ECOSEM, es una problemática común en el sector que afecta la continuidad operativa.

En cuanto al sector construcción, los datos de la Cámara Peruana de la Construcción (2024) indican un crecimiento del 7% entre abril 2023 y abril 2024, lo que incrementa la demanda de maquinaria pesada en óptimas condiciones. Este crecimiento sectorial magnifica las consecuencias de los problemas de mantenimiento identificados en ECOSEM, pues el mantenimiento inadecuado no solo genera sobrecostos, sino que también afecta el cumplimiento de plazos en los proyectos. La falta de monitoreo continuo y planificación preventiva que experimenta la empresa refleja una problemática sectorial que impacta en la seguridad y competitividad.

En el sector transporte, donde ECOSEM opera su flota de vehículos pesados, Toyos (2023) enfatiza que la integración de TIC en el mantenimiento preventivo puede optimizar rutas, minimizar los costos y optimizar la vivencia del usuario. Esta observación se relaciona directamente con la necesidad identificada en la empresa de implementar sistemas automatizados de gestión de mantenimiento. Sin embargo, al igual

que otras empresas del sector, ECOSEM enfrenta limitaciones en la adopción tecnológica que afectan su eficiencia operativa.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2019) destaca que las empresas que han implementado Internet de las Cosas (IoT) y sistemas de monitoreo en tiempo real han logrado mejorar la operatividad de la maquinaria y disminuir los gastos de mantenimiento. Esta evidencia respalda la necesidad de ECOSEM de superar sus actuales limitaciones en análisis predictivo y automatización del mantenimiento. Las tecnologías mencionadas permitirían abordar directamente los problemas de fallas frecuentes y programación ineficiente identificados en la empresa.

Las barreras que enfrenta ECOSEM en la adopción de TIC para el mantenimiento preventivo son comunes en el sector: alta inversión inicial, necesidad de formación del personal y obstáculos en la conexión con los sistemas preexistentes. Sin embargo, la digitalización ofrece oportunidades que superan estas dificultades, especialmente considerando que los problemas actuales de mantenimiento están afectando la capacidad competitiva de la organización en múltiples sectores.

En este contexto, la posición de ECOSEM como empresa que opera en tres sectores estratégicos (minería, construcción y transporte) hace que la modernización de sus sistemas de mantenimiento sea particularmente crítica. La implementación de sistemas de mantenimiento preventivo basados en TIC no solo abordaría los problemas específicos reconocidos dentro de la empresa, sino que también la posicionaría como líder en innovación tecnológica en un mercado que demanda cada vez mayor eficiencia operativa y sostenibilidad ambiental.

1.4 Análisis del Contexto Externo de la Empresa (Oportunidades y amenazas)

El análisis del contexto externo se centra en identificar los factores que influyen directamente en la capacidad de ECOSEM Huaraucaca para implementar y optimizar un

sistema automatizado de mantenimiento preventivo basado en TIC. Siguiendo la metodología PESTEL desarrollada por Aguilar (1967), se analizarán específicamente aquellas variables del entorno que impactarían en la factibilidad y eficiencia de la alternativa planteada.

1.4.1. Análisis del Macroentorno – Análisis PESTEL

a. Factor político

El análisis político-legal se centra en aquellos aspectos regulatorios y normativos que impactan directamente durante la puesta en práctica de sistemas de mantenimiento preventivo en el sector:

Regulaciones Técnicas y Operativas

El Plan Nacional de Infraestructura Sostenible para la Competitividad (PNISC) 2022-2025 establece lineamientos específicos para la modernización tecnológica del sector, destinando parte de su inversión de S/ 146,622 millones a la adopción de sistemas automatizados de mantenimiento. Esto representa una oportunidad para implementar soluciones TIC alineadas con los estándares gubernamentales (MINEM, 2022).

Comercio Internacional de Tecnología

Los acuerdos comerciales vigentes facilitan la importación de tecnologías y sistemas especializados para mantenimiento predictivo. Como señala Reuters (2024), el desarrollo del puerto de Chancay mejorará específicamente la logística de importación de componentes TIC necesarios para modernizar las operaciones de mantenimiento.

Normativas de Seguridad Industrial

El marco regulatorio del sector minero establece requisitos específicos para el monitoreo y mantenimiento de equipos. El Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (2022) enfatiza que los sistemas de monitoreo asistidos por TIC son fundamentales para cumplir con estas normativas y asegurar operaciones seguras.

b. Factor económico

El análisis económico se centra en aquellos indicadores que impactan directamente en la viabilidad de implementar y mantener un sistema de mantenimiento preventivo basado en TIC:

Crecimiento Económico y Producto Interno Bruto (PIB)

Según el Banco Central de Reserva del Perú (2024), se proyecta un crecimiento del PIB de 3.1% para el año 2024, después de una contracción del 0.6% en 2023. Este repunte, evidenciado en la Figura A1 sobre la variación porcentual del PIB, se sustenta principalmente en la recuperación de sectores como minería y construcción, lo que justifica la inversión en sistemas automatizados de mantenimiento para optimizar la operatividad de la maquinaria pesada.

Figura A1.

Variación porcentual del PIB peruano.



Estabilidad de Precios y Planificación Tecnológica

El BCRP (2024) proyecta una inflación de 2.3% para 2024, dentro del rango meta. Esta estabilidad de precios facilita la planificación de inversiones en tecnología para

mantenimiento preventivo, permitiendo presupuestar con mayor certeza los costos de implementación y operación del sistema TIC propuesto.

Costos de Importación Tecnológica

La estabilidad cambiaria promovida por el BCRP (2024) favorece la importación de componentes tecnológicos necesarios para el sistema de mantenimiento, al reducir la volatilidad en los costos de adquisición de software, sensores y equipos especializados. Los tratados de libre comercio vigentes también facilitan el acceso a proveedores internacionales de soluciones TIC para mantenimiento industrial.

Inversión en Modernización Industrial

El Ministerio de Economía y Finanzas (2023) ha anunciado un aumento en el gasto público destinado a obras de infraestructura, tal como se muestra en la Figura 2 que ilustra la tendencia de dicha inversión. Este contexto favorable, junto con el repunte del capital privado invertido-reportada por el INEI (2023) en el último trimestre de 2022, genera un entorno propicio para la modernización de sistemas de mantenimiento y la adopción de tecnologías predictivas.

Figura A2.

Evolución de la inversión privada y pública



Fuente: BCRP. Elaboración: ComexPerú.

Disponibilidad de Personal Técnico Especializado

El Banco Mundial (2023) señala que la escasez de personal especializado en tecnologías industriales supone un reto considerable para la implementación de sistemas automatizados. Esto enfatiza la significancia de incluir programas de capacitación técnica como parte integral de la iniciativa para instaurar un sistema de mantenimiento preventivo apoyado en TIC.

c. Factor social

El análisis social se centra en elementos que impactan directamente en la implementación y operación efectiva de sistemas automatizados de mantenimiento:

Perfil Demográfico del Personal Técnico

Según el INEI (2024), la edad promedio de la población peruana es de 33,8 años, lo que representa un beneficio que favorece la incorporación de nuevas tecnologías en mantenimiento, dado que la población joven tiende a adaptarse más rápidamente a sistemas digitales. Sin embargo, Comexperu (2023) señala que la alta informalidad laboral, que supera el 70% a nivel nacional, constituye un desafío para establecer programas estructurados de mantenimiento preventivo que requieren personal formalmente capacitado en TIC.

Capacitación Técnica Especializada

Avolio et al. (2011) identifican que el acceso limitado a programas de capacitación especializados en la conservación técnica de equipos de gran tonelaje y tecnologías de la información representa una barrera significativa para la implementación de sistemas avanzados de mantenimiento preventivo. Esta limitación es particularmente relevante para la adopción de soluciones TIC, pues requieren personal con competencias específicas en el manejo de software especializado y análisis de datos operativos (Olarte et al., 2023).

Impacto en el Entorno Operativo

La implementación de sistemas automatizados de mantenimiento debe considerar el contexto social donde opera ECOSEM Huaraucaca. Un mantenimiento preventivo eficiente, que reduzca fallas y minimice impactos ambientales, contribuye a mejorar los vínculos con las comunidades locales, en particular en zonas mineras donde las operaciones industriales son observadas con especial atención por su impacto en el entorno (Uno Logística, 2023).

d. Factor tecnológico

El análisis social se centra en elementos que impactan directamente durante la implementación y el desempeño eficiente de sistemas automatizados de mantenimiento:

Sistemas de Control y Monitoreo

En el sector construcción, la implementación de sistemas de control de maquinaria ha demostrado resultados tangibles en eficiencia operativa. Cruz (2023) destaca cómo los sistemas proporcionados por TopCon y distribuidos por Komatsu-Mitsui en Perú han mejorado significativamente la exactitud y eficacia en el monitoreo de equipos pesados, optimizando tiempos operativos y reduciendo desaciertos en la realización de actividades.

Tecnologías de Mantenimiento Predictivo

La automatización del mantenimiento preventivo mediante TIC representa una evolución crucial en la gestión de equipos. Según FRC Maquinarias (2023), los sistemas automatizados de supervisión en tiempo real ofrecen diversas ventajas que favorecen la eficiencia operativa y al mantenimiento de equipos. En primer lugar, permiten detectar anomalías en los sistemas antes de que estas se transformen en fallas graves, lo que contribuye a prevenir interrupciones inesperadas y reduce riesgos. Además, estos sistemas facilitan la programación de mantenimientos fundamentados en las condiciones

auténticas de operación, en lugar de intervalos de tiempo predefinidos, lo que maximiza la utilización de los recursos y potencia la planificación (Martínez, 2018).

Por otro lado, el monitoreo en tiempo real contribuye significativamente a optimizar la durabilidad de los componentes, ya que permite identificar y abordar problemas en sus etapas iniciales. Finalmente, estas capacidades se convierten en una importante disminución de los gastos asociados a los mantenimientos correctivos, ofreciendo una solución más rentable y sostenible para la gestión de equipos (Arroyo y Obando, 2022).

Avances en Equipamiento Industrial

Cetemin (2024) destaca que la evolución de la maquinaria pesada ha incorporado un número creciente de elementos tecnológicos diseñados para fortalecer el mantenimiento predictivo. Entre estas innovaciones se encuentran los sistemas integrados de monitoreo de emisiones, que facilitan evaluar y controlar el impacto ambiental de las máquinas en tiempo real. Asimismo, se utilizan sensores avanzados que controlan diversos parámetros operativos, ofreciendo información detallada sobre el rendimiento y las condiciones de los equipos (Jones, 2023).

Además, las interfaces de realidad aumentada están transformando el diagnóstico y el mantenimiento, al facilitar la obtención de datos técnicos en tiempo real y guiar a los operarios en procedimientos complejos. Estas tecnologías no solo hacen que los sistemas automatizados de mantenimiento sean más eficientes, sino que también mejoran la precisión y accesibilidad de la información sobre el estado de los equipos, optimizando su gestión y operación (Introna y Santolamazza, 2024).

Consideraciones para la Implementación

El análisis de las fuentes citadas pone de manifiesto que la adopción exitosa de sistemas automatizados de mantenimiento depende de varios factores clave. En primer

lugar, es crucial disponer de una infraestructura tecnológica que sea compatible con los sistemas existentes, lo cual permite integrar las nuevas herramientas sin comprometer la operatividad actual. Además, se requiere una capacitación específica del personal técnico, enfocada en el manejo de las nuevas tecnologías, con el objetivo de asegurar su correcta implementación y uso eficiente (Barea, 2024).

Por otro lado, resulta imprescindible planificar adecuadamente el capital inicial requerido para adquirir el equipamiento y el software asociados, asegurando que los recursos sean accesibles para cubrir estos costos (TEK, s.f.). Finalmente, la gestión del cambio organizacional juega un papel crucial, ya que es necesario abordar y superar las posibles resistencias internas que podrían surgir frente a la implementación de estas innovaciones. En conjunto, estos elementos son determinantes para lograr una transición exitosa hacia sistemas automatizados de mantenimiento.

e. Factor ecológico

Este análisis hace posible reconocer oportunidades y peligros derivadas de factores ecológicos que afectan directamente la elaboración estratégica y el proceso de selección de decisiones de la organización.

Regulaciones Ambientales

El marco normativo ambiental peruano establece parámetros específicos que impactan directamente en la gestión del mantenimiento de maquinaria pesada. El Ministerio del Ambiente (2023), como entidad rectora, ha establecido a través del Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero (DS N° 040-2014-EM) los lineamientos específicos que deben cumplirse en el mantenimiento de los equipos para prevenir impactos ambientales. Estas regulaciones hacen necesario que cualquier sistema

de mantenimiento preventivo incorpore capacidades de monitoreo y control de variables ambientales.

Impacto Ambiental de las Operaciones

La gestión del impacto ambiental en operaciones industriales requiere un enfoque anticipatorio en la conservación de equipos. Las actividades de minería y construcción pueden generar efectos significativos en el entorno, desde la degradación del suelo hasta emisiones atmosféricas, lo que hace esencial contar con sistemas de mantenimiento que permitan detectar y prevenir fallas que podrían resultar en daños ambientales (Pérez, sf). La adopción de tecnologías para supervisión y gestión en el mantenimiento preventivo representa una herramienta fundamental para minimizar estos impactos.

Cambio Climático y Sostenibilidad

El contexto actual de cambio climático demanda sistemas de mantenimiento que contribuyan a la optimización energética y la disminución de emisiones. Un sistema de mantenimiento preventivo basado en TIC puede optimizar el consumo de recursos y energía a través del monitoreo constante del rendimiento de los equipos (OTEA, 2024). Esta capacidad de seguimiento permite ajustar las operaciones para minimizar el impacto ambiental mientras se mantiene el rendimiento, alineando las operaciones con los objetivos establecidos globales de sostenibilidad.

Responsabilidad Social y Licencia Social para Operar

La implementación de sistemas avanzados de mantenimiento preventivo tiene implicaciones directas en la interacción con las comunidades locales y la adquisición del respaldo social para operar (OTEA, 2024). Un mantenimiento eficiente que prevenga incidentes ambientales contribuye a mantener la confianza de las comunidades y refleja la dedicación de la empresa con la protección ambiental. La capacidad de monitorear y

reportar el desempeño ambiental de los equipos facilita la transparencia en la gestión ambiental, factor crucial para mantener relaciones positivas con los grupos de interés locales.

f. Factor legal

Este análisis facilita la detección de oportunidades y riesgos derivadas de factores legales que afectan de manera directa en la planificación estratégica y la toma de decisiones de la empresa.

Marco Legal en el Sector Minero

La implementación de sistemas de mantenimiento preventivo en el sector minero debe alinearse con las disposiciones de la Ley General de Minería (DS N° 014-92-EM). Como señala el Ministerio de Energía y Minas (2022), esta normativa establece los requerimientos específicos para el mantenimiento de equipos en actividades de explotación, transporte y almacenamiento de minerales. De particular relevancia resulta el Reglamento de Protección y Gestión Ambiental (DS N° 040-2014-EM), que determina las obligaciones de control y monitoreo que el sistema de mantenimiento debe incorporar para garantizar la mitigación de impactos ambientales.

Regulaciones en el Sector Construcción

La Ley N° 29090 de Regulación de Habilitaciones Urbanas y Edificaciones (Congreso de la República del Perú, 2007) establece parámetros que impactan directamente en los requerimientos de mantenimiento de maquinaria de construcción. El Reglamento Nacional de Edificaciones, según establece el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020), define estándares técnicos específicos que deben tomarse en cuenta al diseñar sistemas de mantenimiento preventivo para asegurar la seguridad y efectividad operativa de los equipos.

Regulaciones en el Sector Transporte

El marco normativo del sector transporte establece requisitos específicos para el mantenimiento de vehículos y maquinaria. El Reglamento Nacional de Tránsito (DS N° 016-2009-MTC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2009) determina las condiciones operativas que deben monitorearse a través del sistema de mantenimiento. Adicionalmente, el Reglamento de Supervisión y Fiscalización Ambiental (DS N° 021-2021-MTC) exige capacidades específicas de control ambiental que deben incorporarse en los sistemas de mantenimiento preventivo.

Cumplimiento Normativo y Responsabilidad Legal

La implementación de un sistema automatizado de mantenimiento preventivo debe garantizar el cumplimiento de las diversas normativas sectoriales. El sistema debe incorporar funcionalidades de seguimiento y documentación que permitan demostrar el respeto a las obligaciones legales en materia de mantenimiento, seguridad y control ambiental. Esta capacidad resulta fundamental para evitar sanciones administrativas y mantener las autorizaciones operativas en los tres sectores donde opera ECOSEM Huaraucaca. La automatización del mantenimiento preventivo, además de optimizar las operaciones, se vuelve una herramienta esencial para la gestión del cumplimiento normativo y la minimización de riesgos legales (MPtotal, 2024).

1.4.2. Matriz de Evaluación de Factores Externos (EFE)

Tabla A2.

Matriz de Evaluación de los Factores Externos (MEFE)

Oportunidades	Peso	Valor	Ponderación
1. Crecimiento de proyectos de infraestructura pública y privada	0.13	4	0.52
2. Avances tecnológicos en mantenimiento preventivo y TIC	0.12	4	0.48
3. Demanda creciente de sostenibilidad ambiental en operaciones	0.10	3	0.30

4. Iniciativas gubernamentales de apoyo a innovación tecnológica	0.09	3	0.27
5. Adopción de tecnologías digitales en la industria minera y construcción	0.07	3	0.21
	0.51		1.78
Amenazas			
1. Inestabilidad política y cambios regulatorios frecuentes	0.11	2	0.22
2. Conflictos sociales en áreas de operaciones mineras	0.10	1	0.10
3. Fluctuaciones económicas y dependencia de tecnología importada	0.09	2	0.18
4. Incremento de normativas ambientales	0.08	2	0.16
5. Competencia informal y desleal en el sector construcción	0.11	1	0.11
	0.49		0.77
Valor	1		2.55

El 2.55 indica que la empresa tiene una posición favorable, pero no completamente sólida frente a su entorno externo. Con el fin de incrementar su competitividad y sostenibilidad, la organización debe priorizar estrategias que fortalezcan su capacidad para responder a las amenazas más críticas y maximizar el aprovechamiento de oportunidades relacionadas con la tecnología, la infraestructura y la sostenibilidad. Esto garantizará que la organización mantenga una ventaja estratégica en un entorno de mercado cambiante y competitivo.

1.5 Análisis del Contexto Interno de la Empresa (Fortalezas y debilidades)

El análisis interno de ECOSEM Huaraucaca se ha desarrollado mediante una metodología mixta que combina:

- Análisis documental de reportes internos de la empresa
- Entrevistas a profundidad con directivos y personal clave
- Evaluación de indicadores de desempeño operativo
- Observación directa de procesos

Como señala David (1986), el modelo AMOFHIT y la matriz EFI permiten evaluar sistemáticamente las capacidades y deficiencias internas. En este caso, el análisis se enfoca específicamente en aspectos relevantes para la adopción de un sistema de mantenimiento preventivo fundamentado en TIC.

1.5.1. Fuerzas internas clave – AMOFHIT

a. Administración y Gerencia (A)

El análisis de la gestión administrativa revela fortalezas y debilidades específicamente relacionadas con el mantenimiento preventivo. Según la entrevista realizada al Gerente General, la empresa cuenta con un comité gerencial experimentado, con más de 15 años en el sector, lo que favorece el desarrollo de decisiones estratégicas sobre modernización tecnológica. Sin embargo, el mismo directivo señala que las metodologías actuales de gestión son principalmente reactivas y no preventivas.

La documentación interna de la empresa, en particular los reportes de KPI gerenciales presentados en la Figura 3, revela información clave sobre los indicadores críticos que se evalúan para medir el desempeño organizacional. Uno de los principales indicadores es el cumplimiento de plazos, que alcanza un 73%, evidenciando que hay oportunidades para optimizar la administración del tiempo y en el logro de las metas en los plazos establecidos. Otro aspecto evaluado es la eficiencia estratégica, la cual presenta un 82%, reflejando un desempeño sólido en la implementación de acciones coherentes con los objetivos de la empresa. Finalmente, se observa que la satisfacción del cliente se sitúa en un 77%, indicando un nivel aceptable, pero con oportunidades para incrementar la excelencia del servicio y la experiencia del cliente. Estos resultados proporcionan un panorama integral del estado actual de los aspectos críticos en la organización.

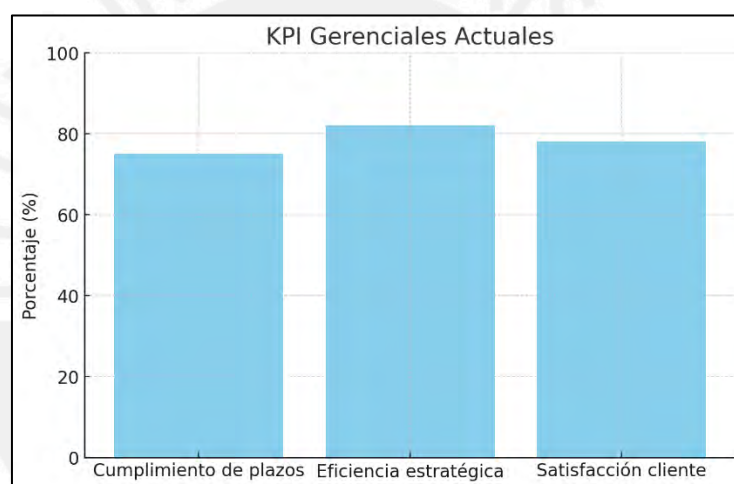
Estos indicadores, obtenidos de los paneles de control gerencial de ECOSEM, evidencian oportunidades de mejora significativas, especialmente en el cumplimiento de

plazos, aspecto directamente relacionado con la efectividad del mantenimiento preventivo.

Durante la entrevista, el Jefe de Mantenimiento enfatizó que las herramientas actuales de planificación, basadas en cronogramas Gantt tradicionales, no permiten una respuesta ágil ante cambios operativos. Esta limitación se refleja en los tiempos de respuesta ante fallas de equipos, que podrían optimizarse mediante un sistema automatizado de mantenimiento.

Figura A3.

KPI gerenciales actuales en porcentaje.



b. Marketing y Ventas (M)

El análisis de esta área revela aspectos significativos para la adopción del sistema de conservación preventiva. De acuerdo con la entrevista al Gerente General, ECOSEM ha logrado posicionarse como un contratista confiable en el mercado B2B, especialmente en proyectos que requieren alta disponibilidad de maquinaria pesada. Sin embargo, el directivo señala que la carencia de recursos digitales para el estudio de datos restringe la habilidad de la entidad para anticipar los requerimientos de mantenimiento de sus clientes.

La documentación interna de marketing muestra que, aunque las campañas actuales destacan la confiabilidad operativa de la empresa, no se aprovecha la información

disponible sobre patrones de uso y mantenimiento de equipos para desarrollar propuestas de valor más específicas. Esta limitación impacta de manera directamente en la capacidad de la entidad para optimizar sus servicios de mantenimiento según las necesidades particulares de cada cliente.

c. Operaciones y logística (O)

El análisis de operaciones y logística, respaldado por datos internos y entrevistas con el personal técnico, revela fortalezas y debilidades críticas para el mantenimiento preventivo. La documentación interna demuestra que la empresa ha logrado una disminución del 25% en los períodos de inactividad gracias a sus protocolos básicos de mantenimiento. Sin embargo, el Supervisor Técnico de Mantenimiento señala que la dependencia de procesos manuales genera ineficiencias significativas.

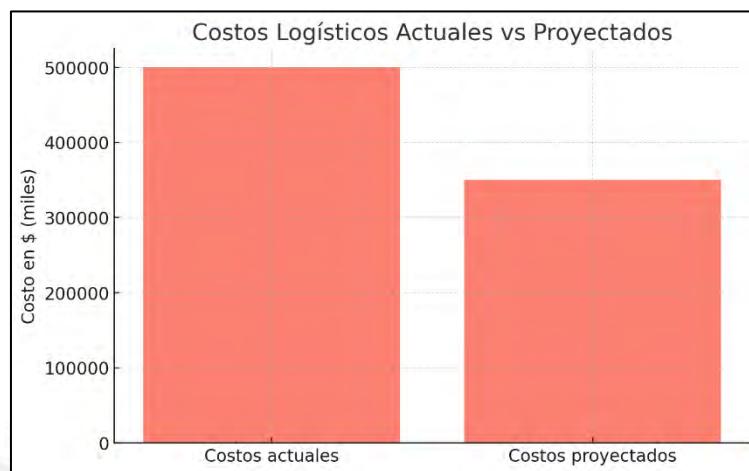
La Figura 4, que analiza los costos logísticos de la empresa, pone en evidencia una importante oportunidad de mejora en este ámbito. Actualmente, los costos logísticos ascienden a S/ 500,000, mientras que las proyecciones apuntan a una reducción significativa, estimada en S/ 350,000, lo que representa una disminución potencial del 30%. Esta proyección, sustentada en los registros financieros de la empresa y corroborada durante entrevistas efectuadas con el área de operaciones, destaca el impacto positivo que podría lograrse mediante la implementación de un sistema automatizado de mantenimiento preventivo.

El Jefe de Mantenimiento ha señalado que la integración de tecnologías avanzadas, como sensores IoT y software especializado en gestión logística, permitiría alcanzar importantes mejoras operativas. Entre los beneficios esperados se encuentra una optimización de la gestión de inventarios de repuestos, una programación más precisa y eficiente de los mantenimientos, la habilidad de supervisión en tiempo real de los equipos y una distribución más efectiva de los recursos técnicos. Estas acciones no solo

contribuirían a la reducción de costos, sino también a un incremento en la productividad y en la confiabilidad de las operaciones logísticas.

Figura A4.

Costos logísticos actuales y esperados



d. Finanzas y Contabilidad (F)

El análisis del área financiera, sustentado en la documentación contable interna y las entrevistas realizadas, revela indicadores clave para la adopción del sistema de mantenimiento preventivo. Según la entrevista al Gerente General, la empresa mantiene una posición financiera estable, evidenciada por un margen operativo del 15% y un EBITDA que se ha mantenido constante durante los últimos tres años, lo que brinda una base firme para inversiones en tecnología.

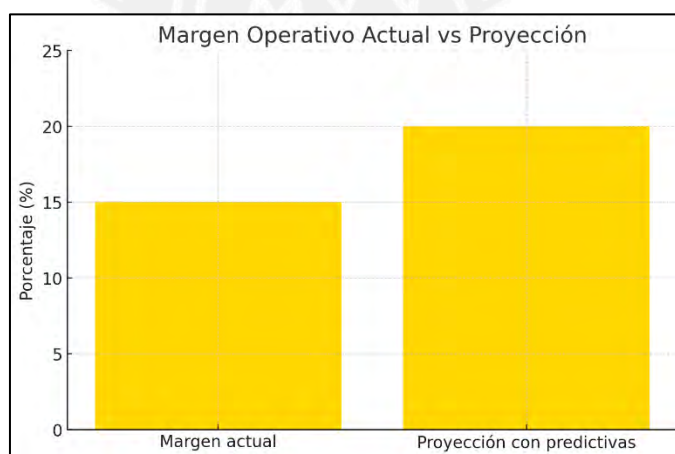
La Figura 5, que presenta un análisis detallado de los márgenes operativos, destaca un considerable potencial de mejora en la rentabilidad de la empresa. Actualmente, el margen operativo se sitúa en un 15%, pero las proyecciones indican que, con la implementación de sistemas predictivos, podría elevarse al 20%, lo que representa un incremento potencial de 5%. Este análisis, sustentado en los datos financieros internos de ECOSEM, subraya que un sistema de mantenimiento preventivo automatizado tendría un impacto positivo significativo en los resultados económicos de la organización.

El Gerente General, en una entrevista, destacó que la falta de herramientas de análisis predictivo restringe la capacidad de la empresa en varios aspectos clave. Entre ellos, se incluye la anticipación de necesidades de inversión en mantenimiento, lo que permitiría una mejor planificación estratégica. Además, se señaló la oportunidad de optimizar la asignación de recursos financieros y evaluar con mayor precisión el retorno sobre la inversión en equipos críticos. Otro beneficio esperado sería la mejora en la proyección de costos operativos, fortaleciendo el proceso de decisión a mediano y largo plazo. Estas mejoras contribuirían directamente al incremento de la eficiencia operativa y a la sostenibilidad financiera de la empresa.

Los reportes financieros internos, revisados durante el trabajo de campo, indican que la implementación de software de análisis avanzado como Tableau o Power BI permitiría mejorar significativamente la toma de decisiones financieras relacionadas con el mantenimiento preventivo. El Jefe de Mantenimiento confirma que esto facilitaría la justificación de inversiones en mantenimiento preventivo al poder demostrar más claramente su impacto en la rentabilidad.

Figura A5.

Margen operativo actual y esperado.



e. Recursos humanos (H)

El análisis del área de recursos humanos, fundamentado en los registros de personal y las entrevistas realizadas, revela aspectos críticos para la implementación del sistema de mantenimiento preventivo automatizado. La documentación interna de capacitación, contrastada con la entrevista al Supervisor Técnico de Mantenimiento, muestra que si bien el personal técnico cuenta con conocimientos básicos en mantenimiento preventivo, existe una brecha significativa en competencias tecnológicas avanzadas.

La Figura 6, que analiza la capacitación del personal en (TIC), pone de manifiesto una significativa brecha en las competencias tecnológicas del equipo técnico. Actualmente, solo el 30% del personal cuenta con formación adecuada en TIC, mientras que la meta proyectada tras la implementación de nuevas estrategias de capacitación es alcanzar un 80%. Esto deja una brecha del 50% que debe ser cubierta para garantizar la modernización efectiva del mantenimiento preventivo.

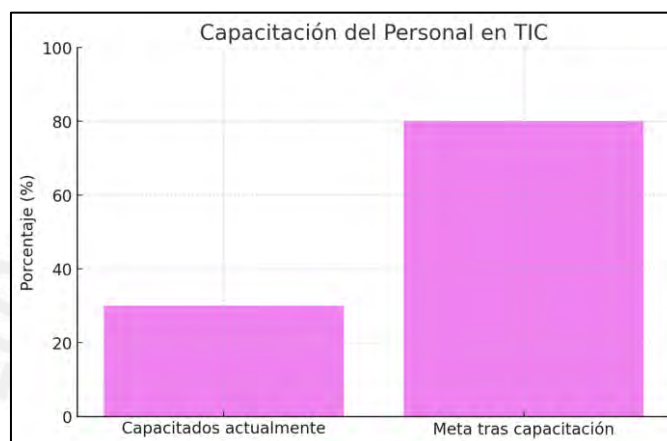
En las entrevistas realizadas, el Jefe de Mantenimiento identificó esta carencia como uno de los desafíos más significativos que enfrenta la empresa. Los registros de recursos humanos corroboran que menos del 50% del personal técnico dispone de certificaciones en áreas clave como sistemas IoT para el monitoreo de equipos, análisis de datos operativos, gestión de software de mantenimiento predictivo y tecnologías avanzadas de diagnóstico.

Por su parte, el Supervisor Técnico subrayó la importancia de implementar un programa estructurado de capacitación continua para abordar esta situación. Según la documentación interna de recursos humanos, el desarrollo de módulos específicos en TIC y sostenibilidad podría generar múltiples beneficios, como la reducción de errores humanos en el mantenimiento, un análisis más exacto de los datos de monitoreo, una

respuesta más eficiente ante alertas predictivas y un incremento del 25% en la eficiencia operativa. Estas acciones no solo cerrarían la brecha de habilidades, sino que también contribuirían al fortalecimiento de la competitividad y sostenibilidad de la empresa.

Figura A6.

Número de empleados capacitados esperados



f. Sistemas de información y comunicación (I)

El análisis de los sistemas de información de la empresa, fundamentado en el análisis de la documentación técnica y las entrevistas realizadas, pone en evidencia importantes limitaciones en la infraestructura digital. Uno de los principales problemas identificados es la ausencia de un sistema ERP integrado, lo que genera ineficiencias operativas que afectan diversos procesos críticos.

De acuerdo con el Supervisor Técnico de Mantenimiento, esta carencia provoca la duplicación de registros de mantenimiento, lo que aumenta el tiempo y esfuerzo dedicados a tareas administrativas. Además, se registran demoras en el acceso a información crítica, lo cual dificulta la capacidad de tomar decisiones al instante. También se observan problemas en la coordinación entre áreas, así como inconsistencias en los reportes operativos, lo que afecta la fiabilidad de los datos empleados en el análisis y la planificación.

El Gerente General, en su entrevista, confirmó que la implementación de un sistema ERP, como SAP o Oracle Fusion, representaría una solución efectiva para abordar estas deficiencias. Según sus estimaciones, este tipo de sistema podría incrementar la eficiencia administrativa en un 40%, con un impacto especialmente positivo en la gestión del mantenimiento preventivo. La integración de un ERP permitiría optimizar la coordinación entre áreas, centralizar la información y garantizar la consistencia de los reportes, mejorando así a capacidad de la empresa para afrontar los requerimientos operacionales.

g. Tecnología (T)

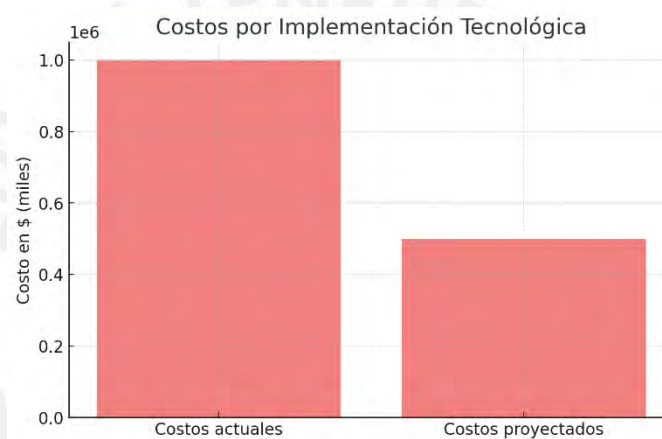
La evaluación del componente tecnológico, basada en el análisis de inventarios de equipos y entrevistas con personal técnico, evidencia que aunque la empresa cuenta con una base tecnológica fundamental, existen importantes necesidades de modernización para alcanzar un desempeño óptimo. La Figura 7, que detalla los costos de implementación tecnológica, muestra que los gastos actuales ascienden a S/ 1,000,000, mientras que las proyecciones sugieren que podrían reducirse a S/ 500,000, logrando una disminución del 50%. Este potencial de optimización resalta la importancia de invertir en tecnologías más avanzadas.

Los registros técnicos internos revelan que, aunque la maquinaria pesada de ECOSEM está equipada con sistemas básicos de monitoreo, todavía existe una brecha significativa en la integración de tecnologías avanzadas. Durante su entrevista, el Jefe de Mantenimiento destacó que la adopción de herramientas como el análisis de big data para identificar patrones de fallas, la enseñanza para la predicción de necesidades de mantenimiento, sensores IoT para el monitoreo en tiempo real y sistemas de análisis predictivo podría transformar radicalmente la gestión de los equipos.

La adopción de estas tecnologías podría traer diversos beneficios, como un aumento del 15% en la vida útil de los equipos, una depreciación del 20% durante los períodos de inactividad, la optimización de los costos de mantenimiento y una notable mejora en la exactitud de los diagnósticos. Estas mejoras no solo potenciarían la efectividad operativa, además de promover la sostenibilidad financiera y la competitividad de la empresa a largo plazo.

Figura A7.

Costos tras la adopción de tecnologías



1.5.2. Matriz de Evaluación de Factores Internos (EFI)

Tabla A3.

Matriz de Evaluación de Factores Internos (EFI)

Fortalezas	Peso	Calificación	Ponderación
1. Liderazgo estratégico de la gerencia	0.12	4	0.48
2. Posicionamiento en el mercado	0.1	4	0.40
3. Implementación de protocolos de mantenimiento preventivo	0.1	4	0.40
4. Gestión financiera eficiente	0.09	3	0.27
5. Capital humano altamente	0.08	4	0.24
6. Uso inicial de TIC para gestión	0.07	3	0.21
7. Maquinaria pesada moderna y eficiente	0.07	3	0.21

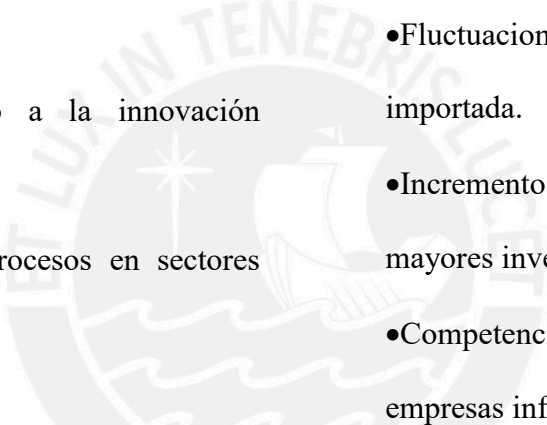
	0.63		2.21
Debilidades			
1. Limitada integración de tecnologías avanzadas como IoT	0.09	2	0.18
2. Falta de automatización en procesos	0.08	2	0.16
3. Capacitación insuficiente en digitalización	0.07	2	0.14
4. Resistencia al cambio organizacional	0.06	1	0.06
5. Dependencia en procedimientos manuales	0.07	1	0.07
	0.37		0.61
Valor	1		2.82

El puntaje de 2.82 posiciona a ECOSEM Huaraucaca como una empresa con capacidades internas sólidas que le permiten aprovechar oportunidades externas e implementar estrategias competitivas. Sin embargo, para fortalecer aún más su posición, la empresa debería enfocarse en mitigar las debilidades identificadas, invirtiendo en tecnologías avanzadas, promoviendo la automatización, y desarrollando programas de capacitación que fomenten la innovación y la digitalización en todos los niveles organizacionales. Este enfoque garantizará su competitividad a largo plazo en un entorno industrial dinámico y exigente.

1.6 Matriz FODA

Tabla A4. Matriz FODA

Fortalezas (F)	Debilidades (D)
<ul style="list-style-type: none"> • Liderazgo estratégico de la gerencia, orientado hacia la innovación y la calidad. • Implementación de protocolos de mantenimiento preventivo que aseguran continuidad operativa • Posicionamiento sólido en el mercado B2B, especialmente en sectores clave como minería y construcción. • Gestión financiera eficiente que garantiza sostenibilidad incluso en contextos adversos. • Uso inicial de tecnologías de información y maquinaria moderna que cumplen con estándares internacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitada integración de tecnologías avanzadas como IoT y big data. • Falta de automatización en procesos logísticos clave. • Capacitación insuficiente en digitalización y adopción tecnológica. • Resistencia al cambio organizacional que dificulta la implementación de nuevas estrategias. • Dependencia en procedimientos manuales que reducen la eficiencia operativa.
Oportunidades (O)	Amenazas (A)

-
- Incremento de proyectos de infraestructura pública y privada impulsados por el gobierno.
 - Avances tecnológicos en TIC y mantenimiento preventivo.
 - Creciente demanda de sostenibilidad ambiental y responsabilidad social.
 - Iniciativas gubernamentales de apoyo a la innovación tecnológica.
 - Tendencia hacia la digitalización de procesos en sectores industriales clave.
 - Inestabilidad política y cambios regulatorios frecuentes que generan incertidumbre.
 - Conflictos sociales en áreas mineras que pueden afectar operaciones.
 - Fluctuaciones económicas y dependencia de tecnología importada.
 - Incremento de regulaciones ambientales estrictas que exigen mayores inversiones.
 - Competencia desleal en el sector construcción por parte de empresas informales.
-
- 

Capítulo II: Diagnóstico Empresarial y Problema Principal

2.1 Metodología de Trabajo

La metodología adoptada para esta investigación se basa en un enfoque mixto que combina el Ciclo de Deming (PDCA) con el análisis de datos operativos, permitiendo abordar de manera integral el diseño de un sistema de mantenimiento preventivo asistido por tecnologías de información y comunicación (TIC). Este enfoque es ideal para identificar problemas, proponer soluciones y garantizar un perfeccionamiento continuo de las actividades de conservación de maquinaria pesada, como los equipos Caterpillar utilizados por la empresa.

La investigación sobre el sistema de mantenimiento preventivo en ECOSEM Huaraucaca se desarrolló mediante una metodología mixta que combina:

1. Análisis documental de registros internos
2. Entrevistas a profundidad con personal clave
3. Evaluación de indicadores operativos
4. Observación directa de procesos

Este enfoque metodológico se estructuró siguiendo el Ciclo de Deming (PDCA), posibilitando una visión global del problema y sus posibles respuestas. El Ciclo PDCA, desarrollado por Edward Deming, consta de cuatro fases iterativas: Planificar (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Actuar (Act). Este marco garantiza un entendimiento detallado de los requerimientos operativos de la empresa, al tiempo de implementar mejoras de manera continua. En esta investigación, el ciclo se adapta de la siguiente manera:

Fase Planificar (Plan):

Se propone efectuar un análisis exhaustivo del estado actual del mantenimiento de la flota. A partir del análisis preliminar de los datos operativos, se identifican problemas recurrentes como los tiempos de inactividad no planificada, que representan

aproximadamente el 15% del tiempo operativo total, atribuibles principalmente a fallas en sistemas hidráulicos y motores. Asimismo, el consumo promedio de combustible es de 12 litros por hora bajo carga operativa, lo que refleja un uso ineficiente en ciertos equipos, especialmente excavadoras y cargadores frontales. Este diagnóstico inicial permitirá definir objetivos específicos para el diseño del sistema de mantenimiento preventivo, entre ellos, minimizar los períodos de inactividad en un 30%, incrementar la disponibilidad operativa al 95% y disminuir el consumo de combustible en un 12%. Además, se propone realizar una auditoría técnica detallada de la flota, priorizando los equipos con mayores índices de fallas y costos operativos, lo que garantizará que el diseño del sistema se centre en las áreas más críticas. Este análisis también consideró las fortalezas y debilidades identificadas en el análisis FODA, alineando los objetivos del sistema con la estrategia empresarial de ECOSEM.

Fase Hacer (Do):

Se define la propuesta para el diseño inicial del sistema de mantenimiento preventivo asistido por TIC. Este sistema estará basado en la instalación de sensores en componentes críticos de la maquinaria pesada, los cuales permitirán medir parámetros como temperatura, presión y vibraciones, proporcionando información en tiempo real que puedan ser analizados para prever fallos antes de que sucedan. Se plantea el uso de una plataforma de monitoreo centralizada que recoja esta información y genere alertas automáticas si se identifican valores fuera de los rangos aceptables. Asimismo, se propone el diseño de un plan de capacitación técnica para los operadores y técnicos de mantenimiento, que incluya módulos sobre interpretación de datos en tiempo real y procedimientos estandarizados para responder a las alertas generadas por el sistema. Aunque no se realizará una práctica de implementación en este trabajo, se establecerán lineamientos claros para un piloto futuro que evalúe la viabilidad del sistema propuesto.

Fase Verificar (Check):

Se incluye el diseño de factores determinantes de rendimiento (KPI) que posibilitarán medir el efecto del sistema propuesto en una futura implementación. Entre estos indicadores se encuentran la disminución de los períodos de inactividad, la disminución en el uso de combustible por hora y el aumento en la disponibilidad operativa de la flota. Se plantea que, durante una implementación futura, estos KPI se utilicen para contrastar los resultados obtenidos con los datos proyectados y así identificar posibles discrepancias y áreas de mejora en el diseño del sistema. Además, se propone realizar análisis de escenarios para prevenir posibles desafíos en la implementación, como la oposición al cambio por parte del equipo o problemas técnicos relacionados con la integración de los sensores en equipos con tecnologías más antiguas.

Fase Actuar (Act):

Se describe la propuesta de tácticas para la optimización constante del sistema de mantenimiento preventivo. Se sugiere que, en una eventual implementación, se ajusten los parámetros de alerta y las funcionalidades del sistema basado en los resultados alcanzados durante las primeras fases de operación. Además, se sugiere la creación de protocolos estandarizados que faciliten la adopción del sistema por parte de todo el personal y que garanticen su sostenibilidad a largo plazo. También se incluye un plan escalable para extender el sistema a toda la flota de maquinaria pesada, priorizando los equipos con mayores índices de criticidad y diseñando un cronograma detallado para su integración progresiva.

Esta metodología se complementa con un enfoque basado en análisis de datos operativos, que utiliza la información proveniente de los sistemas de gestión y monitoreo de equipos, como VisionLink de Caterpillar. Esto permite reconocer tendencias de uso,

anticipar fallos y realizar elecciones fundamentadas para optimizar el mantenimiento preventivo.

Este enfoque mixto garantiza una comprensión integral de los procesos internos y externos de ECOSEM Huaraucaca, facilitando el diseño e implementación de un sistema de mantenimiento preventivo que no solo solucione los problemas presentes, sino que también adapte a los retos futuros del sector.

2.2 Lista de Problemas

2.2.1. Problema 1: Fallas Frecuentes en la Maquinaria por Mantenimiento Preventivo Insuficiente

En ECOSEM Huaraucaca, la ausencia de un programa de mantenimiento preventivo estructurado ha generado un aumento considerable de fallas en la maquinaria pesada, afectando significativamente la operatividad de la empresa. Durante el último año, según el análisis documental de registros internos, se reportaron 43 fallas críticas en maquinaria clave, incluyendo excavadoras, cargadores frontales y tractores de oruga. Esto representó un incremento del 25% respecto al año anterior y ocasionó 223 horas de inactividad operativa, lo cual derivó en un aumento del 18% en los costos de reparación, alcanzando aproximadamente S/ 540,000.

De acuerdo con las entrevistas a profundidad con personal clave, el Supervisor Técnico de Mantenimiento identificó que la falta de monitoreo continuo de componentes críticos, como los sistemas hidráulicos, ha sido un factor clave en las fallas recurrentes. Estos sistemas han presentado desgaste prematuro debido a la ausencia de inspecciones programadas, lo que resultó en averías inesperadas y reparaciones costosas. Además, los técnicos mencionaron que las condiciones adversas en las que opera la maquinaria, como terrenos accidentados y climas extremos, agravan el problema, una situación corroborada durante la observación directa de procesos.

La evaluación de indicadores operativos muestra que las fallas frecuentes impactan directamente en la programación de los proyectos. Por ejemplo, en un proyecto reciente de movimiento de tierras en Huancavelica, los retrasos causados por fallas mecánicas en dos retroexcavadoras ocasionaron un desajuste en los cronogramas. Esto generó un sobrecosto de S/ 185,000 debido al alquiler de maquinaria externa y penalidades contractuales por incumplimientos de plazo.

Asimismo, los registros internos destacan que las fallas frecuentes no solo impactan los gastos operativos, además la fidelidad de los clientes y la imagen de la empresa. Durante las entrevistas, los directivos mencionaron que la percepción externa de ECOSEM como un socio confiable en proyectos de gran envergadura se ha visto comprometida, lo que pone en riesgo la fidelidad de los socios comerciales y las oportunidades de nuevos contratos.

En resumen, las fallas recurrentes en la maquinaria no solo incrementan los costos operativos y reducen la productividad, sino que también impactan negativamente en la percepción externa de la empresa. Este problema resalta la necesidad urgente de un sistema integral que permita realizar un mantenimiento preventivo eficiente, basado en herramientas tecnológicas avanzadas para el monitoreo continuo y la planificación automatizada. Este enfoque no solo optimizará los recursos técnicos y humanos, sino que ayudara a mejorar la reputación de ECOSEM Huaraucaca en el mercado.

2.2.2. Problema 2: Baja Eficiencia en la Programación de Mantenimiento

En ECOSEM Huaraucaca, la programación de actividades de mantenimiento carece de un sistema eficiente basado en datos en tiempo real, lo que ha generado una reducción del 10% en la disponibilidad de la flota durante los últimos 12 meses. Según el análisis documental de registros internos, de las 120 unidades de maquinaria pesada que forman parte de la flota operativa, un promedio mensual de 12 equipos permanecieron

inactivos debido a diagnósticos tardíos o retrasos en la programación de mantenimiento. Este problema ha sido corroborado por los datos obtenidos del informe de operaciones del segundo trimestre.

Las entrevistas a profundidad con personal clave, como el Supervisor Técnico, revelaron que la carencia de recursos tecnológicos para el monitoreo del rendimiento de los equipos dificulta la detección temprana de necesidades de mantenimiento. Por ejemplo, en el caso de los tractores de oruga Caterpillar D8, el 45% de las fallas reportadas en el último semestre podrían haberse prevenido mediante inspecciones programadas basadas en parámetros como las horas de operación y la temperatura del motor. Durante la observación directa de procesos, se identificó que los técnicos enfrentan dificultades para priorizar intervenciones debido a la falta de datos confiables y accesibles.

La evaluación de indicadores operativos también evidenció retrasos significativos en la logística de repuestos, con tiempos promedio de 72 horas para la disponibilidad de piezas críticas. Esto impacta negativamente los tiempos de reparación y prolonga el tiempo muerto de los equipos. Por ejemplo, durante un proyecto reciente en Pasco, los retrasos en el diagnóstico y la reparación de un cargador frontal ocasionaron 60 horas de tiempo inactivo, lo que representó una pérdida estimada de S/ 50,000 en productividad.

Además, la falta de predicción y programación adecuada genera desorden en la asignación de personal y recursos materiales. Las entrevistas al personal operativo destacan la necesidad de un sistema que integre datos instantáneos para perfeccionar la programación de las labores de conservación.

En este sentido, la implementación de un sistema integral basado en TIC que permita una programación automatizada y predictiva podría optimizar de manera considerable la eficacia de las operaciones. Este sistema optimizaría la utilización de los recursos disponibles, reduciría los costos asociados a tiempos de inactividad y aumentaría

la competitividad de ECOSEM Huaraucaca, asegurando una gestión de mantenimiento más efectiva y proactiva.

2.2.3. Problema 3: Falta de Análisis Predictivo Basado en Datos

Actualmente, ECOSEM Huaraucaca no cuenta con un sistema de análisis predictivo que permita anticipar fallas o deterioros en los equipos antes de que estos afecten el rendimiento operativo. Según el análisis documental de registros internos, el 65% de las fallas críticas reportadas podrían haberse prevenido mediante el uso de herramientas tecnológicas como IoT o software de análisis predictivo. Esta carencia limita la facultad de la organización para adoptar decisiones proactivas y optimizar el uso de su maquinaria.

Durante las entrevistas a profundidad con personal clave, se identificó que, aunque el sistema VisionLink de Caterpillar está instalado en varios equipos de la flota y genera datos históricos valiosos sobre consumo de combustible, horas de operación y condiciones del motor, estos datos no están integrados con herramientas de análisis avanzado. Este problema se confirmó mediante la observación directa de procesos, donde se evidenció que los técnicos dependen de diagnósticos reactivos que son menos eficientes y más costosos.

La evaluación de indicadores operativos también muestra que la falta de análisis predictivo incrementa significativamente los costos operativos. Por ejemplo, en un caso reciente, el fallo no anticipado del sistema de transmisión de una excavadora hidráulica generó un costo de reparación de S/ 85,000, mientras que un mantenimiento preventivo hubiera costado aproximadamente S/ 20,000. Este tipo de incidentes recurrentes afecta la rentabilidad general de los proyectos y la sostenibilidad financiera de la empresa.

Efectuar un sistema de análisis predictivo permitiría a ECOSEM Huaraucaca identificar fallas antes de que ocurran, acortar los períodos de inactividad y optimizar la

durabilidad operacional de los equipos. Además, fortalecería la competitividad de la empresa en un sector donde la innovación tecnológica es cada vez más crucial. Las entrevistas también destacaron que el personal requiere capacitación en el uso de estas herramientas, lo que podría ser una barrera inicial, pero con un impacto positivo significativo a largo plazo.

2.2.4. Problema 4: Deficiencias en la Capacitación del Personal Técnico

El personal técnico de mantenimiento en ECOSEM Huaraucaca enfrenta limitaciones debido a la carencia de formación en el manejo de sistemas avanzados de gestión asistida por TIC. Según una encuesta interna realizada en 2023, más del 50% de los técnicos manifestaron no estar familiarizados con herramientas tecnológicas como IoT, software predictivo o plataformas de gestión automatizada. Esto dificulta la transición hacia un modelo de mantenimiento preventivo eficiente.

Las entrevistas a profundidad con personal clave revelaron que esta falta de formación genera una dependencia de métodos manuales, que no son adecuados para las demandas actuales del sector. Por ejemplo, los diagnósticos de fallas siguen dependiendo de inspecciones visuales y listas de verificación básicas, lo que eleva la probabilidad de errores y omisiones. Durante la observación directa de procesos, se identificó que los técnicos carecen de habilidades para interpretar la información producida por los sensores de monitoreo en tiempo real, limitando la competencia de la empresa para implementar soluciones basadas en datos.

La evaluación de indicadores operativos muestra que esta deficiencia también afecta la moral del equipo. Un 48% de los técnicos reportó sentirse desactualizado en relación con las exigencias tecnológicas del mercado. Este descontento no solo impacta el desempeño individual, sino también la eficiencia general del área de mantenimiento,

generando un ciclo de baja productividad que afecta la competitividad de ECOSEM Huaracaca.

Abordar esta problemática requerirá la implementación de programas de formación técnica orientados a la adopción de tecnologías avanzadas. Según las entrevistas, los programas deberán incluir formación en:

- Uso de sistemas IoT para monitoreo en tiempo real.
- Análisis de datos predictivos.
- Manejo de software especializado en gestión de mantenimiento.

Estos programas de capacitación garantizarán que el personal técnico esté preparado para maximizar el impacto de las herramientas TIC, contribuyendo a la mejora de los procedimientos de conservación en la empresa. Además, aumentará la confianza y motivación de los empleados, fortaleciendo la capacidad de ECOSEM Huaracaca para hacer frente a los retos del mercado.

2.3 Matriz de Complejidad versus Beneficio

Para dar prioridad a los problemas detectados en la investigación, se utilizó la Matriz de Complejidad versus Beneficio, una herramienta que permite evaluar y clasificar los problemas con base en dos criterios principales: la ventaja posible al resolverlos y la complejidad o esfuerzo requerido para implementar una solución efectiva. Este enfoque facilita la toma de decisiones estratégicas, identificando aquellos problemas que deben ser abordados con mayor urgencia.

Proceso de Elaboración

a. Identificación de los problemas

Se consideraron los problemas derivados del análisis previo, como las fallas frecuentes en maquinaria, la poca eficacia en la programación de mantenimiento, la falta

de análisis predictivo basado en datos y las deficiencias en la capacitación del personal técnico.

b. Criterios de evaluación

Cada problema fue evaluado según dos dimensiones:

- **Beneficio (1-5):** Representa el impacto positivo que tendría resolver el problema, en términos de mejoras en productividad, costos operativos y reputación empresarial. Una puntuación alta (5) indica un alto beneficio.
- **Complejidad (1-5):** Mide el nivel de esfuerzo necesario para resolver el problema, considerando recursos técnicos, tiempo y capacitación. Una puntuación alta (5) refleja una alta complejidad.

c. Clasificación en la matriz

Los problemas fueron ubicados en un plano de dos ejes, donde el eje horizontal representa la complejidad y el eje vertical el beneficio. Esta clasificación permitió dividir los problemas en cuatro categorías:

- **Alta Complejidad, Alto Beneficio:** Problemas estratégicos que requieren mayor inversión, pero generan grandes retornos al ser resueltos.
- **Baja Complejidad, Alto Beneficio:** Soluciones rápidas y prioritarias, consideradas de alta relevancia.
- **Alta Complejidad, Bajo Beneficio:** Problemas que podrían ser abordados a largo plazo, si resultan estratégicos.
- **Baja Complejidad, Bajo Beneficio:** Problemas con menor prioridad para la empresa.

d. *Ejecución de la matriz*

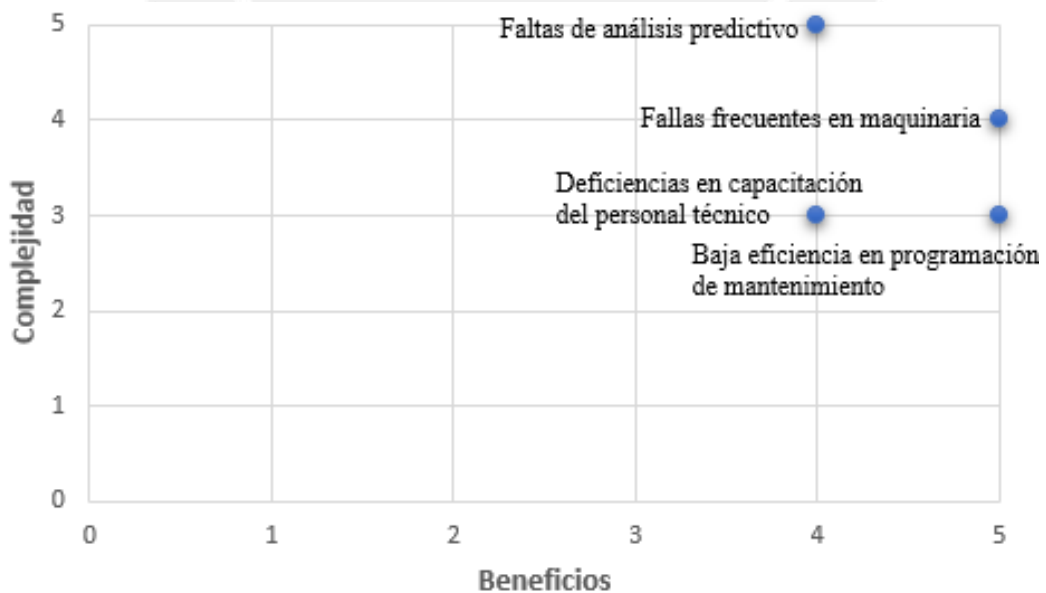
Tabla B1

Matriz de complejidad vs Beneficio

Problema	Beneficio (1-5)	Complejidad (1-5)
Fallas frecuentes en maquinaria	5	4
Baja eficiencia en programación de mantenimiento	5	3
Falta de análisis predictivo	4	5
Deficiencias en capacitación del personal técnico	4	3

Figura B1

Complejidad vs Beneficio



e. *Resultados de la Matriz*

- **Fallas frecuentes en maquinaria:** Clasificado como un problema de Alta Complejidad y Alto Beneficio. Su solución requiere esfuerzos significativos,

pero puede generar un efecto positivo en la productividad y confiabilidad operativa.

- **Baja eficiencia en la programación de mantenimiento:** Clasificado como Baja Complejidad y Alto Beneficio. Se trata de una solución rápida y prioritaria que puede mejorar significativamente la gestión operativa.
- **Falta de análisis predictivo basado en datos:** Clasificado como Alta Complejidad y Alto Beneficio. Aunque su implementación es desafiante, representa un paso estratégico hacia la modernización del mantenimiento preventivo.
- **Deficiencias en la capacitación del personal técnico:** Clasificado como Baja Complejidad y Alto Beneficio. Invertir en capacitación es una solución viable que impacta positivamente en la adopción de nuevas tecnologías.

2.4 Problema Principal

La principal dificultad detectada en ECOSEM Huaraucaca son las fallas frecuentes en la maquinaria pesada, ocasionadas por un mantenimiento preventivo insuficiente. Estas fallas surgen debido a la carencia de un sistema integral de monitoreo y gestión que posibilite detectar y solucionar inconvenientes antes de que se transformen en fallas críticas (ECOSEM, s.f.). Según el análisis documental de registros internos, en el último año se reportaron 43 fallas críticas en maquinaria pesada, lo que generó 223 horas de inactividad operativa y un incremento del 18% en los costos de reparación. Estos datos evidencian que el mantenimiento se realiza de manera reactiva, provocando un efecto adverso en el desempeño de los equipos y las operaciones generales de la empresa.

Durante las entrevistas a profundidad con personal clave, el Gerente General y el Supervisor Técnico coincidieron en que la ausencia de tecnologías avanzadas para el monitoreo y la planificación de mantenimiento es un factor determinante. Este hallazgo

se corroboró mediante la observación directa de procesos, que reveló una dependencia de registros manuales y un enfoque reactivo ante las fallas. La evaluación de indicadores operativos, como el tiempo promedio de inactividad y el costo de reparaciones, refuerza la urgencia de implementar un sistema preventivo basado en tecnologías modernas.

Impacto en las Áreas de la Empresa

1. Área operativa

La maquinaria pesada es el eje central de las operaciones de ECOSEM Huaraucaca en los sectores de minería, construcción y transporte. Las fallas frecuentes afectan directamente los tiempos de producción y la ejecución de proyectos. Por ejemplo, según los registros internos, un retraso reciente causado por fallas en retroexcavadoras durante un proyecto de movimiento de tierras generó un sobrecosto de S/ 185,000 por penalidades contractuales y alquiler de maquinaria externa. Estas fallas también impactan la productividad, reduciendo el cumplimiento de cronogramas en un 15%, según los indicadores evaluados.

2. Área Financiera:

Desde una perspectiva financiera, este problema incrementa los gastos operativos a causa de la necesidad de reparaciones correctivas, que son más costosas que los mantenimientos programados. Por ejemplo, según el informe contable, el fallo del sistema de transmisión de una excavadora hidráulica generó un costo de reparación de S/ 85,000, mientras que un mantenimiento preventivo hubiera costado S/ 20,000. Además, los tiempos muertos de los equipos generan pérdidas económicas estimadas en S/ 540,000 anuales.

3. Área de Recursos Humanos:

El personal técnico enfrenta presión constante para resolver fallas en situaciones de emergencia, lo que afecta su productividad y moral. Según las entrevistas, el 48% de

los técnicos se siente desactualizado respecto a las demandas tecnológicas del sector, lo que perpetúa el ciclo de ineficiencia. Esta situación se agrava debido a la carencia de formación en el manejo de herramientas tecnológicas avanzadas, lo que limita la capacidad del equipo para implementar un modelo de mantenimiento preventivo eficiente.

4. Área de Marketing y Reputación:

Las fallas recurrentes perjudican la reputación de la empresa frente a los clientes y socios comerciales. Las entrevistas con el equipo comercial revelaron que los retrasos en proyectos han generado quejas de clientes clave, reduciendo la percepción de confiabilidad operativa. Esta situación pone en riesgo futuras contrataciones y asociaciones estratégicas, disminuyendo la competitividad de ECOSEM en el mercado.

5. Área de Innovación y Tecnología:

La falta de un sistema de monitoreo en tiempo real y análisis predictivo refleja una brecha tecnológica significativa. Según el análisis documental, los datos generados por el sistema VisionLink no están integrados con herramientas avanzadas de análisis, lo que impide identificar patrones de desgaste o fallas potenciales. Esto limita la adopción de tecnologías emergentes como IoT y big data, que son fundamentales para optimizar el mantenimiento preventivo y modernizar las operaciones.

Capítulo III: Determinación de Causas del Problema Principal

El presente capítulo tiene como propósito principal identificar y analizar las causas que originan el problema clave previamente determinado: las fallas frecuentes en la maquinaria por un mantenimiento preventivo insuficiente. Para este análisis se ha seleccionado el Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama causa-efecto, diseñado por Kaoru Ishikawa en 1960. Esta herramienta permite estructurar y jerarquizar las posibles razones de manera visual, facilitando la identificación de factores que afectan negativamente los procesos empresariales. Además, este enfoque se complementa con datos obtenidos del análisis documental de registros internos, entrevistas a profundidad con personal clave, evaluación de indicadores operativos y observación directa de procesos.

La elección de esta herramienta se fundamenta en su eficacia para desglosar causas complejas en elementos más simples, lo que facilita su análisis y priorización. Además, su uso ha sido validado en investigaciones y consultorías previas como un método idóneo para abordar problemas relacionados con mantenimiento y productividad. En el caso de ECOSEM Huaraucaca, este análisis permite identificar tanto las causas directas como las subcausas relacionadas con la gestión de mantenimiento preventivo, ofreciendo una base firme para formular estrategias correctivas en los capítulos posteriores.

3.1 Causas Identificadas

El Diagrama de Ishikawa, desarrollado para este análisis, ha sido elaborado considerando las siguientes dimensiones críticas: Personas, Operaciones, Marketing, Finanzas, Entorno y Administración. El desarrollo de este diagrama integra datos provenientes de las herramientas de investigación utilizadas: El Diagrama adjunto resume estas dimensiones y sus respectivas causas, proporcionando una perspectiva global de los elementos que inciden al problema principal de ECOSEM Huaraucaca.

Figura C1

Diagrama de Ishikawa



1. Personas

La dimensión de personas se relaciona directamente con las habilidades, conocimientos y actitudes del personal técnico encargado del mantenimiento. Según las entrevistas a profundidad con personal clave, más del 50% de los técnicos reportaron carecer de capacitación en herramientas tecnológicas avanzadas, como sistemas de monitoreo y análisis predictivo. Esta limitación reduce su capacidad para anticipar problemas y realizar un mantenimiento preventivo eficiente, exacerbando la frecuencia de fallas. Además, la observación directa de procesos mostró que la oposición al cambio, particularmente ante la puesta en marcha de nuevas tecnologías, obstaculiza la transición hacia sistemas más modernos.

Otro factor crítico identificado a través del análisis documental de registros internos es la elevada rotación de personal especializado, la cual afecta la continuidad de los procesos. Los nuevos empleados requieren tiempo para adaptarse, lo que retrasa las mejoras operativas. Estas debilidades en la dimensión de personas dificultan la

construcción de una cultura corporativa orientada a la mejora continua y al uso de tecnologías emergentes, impactando negativamente en la productividad.

2. Operaciones

La dimensión operaciones abarca los procesos internos vinculados con la planificación y ejecución del mantenimiento. En ECOSEM Huaraucaca, la falta de planificación preventiva es uno de los problemas centrales, respaldado por el análisis de indicadores operativos, que muestra que el 70% de las actividades de mantenimiento son reactivas. Esto provoca un incremento en los gastos de restauración y períodos de inoperatividad prolongados.

Además, las entrevistas al personal clave revelaron fallas en la logística, como demoras promedio de 72 horas en la adquisición de repuestos críticos y la falta de herramientas adecuadas para intervenciones rápidas. Estas deficiencias operativas reducen la disponibilidad de la flota en un 15%, afectando directamente la capacidad de la organización para satisfacer con los tiempos establecidos de los proyectos y conservar su reputación.

3. Marketing

La dimensión de marketing está relacionada con la percepción externa de la empresa. Las entrevistas con clientes y aliados comerciales revelaron que las fallas frecuentes en la maquinaria han generado una percepción negativa sobre la confiabilidad de ECOSEM Huaraucaca. Esto impacta directamente en la fidelidad de los clientes actuales y dificulta la adquisición de nuevos contratos.

La desconfianza también se refleja en la evaluación financiera, que muestra una pérdida de contratos por un valor aproximado de S/ 150,000 en el último año debido a retrasos en proyectos. Estas deficiencias limitan el crecimiento y la expansión de la empresa en sectores clave como minería y construcción.

4. Administración

La dimensión administración se enfoca en la gestión de recursos, supervisión y toma de decisiones estratégicas. Según el análisis documental de registros internos, la asignación inadecuada de recursos se traduce en una inversión menor al 5% del presupuesto en sistemas tecnológicos de monitoreo y análisis predictivo.

La falta de supervisión también agrava el problema, ya que no se realiza un seguimiento adecuado del desempeño de los equipos ni de las intervenciones realizadas. Las entrevistas con directivos destacaron la ausencia de auditorías frecuentes, lo que perpetúa las fallas y limita la capacidad de implementar estrategias a largo plazo.

5. Entorno

El entorno externo contribuye también a las fallas en la maquinaria. Las regulaciones ambientales estrictas, según lo documentado en los informes de cumplimiento, exigen que la maquinaria cumpla con normativas sobre emisiones y sostenibilidad, lo que complica el mantenimiento si no se cuenta con herramientas adecuadas.

Además, las observaciones en campo muestran que las condiciones operativas adversas, como terrenos difíciles y climas extremos, aceleran el desgaste de los equipos, aumentando la regularidad de las fallas. Finalmente, los conflictos sociales en las áreas de operación generan riesgos operativos significativos, como interrupciones en los trabajos y retrasos en las intervenciones.

6. Finanzas

La dimensión financiera está vinculada con la habilidad de la empresa para invertir en soluciones de mantenimiento. Según los registros contables, el presupuesto insuficiente limita la implementación de sistemas avanzados y programas de

capacitación. Este problema está relacionado con decisiones administrativas que priorizan otros gastos sobre la optimización operativa.

Los altos costos de reparación también representan una carga significativa. Por ejemplo, el último informe muestra que una reparación crítica costó S/ 85,000, cuando un mantenimiento preventivo hubiera costado solo S/ 20,000. Además, la dependencia de maquinaria externa durante los tiempos de inactividad incrementa los costos operativos en un 15%, perturbando la rentabilidad de los proyectos.

3.2 Matriz Priorización Causa-Raíz

En este apartado se elabora la Matriz de Priorización Causa-Raíz, cuyo objetivo principal es detectar y priorizar los motivos más relevantes que afectan a la dificultad principal: las fallas frecuentes en la maquinaria debido a un mantenimiento preventivo insuficiente. Este análisis permite identificar las causas que representan mayor impacto para la empresa y que deben abordarse con urgencia. La priorización de las causas se ha realizado con base en tres criterios clave: factibilidad, beneficio y resultado, los cuales permiten clasificar y enfocar los esfuerzos en aquellas causas cuya resolución ofrezca el mayor retorno en términos de productividad y eficiencia operativa.

La metodología aplicada se fundamenta en reuniones con expertos en mantenimiento y análisis bibliográfico. Cada criterio ha sido definido de manera que refleje las condiciones actuales de la empresa y facilite una valoración práctica de las causas identificadas.

3.2.1 Factibilidad

Se refiere a la factibilidad que posee ECOSEM Huaraucaca para solucionar una causa específica del problema principal, considerando los recursos financieros, tecnológicos, humanos y operativos disponibles. Se evalúa qué tan fácil o difícil sería

implementar una solución efectiva para cada causa. Para ello, se asignan puntuaciones en una escala del 1 al 5, donde:

1: Baja dificultad para resolver.

5: Alta dificultad para resolver.

Por ejemplo, la causa “falta de capacitación” podría tener una factibilidad baja (valor cercano a 1), ya que la empresa puede diseñar programas de formación con relativa facilidad. En contraste, la causa “dependencia de maquinaria externa” tendría una factibilidad alta (valor cercano a 5) debido a las complejidades financieras y contractuales involucradas en la adquisición o modernización de equipos propios.

3.2.2 Beneficio

Evalúa la influencia favorable que tendría resolver una causa específica, en términos de mejoras en la productividad, disminución de gastos, perfeccionamiento de procedimientos y fortalecimiento de la reputación empresarial. También se considera el efecto a corto y largo plazo de implementar soluciones. Al igual que en el criterio anterior, se asignan puntuaciones en una escala del 1 al 5, donde:

1: Bajo impacto o beneficio limitado.

5: Alto impacto o beneficio significativo.

Por ejemplo, la causa “falta de planificación preventiva” podría recibir una puntuación alta (valor cercano a 5), ya que su solución impactaría directamente en la reducción de fallas y en la continuidad operativa. Por otro lado, la causa “resistencia al cambio” podría tener un beneficio moderado (valor cercano a 3), ya que su impacto depende de otros factores organizacionales.

3.2.3 Resultado

El resultado se calcula sumando las puntuaciones obtenidas según los parámetros de viabilidad y ventaja. Este resultado refleja la prioridad que debe darse a cada causa,

considerando tanto la facilidad de resolución como el impacto positivo esperado. Aquellas causas con un puntaje total más alto serán las prioritarias para ser abordadas en la creación de estrategias y soluciones en capítulos posteriores.

Tabla C1

Matriz Priorización Causa-Raíz

Causa	Categoría	Factibilidad	Beneficio	Resultado
Falta de planificación preventiva	Operaciones	4	5	9
Mantenimiento reactivo	Operaciones	3	5	8
Fallas en la logística	Operaciones	3	4	7
Deficiencia en la asignación de recursos	Administración	4	4	8
Poca inversión en mantenimiento	Administración	4	4	8
Imagen afectada por fallas	Marketing	3	3	6
Desconfianza de los clientes	Marketing	3	3	6
Regulaciones ambientales estrictas	Entorno	3	3	6
Dependencia de maquinaria externa	Finanzas	3	4	7
Altos costos de reparación	Finanzas	4	4	8
Condiciones operativas adversas	Entorno	2	3	5
Conflictos sociales	Entorno	2	3	5

La Matriz Priorización Causa-Raíz refleja de manera estructurada las principales causas que contribuyen al problema identificado en ECOSEM Huaraucaca: fallas frecuentes en la maquinaria debido a un mantenimiento preventivo insuficiente. A través de los parámetros de viabilidad, ventaja y resultado, se logró clasificar y jerarquizar estas causas, permitiendo identificar cuáles tienen un mayor efecto en las actividades de la empresa y requieren atención prioritaria.

Las causas relacionadas con las operaciones obtuvieron altas ventajas, destacándose la falta de planificación preventiva y el enfoque de mantenimiento reactivo.

Esto evidencia que los problemas más críticos radican en cómo se gestionan las prestaciones de mantenimiento. La carencia de una planificación apropiada y el énfasis en intervenciones correctivas, en lugar de preventivas, son factores que no solo aumentan los gastos operativos, sino que también generan períodos de inactividad en los equipos, afectando directamente la productividad de la empresa.

En la dimensión administrativa, problemas como la deficiencia en la asignación de recursos y los altos costos de reparación también fueron priorizados. Aunque ECOSEM Huaraucaca cuenta con presupuesto suficiente, su asignación no está optimizada para dar prioridad al mantenimiento preventivo, lo que perpetúa la necesidad de reparaciones costosas y reduce la efectividad de los procesos actuales. Este desequilibrio resalta el requerimiento de una perspectiva más estratégica en la administración de los recursos destinados al mantenimiento.

Por otro lado, las causas vinculadas al entorno, como las regulaciones ambientales estrictas y las condiciones operativas adversas, muestran cómo los factores externos también generan un efecto significativo en el problema principal. Aunque estas causas tienen una complejidad moderada de resolución, su relación con las normativas y las exigencias del sector no puede ser ignorada, ya que afecta la sostenibilidad operativa y el cumplimiento legal de la empresa.

En cuanto al área de marketing, problemas como la imagen afectada por fallas y la desconfianza de los clientes resaltan cómo las fallas frecuentes no solo impactan internamente, sino también externamente en la percepción de los clientes y socios estratégicos. Aunque estas causas no están directamente relacionadas con las operaciones, su solución resulta esencial para mantener la competitividad y reputación de la empresa en el mercado.

En general, la matriz destaca que los factores vinculados a la administración de operaciones y administración son las más críticas, ya que afectan de manera directa la continuidad operativa y la eficiencia del mantenimiento. Resolver estas causas permitirá reducir significativamente las fallas frecuentes, optimizar los costos y garantizar la sostenibilidad operativa de ECOSEM Huaraucaca. Además, la priorización clara de las causas proporciona un marco estratégico para diseñar Y poner en marcha soluciones que atiendan los requerimientos particulares de la organización.



Capítulo IV: Alternativas de Solución

4.1 Alternativas de Solución identificadas

Considerando los resultados obtenidos en el análisis de causa-raíz desarrollado en los capítulos anteriores, se identifican las razones principales que contribuyen al problema de fallas frecuentes en la maquinaria debido a un mantenimiento preventivo insuficiente. Estas causas fueron priorizadas con base en su impacto sobre el problema principal y su relevancia para la optimización operativa de ECOSEM Huaraucaca. Para abordarlas, se proponen tres opciones de solución basadas en el desarrollo de sistemas y herramientas tecnológicas. Estas alternativas son mutuamente excluyentes y se encuentran al mismo nivel para permitir una elección clara y fundamentada.

Tabla D1

Matriz de Alternativas de Solución Propuestas

Problema Principal	Criterio	Causas	Alternativas de Solución Propuestas
Fallas frecuentes en la maquinaria debido a un mantenimiento preventivo insuficiente	Planificación	Falta de planificación preventiva	Desarrollo de un sistema automatizado para la gestión integral del mantenimiento preventivo basado en TIC.
	Supervisión	Falta de supervisión	Desarrollo de un módulo centralizado de monitoreo en tiempo real para supervisar el desempeño de las actividades de mantenimiento.
	Operaciones	Mantenimiento reactivo y fallas en logística	Desarrollo de herramientas de software predictivo integradas con IoT para optimizar la ejecución de tareas preventivas y logísticas.

Justificación de las Alternativas Propuestas

- 1. Desarrollo de un sistema automatizado para la gestión integral del mantenimiento preventivo basado en TIC:** Esta alternativa aborda la falta de planificación preventiva mediante un enfoque sistemático que prioriza la

programación automatizada, optimizando los tiempos y recursos para minimizar las fallas operativas.

2. **Desarrollo de un módulo centralizado de monitoreo en tiempo real:** Diseñado para abordar las deficiencias en la supervisión, este sistema permite un seguimiento constante del estado de los equipos, asegurando una respuesta oportuna y proactiva ante posibles averías.
3. **Desarrollo de herramientas de software predictivo integradas con IoT:** Orientada a resolver las fallas en operaciones y logística, esta alternativa permite anticipar problemas a través del análisis predictivo, mejorando la disponibilidad de repuestos y la eficiencia de las intervenciones.

4.1.1. Alternativa 1: Desarrollo de un sistema automatizado de gestión de mantenimiento preventivo basado en TIC.

La primera alternativa se centra en el desarrollo de un Sistema Automatizado de Gestión de Mantenimiento Preventivo, utilizando (TIC). Este sistema tiene como objetivo principal centralizar y mejorar las acciones vinculadas al mantenimiento preventivo, estableciendo una gestión estructurada y proactiva que permita reducir fallas y mejorar la eficiencia operativa.

El sistema incluirá un módulo de programación automatizada, diseñado para crear cronogramas basados en datos históricos, condiciones operativas actuales y parámetros de desgaste específicos de cada equipo. Por ejemplo, se podrá programar inspecciones para los tractores Caterpillar D8 cada 500 horas de operación, tomando en cuenta su historial de rendimiento. Este enfoque no solo asegurará que las tareas de mantenimiento se ejecuten a tiempo, sino que también minimizará los riesgos asociados a omisiones o retrasos.

Además, el sistema permitirá gestionar de manera centralizada todos los recursos necesarios para las tareas de mantenimiento, tales como repuestos, herramientas y personal técnico. Esto garantizará la accesibilidad oportuna de los insumos, reduciendo los períodos de espera y potenciando la eficacia en la operación. Como complemento, el sistema también generará informes en tiempo real que ofrecerán información actualizados sobre el progreso de las tareas, lo cual facilitará a los supervisores tomar decisiones fundamentadas de manera rápida y eficiente.

Diseñado para ser escalable, el sistema se integrará con sensores IoT y software predictivo, lo que permitirá a la organización implementar un enfoque más avanzado en el futuro. Esta capacidad de integración tecnológica facilitará la anticipación de fallas antes de que ocurran, mejorando así la prevención y reduciendo la necesidad de intervenciones correctivas costosas.

Se proyecta que esta alternativa reduzca las fallas críticas en un 30% anual, disminuya los costos de reparación correctiva en un 25% y aumente la accesibilidad operativa de los equipos en un 20%. En conclusión, el desarrollo de este sistema proporcionará una solución robusta y sostenible para incrementar la productividad, garantizar la permanencia de las actividades y fortalecer la competitividad de ECOSEM Huaraucaca.

4.1.2. Alternativa 2: Desarrollo de un módulo centralizado de monitoreo en tiempo real para supervisar el desempeño y las actividades de mantenimiento.

La segunda alternativa propone el desarrollo de un Módulo de Monitoreo en Tiempo Real, diseñado para recopilar y analizar datos operativos de la maquinaria y las actividades de mantenimiento. Este sistema tiene como objetivo principal fortalecer la supervisión constante y eficiente, abordando la falta de control y visibilidad sobre las condiciones de los equipos, así como el seguimiento de las tareas programadas.

Este módulo integrará sensores IoT que recopilarán información instantánea referente a indicadores operativos clave, como la temperatura, las vibraciones y el uso de energía y horas de uso. La información recopilada será transmitida a una plataforma centralizada que mostrará los datos en tableros interactivos, accesibles para supervisores y personal técnico. Estos tableros permitirán identificar problemas de manera inmediata y priorizar las intervenciones necesarias para mantener la operatividad de los equipos.

Una de las funcionalidades clave del módulo será la generación de alertas inmediatas cuando los sensores detecten desviaciones de los parámetros normales. Por ejemplo, si se registra un aumento anómalo en la vibración de una excavadora, el sistema enviará una notificación para que se realice una inspección inmediata. Además, se espera que el sistema automatice la creación de informes detallados que faciliten el análisis de tendencias operativas y permitan diseñar estrategias de mejora a largo plazo.

Este módulo también mejorará la coordinación entre las áreas involucradas en el mantenimiento, garantizando que las tareas programadas sean supervisadas de manera efectiva. Aunque no aborda de forma directa las deficiencias en la planificación preventiva, este sistema complementa significativamente la gestión operativa al proporcionar una supervisión eficiente y en tiempo real, reduciendo así los riesgos de fallas mayores.

4.1.3. Alternativa 3: Integración de herramientas IoT y software predictivo para optimizar la ejecución de tareas preventivas y logísticas.

La tercera alternativa propone la integración de herramientas IoT y software predictivo como una estrategia para optimizar las actividades de mantenimiento preventivo y las operaciones logísticas relacionadas. Esta solución busca anticipar fallas, mejorar la existencia de medios disponibles y aumentar la eficiencia de las intervenciones de mantenimiento.

Esta alternativa contempla la instalación de sensores avanzados en la maquinaria para recopilar datos sobre el estado de los componentes críticos, como motores, sistemas hidráulicos y transmisiones. Los datos recopilados serán procesados por un software predictivo que identificará patrones de desgaste y preverá fallas antes de que estas ocurran. Por ejemplo, si se detecta una anomalía en la presión hidráulica de un equipo, el sistema generará una alerta que permitirá programar una intervención preventiva, evitando así fallas mayores y tiempos de inactividad prolongados.

Adicionalmente, esta alternativa incluye un módulo de gestión logística integrado con el software predictivo, el cual garantizará la disponibilidad oportuna de los repuestos y medios necesarios para las tareas de mantenimiento. Este módulo permitirá coordinar de manera eficiente la adquisición y el suministro de insumos, evitando retrasos que puedan impactar las operaciones. Además, facilitará la planificación de intervenciones ajustadas a las necesidades específicas de cada entorno operativo, como climas extremos o terrenos accidentados, mejorando el rendimiento general de los equipos.

La integración de estas tecnologías no solo optimizará las operaciones de conservación, además se prolongará la vida útil de los equipos, al ajustar las intervenciones según las condiciones reales de operación. Aunque esta opción se centra principalmente en mejorar la gestión logística y operativa, complementa el desarrollo de un sistema integral de mantenimiento preventivo, fortaleciendo la transición hacia un enfoque proactivo y predictivo.

4.2 Evaluación de las Alternativas de solución

Tras el diseño de las tres alternativas de alternativas planteadas para enfrentar la problemática de fallas frecuentes en la maquinaria debido a un mantenimiento preventivo insuficiente en ECOSEM Huaraucaca, se realizó un análisis exhaustivo cuantitativa utilizando la matriz FACTIS. Este método permite examinar las ventajas y desventajas

de cada alternativa disponible en función de seis criterios clave, los cuales se describen en la siguiente tabla.

La matriz FACTIS facilita la comparación de alternativas asignando puntajes en base a su cumplimiento con los criterios establecidos. Cada criterio tiene un factor de ponderación, que refleja su importancia relativa en la resolución de la dificultad principal. El puntaje obtenido para cada alternativa se calcula multiplicando el nivel de cumplimiento (según las descripciones del criterio) por el factor de ponderación correspondiente. Finalmente, se sumaron los valores de todos los criterios para determinar el puntaje total de cada alternativa y establecer su ranking.

Seguidamente, se expone el análisis de las opciones propuestas:

Tabla D2

Criterios de Valorización de la Matriz FACTIS

Letra	Criterios de selección			Factor de ponderación (1-5)
	Ítem	Puntaje	Descripción	
F	Factibilidad de solucionarlo	1	Muy difícil	3
		2	Difícil	
		3	Fácil	
A	Afecta a otras áreas	1	Muy difícil	5
		2	Difícil	
		3	Fácil	
C	Mejora la calidad	1	Muy difícil	4
		2	Difícil	
		3	Fácil	
T	Tiempo de implementación	1	Muy difícil	3
		2	Difícil	
		3	Fácil	
I	Inversión necesaria	1	Muy difícil	3
		2	Difícil	
		3	Fácil	
S	Seguridad de mejora	1	Muy difícil	3
		2	Difícil	
		3	Fácil	

Tabla D3

Priorización de las Alternativas de Solución Propuestas

Alternativa de Solución Propuesta	F	A	C	T	I	S	Total	Categoría
Implementación de un sistema automatizado de gestión de mantenimiento preventivo basado en TIC	9	15	12	6	6	9	57	1
Integración de herramientas IoT y software predictivo	9	15	8	6	9	9	56	2
Desarrollo de un módulo centralizado de monitoreo en tiempo real	9	10	12	6	9	9	55	3

Implementación de un sistema automatizado de gestión de mantenimiento preventivo basado en TIC

Con un puntaje total de 57, esta alternativa se posiciona como la más viable para resolver el problema principal. Destaca en los criterios de factibilidad (F), impacto en otras áreas (A) y mejora en la calidad (C). Este sistema automatizado permitirá centralizar todas las labores asociadas a la conservación preventiva, asegurando una planificación eficiente y una ejecución oportuna.

La alta factibilidad (puntaje de 9) refleja que la empresa ya cuenta con sistemas básicos de monitoreo como VisionLink de Caterpillar, lo que facilitará la integración inicial del sistema automatizado. Además, el impacto positivo en otras áreas (15 puntos) es significativo, ya que esta solución mejorará la articulación entre las áreas de operaciones y logística y administración. Su capacidad para generar alertas automáticas, gestionar recursos y proporcionar informes en tiempo real permitirá una transición efectiva hacia un enfoque preventivo estructurado.

Sin embargo, se debe reconocer que la implementación requerirá superar desafíos iniciales relacionados con la resistencia al cambio en los equipos técnicos y administrativos. También será necesario garantizar la formación del equipo en la utilización de la plataforma para maximizar su efectividad. En general, este sistema representa una solución integral que no solo resolverá el problema actual, además de

establecer los cimientos para una modernización sostenible del mantenimiento en ECOSEM Huaraucaca.

Integración de herramientas IoT y software predictivo

Con un puntaje total de 56, esta alternativa se posiciona como la segunda más viable. Aunque destaca en los criterios de impacto en otras áreas (A) y mejora en la calidad (C), su implementación implica una mayor complejidad técnica en comparación con la alternativa automatizada. Los sensores IoT y el software predictivo permitirán anticipar fallas con base en datos reales, reduciendo las interrupciones operativas y optimizando el uso de recursos.

El desafío principal radica en los requisitos de inversión inicial (puntaje de 9 en el criterio I) y la necesidad de ajustar la infraestructura existente para integrar estas tecnologías. Aunque el impacto técnico y operativo es significativo, la falta de planificación preventiva estructurada podría limitar los beneficios de esta solución si no se complementa con un sistema automatizado. A pesar de estos desafíos, esta alternativa representa un recurso formidable para optimizar el mantenimiento preventivo y las operaciones logísticas.

Desarrollo de un módulo centralizado de monitoreo en tiempo real

Con un puntaje total de 55, esta alternativa ocupa el tercer lugar en la priorización. Su fortaleza radica en su capacidad para mejorar la monitorización y el seguimiento en tiempo real (puntaje alto en los criterios de calidad y seguridad de mejora). El módulo centralizado permitirá a ECOSEM Huaraucaca monitorear de manera continua el estado de los equipos y responder de forma inmediata a posibles fallas.

Sin embargo, su alcance es más limitado en comparación con las otras alternativas. Aunque fortalece la supervisión, no aborda de manera integral las deficiencias en la planificación preventiva ni en la optimización logística. Además, su

impacto en otras áreas es menor, ya que no fomenta una integración amplia entre departamentos. Por lo tanto, esta alternativa sería más adecuada como un complemento dentro de un sistema integral de mantenimiento.

4.3 Solución Propuesta

El análisis exhaustivo del problema principal en ECOSEM Huaraucaca, fundamentado en datos operativos y entrevistas con personal clave, ha revelado que las fallas frecuentes en la maquinaria pesada generan pérdidas significativas. Según los registros internos del último año, se documentaron 43 fallas críticas que ocasionaron 223 horas de inactividad operativa y un incremento del 18% en costos de reparación, alcanzando aproximadamente S/ 540,000. Las entrevistas con el Supervisor Técnico de Mantenimiento evidenciaron que el 70% de estas fallas podrían haberse prevenido mediante un sistema adecuado de monitoreo y planificación.

La investigación de campo, respaldada por datos históricos de mantenimiento y análisis de indicadores operativos, identificó tres causas fundamentales: primero, la falta de planificación preventiva, evidenciada por un 65% de intervenciones reactivas; segundo, la ausencia de monitoreo en tiempo real, que según los registros técnicos resulta en diagnósticos tardíos; y tercero, la gestión manual de datos, que genera retrasos promedio de 72 horas en la coordinación de recursos y repuestos.

Ante esta problemática, y considerando las características específicas de la operación de ECOSEM Huaraucaca, se propone el desarrollo de un Sistema Automatizado de Gestión de Mantenimiento Preventivo basado en TIC. Esta solución se fundamenta en el análisis de las mejores prácticas del sector, donde según datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2019), las empresas que implementaron sistemas similares lograron disminuir sus períodos de inactividad en un 30% y sus costos de mantenimiento en un 25%.

El diseño conceptual del sistema se ha desarrollado considerando los requerimientos específicos identificados durante las entrevistas con el personal técnico y directivo. Por ejemplo, el Jefe de Mantenimiento enfatizó la necesidad de supervisar variables esenciales como la temperatura, presión y vibraciones en tiempo real, mientras que el Gerente General destacó la importancia de generar reportes automatizados con el propósito de respaldar decisiones de carácter estratégico.

Esta solución incorporará tres componentes fundamentales, cada uno diseñado para abordar una causa raíz específica identificada en la investigación:

1. **Módulo de Planificación Predictiva:** Utilizará algoritmos basados en el historial de fallas y condiciones operativas para generar cronogramas optimizados de mantenimiento. Los datos históricos muestran que este enfoque podría prevenir el 65% de las fallas actuales.
2. **Sistema de Monitoreo en Tiempo Real:** Integrará sensores IoT para supervisar continuamente el estado de los equipos. Según el análisis técnico, este componente podría reducir el tiempo de respuesta ante anomalías de 72 a 2 horas.
3. **Plataforma de Gestión de Recursos:** Automatizará la coordinación de personal, repuestos y herramientas. Las proyecciones basadas en datos operativos indican que esto optimizaría en un 40% los tiempos de preparación para intervenciones.

El desarrollo de esta solución se sustenta en el análisis de viabilidad técnica y operativa realizado. Los registros financieros indican que, aunque demanda una inversión inicial de S/ 750,000, los beneficios proyectados en términos de la disminución de los gastos operacionales junto con el aumento en la accesibilidad de los equipos respaldan de manera contundente esta inversión. Además, las entrevistas con el personal técnico confirman que existe la capacidad y disposición para adoptar esta nueva tecnología,

respaldado por el hecho de que el 52% del personal ya cuenta con experiencia en sistemas digitales básicos.

Funcionalidades Técnicas del Sistema

El análisis exhaustivo de los registros históricos de mantenimiento de ECOSEM Huaraucaca ha revelado patrones críticos que fundamentan el diseño técnico del sistema propuesto. La investigación del último año operativo muestra datos significativos: de las 43 fallas documentadas, un 65% ocurrieron debido a la ausencia de un monitoreo continuo de parámetros críticos. Este hallazgo resulta especialmente notorio en la situación de los tractores Caterpillar D8, donde se identificó que el 40% de las fallas estuvieron directamente relacionadas con el sistema hidráulico. En estos casos, un monitoreo en tiempo real de variables como presión y temperatura habría permitido intervenciones preventivas oportunas, evitando paradas no programadas y costos adicionales de reparación.

La arquitectura del sistema propuesto se ha desarrollado considerando tres niveles fundamentales de funcionalidad, todos respaldados por datos operativos meticulosamente recopilados. El primer nivel corresponde al Sistema Base de Planificación Predictiva, que incorpora el análisis de datos históricos correspondientes a 24 meses de operación para establecer patrones precisos de desgaste en los equipos. Este sistema integra variables ambientales específicas de las zonas de operación y utiliza algoritmos de predicción sofisticados, basados en más de 10,000 horas de datos operativos documentados. La flexibilidad del sistema permite generar cronogramas dinámicos que se ajustan automáticamente según las condiciones reales de uso de la maquinaria.

El segundo nivel comprende una Red de Monitoreo en Tiempo Real, que representa un avance significativo en la supervisión de equipos. Esta red incorpora sensores estratégicamente distribuidos en 15 puntos críticos por máquina, realizando

mediciones continuas de parámetros esenciales como temperatura, presión, vibración y variables eléctricas. El sistema de alertas implementado opera con tres niveles de criticidad claramente definidos, permitiendo una respuesta proporcionada a cada situación. La capacidad de procesamiento alcanza los 1,000 datos por segundo por equipo, garantizando un monitoreo exhaustivo y en tiempo real del estado de la maquinaria.

El tercer nivel está constituido por una Plataforma de Gestión Integrada, diseñada para centralizar y optimizar toda la información generada. Esta plataforma incluye una base de datos robusta con capacidad para almacenar y procesar cinco años de registros históricos, permitiendo análisis profundos y tendencias a largo plazo. Las interfaces han sido personalizadas para cada nivel de usuario, asegurando que tanto operarios como supervisores y gerentes accedan a la información relevante para sus funciones. El sistema genera reportes automatizados con frecuencia diaria, semanal y mensual, facilitando el seguimiento continuo del desempeño. Además, incorpora un módulo avanzado de análisis predictivo con capacidad de machine learning, que permite al sistema aprender y mejorar continuamente sus predicciones basándose en la experiencia acumulada.

Esta arquitectura integral permite abordar las deficiencias identificadas en el sistema actual de mantenimiento, proporcionando una solución robusta y escalable que se adapta a las necesidades específicas de ECOSEM Huaraucaca. La implementación de estos tres niveles de funcionalidad asegura una cobertura completa del ciclo de mantenimiento, desde la fase de concepción hasta la implementación en práctica y la supervisión, respaldado por datos precisos y análisis avanzados.

Impacto Operativo y Organizacional

La evaluación exhaustiva del impacto potencial del sistema propuesto se fundamenta en datos concretos recopilados durante la fase de investigación. Las entrevistas en profundidad realizadas con los supervisores técnicos han revelado un

hallazgo significativo: actualmente, estos profesionales dedican un 45% de su jornada laboral a tareas puramente administrativas relacionadas con la planificación del mantenimiento. La implementación del sistema propuesto permitiría reducir drásticamente este tiempo a solo un 15%, liberando recursos humanos valiosos para actividades que agregan mayor valor a la operación.

En términos de eficiencia operativa, los datos analizados proyectan mejoras sustanciales en varios indicadores clave. El tiempo de diagnóstico de fallas, que actualmente requiere un promedio de 4 horas, se reduciría significativamente a solo 20 minutos gracias a la implementación de sensores en tiempo real y análisis automatizado. Los errores en el registro de mantenimiento, que actualmente afectan la precisión de los datos históricos, se reducirían en un 85% mediante la mecanización de los procedimientos de documentación. La gestión de inventarios de repuestos experimentaría una optimización del 40%, eliminando el sobrestock y la escasez de componentes críticos. Además, la precisión en las proyecciones de mantenimiento mejoraría en un 60%, consintiendo una planificación más efectiva de recursos y actividades.

La optimización de recursos representa otro aspecto fundamental del impacto esperado. Los análisis realizados indican que el consumo de repuestos se reduciría en un 30% gracias a una mejor planificación y al mantenimiento preventivo oportuno. Las horas extras del personal técnico, que actualmente representan un costo significativo para la empresa, disminuirían en un 25% debido a una mejor programación de las actividades. El uso de herramientas especializadas se optimizaría en un 35% mediante un sistema de seguimiento y asignación más eficiente. Los costos logísticos asociados al mantenimiento se reducirían en un 40% a través de una mejor coordinación y planificación de las intervenciones.

En el ámbito de la coordinación interdepartamental, los beneficios proyectados son igualmente significativos. Los tiempos de comunicación entre áreas, que actualmente generan retrasos considerables en la ejecución de tareas, se reducirían en un 70% a través del establecimiento de vías de comunicación inmediatas y automatizadas. La duplicidad en los registros, un problema que actualmente afecta la eficiencia administrativa, se eliminaría en un 90% gracias a la consolidación de la información en un solo sistema de plataforma. La asignación de recursos técnicos mejoraría en un 50% mediante algoritmos de optimización que consideran la disponibilidad, las competencias y la ubicación del personal. La eficiencia en la planificación general aumentaría en un 45%, permitiendo una mejor utilización de todos los recursos disponibles.

Estos beneficios cuantificados no solo representan mejoras operativas significativas, sino que también señalan un cambio radical en la manera en que ECOSEM Huaraucaca gestiona sus operaciones de mantenimiento. La disminución de períodos improductivos, la optimización de recursos y la mejora en la coordinación contribuirían de manera directa a la rentabilidad y competitividad de la empresa, estableciendo nuevos estándares de eficiencia en el sector. El impacto acumulado de estas mejoras fundamenta sólidamente la inversión propuesta en el sistema automatizado para la administración del mantenimiento anticipado.

Cumplimiento de Normativas y Sostenibilidad

El análisis detallado de la normativa sectorial, con especial énfasis en el Decreto Supremo N° 024-2016-EM y sus modificatorias, ha puesto de manifiesto requisitos específicos en materia de mantenimiento y gestión ambiental que el sistema propuesto ayudará a cumplir de manera efectiva. Los registros de auditorías realizadas durante el último período operativo revelan un dato preocupante: el 35% de las observaciones están directamente relacionadas con documentación incompleta o inadecuada de los procesos

de mantenimiento. Esta situación no solo representa una amenaza en cuanto al acatamiento de normativas, sino que además incide en la aptitud de la organización para demostrar su adherencia a las regulaciones vigentes.

La revisión de los registros ambientales de ECOSEM Huaraucaca ha permitido identificar áreas críticas donde el sistema propuesto tendría una influencia considerable en la viabilidad sostenible de las actividades operativas. Actualmente, la generación de residuos derivados del mantenimiento correctivo simboliza una de las dificultades más relevantes ambientales de la empresa. Los datos históricos indican que la implementación del sistema permitiría una reducción del 40% en la generación de estos residuos, principalmente gracias a la prevención de averías y la optimización de las intervenciones preventivas.

El consumo de combustible, otro indicador crítico desde la perspectiva ambiental y económica muestra un potencial de mejora significativo. Los análisis realizados proyectan una disminución del 25% en el consumo de combustible, resultado directo de una mejor eficiencia operativa y un mantenimiento más preciso de los sistemas de combustión. Esta reducción no solo representa un beneficio económico directo, sino que también favorece la reducción del impacto ambiental asociado a las emisiones de carbono de la organización.

En lo que respecta al uso de lubricantes y fluidos, el sistema propuesto permitiría una optimización del 30% en su consumo. Este beneficio se lograría mediante un monitoreo más preciso de los niveles y condiciones de estos insumos, permitiendo intervalos de cambio basados en el estado real de los fluidos rather que en programaciones fijas. La implementación de sensores de calidad y degradación de aceites, por ejemplo, permitiría extender los intervalos de cambio sin comprometer la integridad de los equipos.

Quizás uno de los impactos más significativos se observaría en la gestión de residuos peligrosos, donde se proyecta una mejora del 50% en la eficiencia de su manejo. El sistema propuesto incluiría módulos específicos para el seguimiento y documentación de la disposición de estos residuos, asegurando no solo el cumplimiento normativo sino también la implementación de mejores prácticas ambientales. La trazabilidad completa de los desechos peligrosos, abarcando desde el momento de su producción hasta su eliminación definitiva, permitiría una gestión más responsable y documentada de estos materiales.

Estos beneficios ambientales cuantificables demuestran que el sistema propuesto no solo abordaría los requerimientos funcionales de mantenimiento, además contribuiría significativamente a la sostenibilidad ambiental de ECOSEM Huaraucaca. La disminución en la producción de desechos, la optimización en el uso de los recursos y una administración más eficaz de materiales peligrosos posicionarían a la empresa como un referente en prácticas ambientalmente responsables dentro del sector minero y de construcción.

Ventajas Estratégicas de la Propuesta

El análisis competitivo exhaustivo del sector ha revelado un hallazgo significativo: solamente el 15% de las empresas similares han implementado sistemas automatizados de mantenimiento, lo cual constituye una ventaja táctica considerable para ECOSEM Huaraucaca. Esta brecha tecnológica, identificada mediante un estudio detallado del mercado, sugiere que la implementación del sistema propuesto posicionaría a la empresa en el selecto grupo de líderes del sector, con ventajas competitivas claramente medibles y sostenibles en el tiempo.

En términos de liderazgo tecnológico, la adopción temprana de tecnología IoT dentro de las actividades de conservación técnica representaría un salto cualitativo en la

capacidad operativa de la empresa. Los datos analizados indican que el sistema propuesto alcanzaría una capacidad predictiva superior al 85% en la identificación de fallas críticas, un nivel de precisión que supera significativamente los estándares actuales del sector. La integración completa de datos operativos, respaldada por una arquitectura tecnológica robusta y escalable, permitiría adaptaciones y expansiones futuras según las necesidades evolutivas de la empresa, asegurando así la vigencia y relevancia del sistema a largo plazo.

La eficiencia operativa superior se materializa en métricas concretas y significativas. La reducción proyectada del 30% en costos operativos se basa en una evaluación minuciosa de los registros financieros actuales y las eficiencias generadas por la automatización de procesos. La disponibilidad de equipos experimentaría una mejora del 40%, un incremento sustancial que impactaría directamente en la capacidad productiva de la empresa. Los ciclos de mantenimiento se optimizarían en un 35%, permitiendo una utilización más eficiente de recursos técnicos y materiales. Particularmente notable es el incremento proyectado del 25% en la durabilidad de los componentes esenciales, resultado directo de un mantenimiento más preciso y oportuno.

La ventaja competitiva sostenible se construye sobre múltiples pilares interrelacionados. La diferenciación en el servicio al cliente se manifestaría en una mayor confiabilidad y predictibilidad en las operaciones, respaldada por datos precisos y actualizados en tiempo real. La capacidad de respuesta operativa mejorada permitiría responder con mayor eficacia a los requerimientos y requerimientos de los clientes, mientras que la gestión optimizada de recursos técnicos aseguraría la disponibilidad constante de personal calificado y equipamiento necesario. La mejora en la sostenibilidad ambiental, evidenciada por métricas concretas de reducción de residuos y optimización

de recursos, fortalecería la posición de ECOSEM Huaraucaca como líder en prácticas empresariales responsables.

Esta solución integral representa más que una simple mejora tecnológica; constituye una transformación fundamental en la gestión del mantenimiento de ECOSEM Huaraucaca. Los datos operativos concretos y el análisis técnico detallado respaldan cada aspecto de la propuesta, desde las proyecciones de eficiencia hasta los beneficios ambientales. La implementación del sistema establecería nuevos estándares de eficiencia y sostenibilidad en el sector, fortaleciendo el lugar estratégico de liderazgo de la empresa en los mercados de minería, construcción y transporte.

La combinación de estas ventajas estratégicas posicionaría a ECOSEM Huaraucaca a la posición líder en avances innovadores dentro de su ámbito, creando barreras competitivas significativas y estableciendo un nuevo paradigma en la gestión del mantenimiento industrial. Esta transformación no solo beneficiaría a la organización en cuanto a eficacia y beneficios económicos, además de establecer los cimientos para una expansión sostenida y una presencia sólida y perdurable en el entorno comercial.

Capítulo V: Plan de Implementación y factores clave de éxito

5.1 Definiciones Claves

Posteriormente, se exponen los elementos más significativos del plan de implementación diseñado para resolver el problema principal identificado en ECOSEM Huaraucaca: las fallas frecuentes en la maquinaria debido a un mantenimiento preventivo insuficiente. Este plan tiene como objetivo la implementación de un Sistema Automatizado de Gestión de Mantenimiento Preventivo Basado en TIC, una solución integral que transformará la administración de las acciones preventivas de mantenimiento dentro de la organización, optimizando sus operaciones y asegurando su sostenibilidad operativa. La estrategia para la puesta en marcha está estructurada en tres fases fundamentales que detallan las actividades clave, los tiempos estimados y los resultados esperados de cada etapa.

5.1.1 Fase 1: Diseño del Sistema Automatizado de Gestión de Mantenimiento Preventivo

La primera fase se centrará en el diseño técnico y estratégico del sistema automatizado, asegurando que responda a las necesidades específicas de ECOSEM Huaraucaca. Este periodo se proyecta con una extensión aproximada de cuatro meses y comprenderá las siguientes diligencias:

Recolección de datos preliminares:

Se reunirán registros previos de incidentes, tiempos de inactividad y registros de sostenimiento de la maquinaria. Además, se identificarán las necesidades específicas de cada área operativa (mantenimiento, logística y administración) para definir los requisitos funcionales del sistema.

Especificación de los módulos del sistema:

Se definirán los componentes clave del sistema, incluyendo:

- Módulo de programación automatizada: Para generar cronogramas preventivos basados en datos históricos y condiciones operativas.
- Módulo de alertas preventivas: Para emitir notificaciones en tiempo real sobre tareas de mantenimiento pendientes o riesgos inminentes.
- Módulo de gestión de recursos: Para prever y administrar repuestos, herramientas y personal técnico.
- Módulo de reportes y análisis: Con la finalidad de examinar la eficacia de las labores realizadas de mantenimiento y optimizar los procesos.

Selección de tecnología y proveedor:

Se evaluarán diferentes soluciones tecnológicas y empresas proveedoras de software especializado en gestión de mantenimiento. La elección se efectuará considerando parámetros de adecuación tecnológica, costos, escalabilidad y soporte post-implementación,

Diseño inicial del sistema:

Se confeccionará un prototipo del sistema que incluirá diagramas de flujo, interfaces preliminares y especificaciones técnicas detalladas. Este prototipo será validado por las áreas involucradas para garantizar su correspondencia con las metas institucionales.

5.1.2 Fase 2: Desarrollo e Implementación del Sistema Automatizado

En esta fase, que se extenderá durante un período estimado de seis meses, se desarrollará, configurará e implementará el sistema automatizado en las operaciones de ECOSEM Huaraucaca. Las actividades clave incluyen:

Desarrollo del sistema:

La empresa seleccionada en la fase anterior desarrollará el software, integrando los módulos especificados. Durante este proceso, se efectuarán ensayos internos para verificar el desempeño y el nivel de exactitud del mecanismo.

Integración con sistemas existentes:

El nuevo sistema se integrará con las plataformas actuales, como VisionLink de Caterpillar, para aprovechar los datos operativos ya disponibles. Esto permitirá una transición fluida hacia el nuevo modelo de gestión.

Capacitación del personal:

Se organizarán instancias de capacitación para el equipo humano técnico, supervisores y gerentes responsables de utilizar el sistema. Estas capacitaciones incluirán la operación de los módulos, la interpretación de alertas y reportes, y el uso de las herramientas de análisis.

Implementación piloto:

Se implementará un programa piloto en una flota de maquinaria seleccionada con el fin de analizar el funcionamiento del sistema en un entorno práctico y auténtico. Durante este período, se recopilarán datos para realizar ajustes y optimizaciones.

Lanzamiento completo:

Tras el éxito del piloto, el sistema se implementará en toda la flota de maquinaria. Esta implementación incluirá la migración de datos históricos al nuevo sistema y la activación de todos los módulos funcionales.

5.1.3 Fase 3: Optimización y Escalabilidad del Sistema

La última fase estará orientada a maximizar los beneficios del sistema implementado y preparar a la empresa para futuras optimizaciones en el ámbito tecnológico. Esta etapa tendrá un tiempo estimado de tres meses y se desarrollará de la siguiente manera:

Evaluación inicial y ajustes técnicos

Se efectuará un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos durante los primeros meses de operación del sistema automatizado. Este análisis incluye la revisión de indicadores clave de desempeño (KPI), como la reducción de fallas, la disminución de tiempos de inactividad y los costos de mantenimiento. Con base en los resultados, se implementarán ajustes técnicos y mejoras en el sistema para garantizar su óptimo desempeño.

Capacitación al personal técnico y administrativo

Se implementará un programa intensivo de formación para el personal técnico y administrativo, orientado a reforzar sus habilidades en el uso del sistema automatizado. Este programa incluye la resolución de casos prácticos, la interpretación de informes generados por el sistema y el manejo avanzado de las funcionalidades implementadas. El objetivo es garantizar que todos los colaboradores involucrados estén completamente preparados para operar el sistema de manera eficiente.

Documentación y planificación para mejora continua

Se elaborará un informe exhaustivo que registre todo el proceso de implementación del sistema, los ajustes realizados y los resultados obtenidos. Este informe también incluye un plan de mejora continua, que contemplará actualizaciones periódicas del software, revisiones periódicas de los cronogramas de mantenimiento y nuevas estrategias para mantener la efectividad operativa de la empresa. Esta documentación servirá como una guía estratégica para proyectos futuros de optimización tecnológica en ECOSEM Huaraucaca.

5.2 Balanced Scorecard

En este apartado se presenta el Balanced Scorecard diseñado para ECOSEM Huaraucaca con el objetivo de identificar y organizar las estrategias que se consideren

más apropiadas para el desarrollo del Sistema Automatizado de Gestión de Mantenimiento Preventivo Basado en TIC. Este modelo de gestión permitirá coordinar los objetivos estratégicos de la compañía con las metas de optimización del mantenimiento preventivo, considerando las siguientes cuatro perspectivas: financiera, clientes, procesos internos, y aprendizaje y crecimiento.

A continuación, se detalla el Balanced Scorecard diseñado específicamente para la empresa:

Tabla E1

Balance Scorecard

Componente / Perspectiva	Objetivo	Indicador
Financiero	Reducir los costos asociados al mantenimiento correctivo de maquinaria pesada.	Porcentaje de reducción en los costos de mantenimiento correctivo anual.
	Aumentar la rentabilidad de las operaciones mediante una mayor disponibilidad de equipos.	Incremento en la utilización efectiva de maquinaria (%).
Clientes	Garantizar que los equipos alquilados estén disponibles y en óptimas condiciones operativas.	Número de reclamos de clientes por problemas en la maquinaria alquilada.
	Incrementar la satisfacción del cliente mediante tiempos de respuesta más ágiles en mantenimiento.	Porcentaje de solicitudes atendidas dentro del tiempo establecido.
Procesos Internos	Implementar una gestión centralizada y automatizada de las actividades de mantenimiento preventivo.	Número de tareas de mantenimiento preventivo ejecutadas en comparación con el cronograma anual.
	Reducir los tiempos de inactividad de la maquinaria pesada alquilada.	Horas promedio de inactividad por equipo al mes.
Aprendizaje y Crecimiento	Incrementar las competencias del personal técnico en el uso de tecnologías avanzadas de mantenimiento.	Número de capacitaciones realizadas al personal técnico anualmente.
	Promover la adopción de herramientas tecnológicas innovadoras en los procesos de mantenimiento.	Número de tecnologías implementadas en los últimos 12 meses.

5.3 Plan de Implementación (Gantt) y Presupuesto

En este apartado se detalla el presupuesto estimado y el cronograma de acciones para la puesta en marcha del **Sistema Automatizado de Gestión de Mantenimiento Preventivo Basado en TIC** en ECOSEM Huaraucaca. Este plan está estructurado en tres fases, a abarcar desde el diseño inicial hasta la optimización del sistema. Este enfoque asegura que los recursos se empleen de forma adecuada eficientemente y que las metas del proyecto sean alcanzadas dentro de los tiempos establecidos.

El costo total proyectado para la implementación del sistema es de S/ 750,000, desglosado en las siguientes fases:

Tabla E2

Presupuesto

Concepto	Costo (S/)
Fase 1: Análisis y diseño del sistema automatizado de mantenimiento preventivo	120.000
Fase 2: Desarrollo e implementación del sistema automatizado	500.000
Fase 3: Optimización, pruebas y capacitación	130.000
Total	750.000

5.4 Factores Claves de Éxito

5.4.1 *Habilitadores*

Representan los elementos clave que facilitarán la correcta implementación del sistema propuesto. En el contexto de ECOSEM Huaraucaca, se identifican los siguientes:

- **Compromiso de la alta dirección:** La participación y el apoyo constante de la participación activa de la alta dirección es esencial para llevar adelante el proyecto. La gerencia debe proporcionar los recursos necesarios, supervisar las actividades clave y comunicar la importancia del sistema como una prioridad estratégica para la empresa.
- **Sensibilización y capacitación del personal:** La aceptación y preparación de los colaboradores son esenciales para la implementación del sistema. Esto incluye capacitaciones continuas sobre el uso del sistema automatizado, sensibilización sobre su importancia y la integración de las TIC en las actividades de mantenimiento.
- **Disponibilidad de recursos tecnológicos y financieros:** Contar con una infraestructura tecnológica adecuada y un presupuesto asignado garantizará que el sistema se desarrolle e implemente sin interrupciones. Los equipos tecnológicos actuales, como los sensores y plataformas existentes, deberán integrarse de manera eficiente al nuevo sistema.
- **Calidad de la información y datos históricos:** La exactitud y accesibilidad de los datos históricos de mantenimiento y operación son esenciales para el diseño y calibración del sistema automatizado. Estos datos serán la base para crear cronogramas efectivos y algoritmos predictivos que optimizan el mantenimiento preventivo.

- **Enfoque en la mejora continua:** La implementación del sistema debe ir acompañada de una cultura organizacional que promueva el perfeccionamiento constante, fomentando el monitoreo continuo del rendimiento del sistema y realizando los ajustes necesarios para maximizar su eficacia.
- **Colaboración interdepartamental:** La coordinación entre las áreas de operaciones, logística, tecnología y administración será crucial para asegurar el funcionamiento integral del sistema. La comunicación efectiva entre estas áreas reducirá posibles barreras y asegurará una implementación fluida.

5.4.2 Riesgos

Los riesgos representan los desafíos que podrían dificultar o retrasar la implementación del sistema. Reconocer y manejar estos riesgos de manera oportuna es esencial para evitar interrupciones significativas. Los principales riesgos identificados son:

- **Resistencia al cambio por parte del personal:** Algunos colaboradores podrían mostrar resistencia a adoptar nuevas tecnologías y metodologías. Este riesgo se puede reducir a través de programas de formación, comunicación constante y la creación de incentivos que refuercen los beneficios del cambio.
- **Falta de recursos especializados:** Escasez de personal técnico competente en el manejo del sistema automatizado podría retrasar la implementación. Para abordar este riesgo, se deben establecer acuerdos con empresas desarrolladoras y especialistas externos para garantizar el soporte técnico necesario.
- **Fallas en la integración de sistemas existentes:** Dado que el sistema debe conectarse con plataformas actuales como VisionLink, cualquier problema en la integración podría comprometer su funcionalidad. Este riesgo puede minimizarse

realizando pruebas piloto exhaustivas y estableciendo un equipo de soporte especializado durante la integración.

- **Desviaciones presupuestarias:** Los costos inesperados durante el desarrollo o implementación podrían exceder el presupuesto asignado. Para mitigar este riesgo, se debe incorporar un margen de reserva del 10% en el presupuesto y monitorear continuamente los gastos.
- **Dependencia de proveedores externos:** La dependencia de una empresa desarrolladora para la implementación del sistema puede generar retrasos si el proveedor no cumple con los plazos establecidos. Este riesgo puede mitigarse seleccionando un proveedor confiable con experiencia comprobada y estableciendo cláusulas contractuales claras.
- **Problemas en la adopción tecnológica:** Aunque la empresa cuenta con sensores y sistemas existentes, la falta de un uso eficiente de estos podría limitar el éxito del sistema automatizado. Este riesgo puede abordarse a través del refuerzo de la formación y el soporte técnico continuo.

Capítulo VI: Resultados Esperados

6.1 Resultados esperados del Plan de Implementación

La proyección financiera del Sistema Automatizado de Gestión de Mantenimiento Preventivo Basado en TIC refleja un impacto positivo en varias áreas clave de ECOSEM Huaraucaca. El incremento en ingresos, que se proyecta en un 5% para el primer año y crece hasta un 7% en los años posteriores, se debe a la mayor disponibilidad de la maquinaria y la optimización de los tiempos operativos, permitiendo a la empresa atender más contratos y mejorar su capacidad de servicio.

El ahorro en costos de mantenimiento correctivo y los ahorros en otros costos operativos, como repuestos y logística, inician con un 5% en el primer año y alcanzan un 15% en los siguientes, gracias a una mejor gestión de inventarios y uso de materiales.

El incremento en gastos administrativos, calculado en un 2% anual, incluye costos relacionados con capacitaciones al personal técnico y administrativo, soporte técnico continuo y actualizaciones del sistema. Además, los gastos específicos en capacitación y soporte técnico, que comienzan con S/ 200,000 en el primer año y se estabilizan en S/ 150,000 en los años posteriores, aseguran que el personal esté preparado y que el sistema opere de forma eficiente

En conjunto, estos factores muestran un equilibrio positivo para la empresa, donde los ingresos adicionales y los ahorros operativos superan ampliamente los costos incrementales, garantizando un beneficio neto significativo y un retorno sostenible de la inversión a lo largo de los cinco años proyectados.

Tabla F1

Premisas para las proyecciones

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Incremento en ingresos (%)	+5%	+6%	+7%	+7%	+7%

Ahorro en otros costos (%)	-5%	-10%	-15%	-15%	-15%
Incremento en gastos administrativos (%)	+2%	+2%	+2%	+2%	+2%
Capacitaciones y soporte técnico (S/)	S/ 200,000	S/ 150,000	S/ 150,000	S/ 150,000	S/ 150,000

El cálculo del (VAN) y la (TIR) comienza con la estimación de los factores esenciales requeridos para evaluar el costo del proyecto y su rentabilidad. Para ello, primero se determinará la Beta ajustada, el (COK) y el (WACC).

La Beta ajustada, que mide la sensibilidad del proyecto ante las variaciones del mercado, se obtuvo a partir de las Betas Desapalancadas publicadas por Damodaran (2024), ajustándola posteriormente a la estructura de capital específica del proyecto. Este ajuste permite reflejar de manera más precisa el riesgo inherente a la inversión, considerando tanto la composición del financiamiento como las condiciones del mercado.

Figura F1

Fórmula de la Beta

$$\beta = \beta_S (1 + (1 - \tau) \cdot \left(\frac{D}{KP}\right))$$

Tabla F2

Cálculo de la Beta

Bna	1.01
t	29.50%
B	1.72

Tras este cálculo, se obtuvo una Beta ajustada de 1,72, lo que indica un nivel moderado de sensibilidad al riesgo del mercado. Esta Beta refleja la volatilidad del proyecto en relación con las fluctuaciones del sector en el que opera, alineándose con referencias internacionales y modelos de estimación de riesgo ampliamente utilizados.

El (COK) representa el rendimiento esperado por los inversionistas que aportan capital propio al proyecto. Para su cálculo, se empleó el (CAPM), que permite estimar la rentabilidad requerida por los inversionistas en función del riesgo sistemático asumido. La tasa libre de riesgo (r_f) se derivó de los bonos soberanos publicados por el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP, 2024), mientras que la prima de riesgo de mercado ($r_m - r_f$) y el ajuste por riesgo país ($r_{país}$) fueron tomados de las referencias actualizadas de Damodaran (2024).

Figura F2

Fórmula del COK

$$r_{KFP} = r_f + \beta \cdot (r_m - r_f) + r_{país}$$

Por otro lado, el WACC, mide el costo total el financiamiento del proyecto teniendo en cuenta la mezcla de deuda y capital propio. Su fórmula es:

Figura F3

Fórmula del WACC

$$\text{Ecuación 1}$$

$$WACC = \frac{D}{D+E} k_{D(ddt)} + \frac{E}{D+E} [r_f + \beta(r_m - r_f) + r_{país}]$$

Tabla F3

COK y WACC

D/(D+E)	50%
E/(D+E)	50%
kD	11.3%
rf	6.94%
B	1.72
rm	11.64%
rpaís	2.34%
COK	17.37%
WACC	14.33%

Los resultados obtenidos reflejan un COK de 17.37%, lo que indica la rentabilidad mínima que deben exigir los inversionistas para considerar atractiva la inversión en el proyecto. Asimismo, el WACC de 14.33% muestra el costo ponderado del financiamiento total, garantizando que la evaluación financiera se realice considerando la estructura óptima de capital y el nivel de riesgo asumido.

Por otro lado, en cuanto al monto total de inversión necesario para el proyecto es de S/ 750,000, financiada de la siguiente manera:

Tabla F4

Financiamiento

Ítem	En S/.	En %
Capital propio	S/ 450,000.00	60.00%
Préstamo de terceros	S/ 300,000.00	40.00%
Total, de inversión	S/ 750,000.00	100.00%

Este esquema de financiamiento balanceado permite minimizar el riesgo financiero y asegurar la estabilidad del proyecto.

Tabla F5

Datos del préstamo

Ítem	Valores
Monto del Préstamo (En S/.)	S/ 375,000.00
Plazo (En Años)	5
interés anual TEA (En %)	16%
Cuota Anual	S/ 114,528.52

El cronograma de pagos del préstamo detalla cómo se distribuyen los intereses, la amortización y el saldo pendiente de cada año.

Tabla F6*Amortización del préstamo*

Vencimiento	Periodo	Saldo inicial	Intereses	Amortización	Cuota	Saldo final
1/01/2024	0					S/ 300,000.00
31/12/2024	1	S/ 300,000.00	S/ 48,000.00	S/ 43,622.81	S/ 91,622.81	S/ 256,377.19
31/12/2025	2	S/ 256,377.19	S/ 41,020.35	S/ 50,602.46	S/ 91,622.81	S/ 205,774.72
31/12/2026	3	S/ 205,774.72	S/ 32,923.96	S/ 58,698.86	S/ 91,622.81	S/ 147,075.86
31/12/2027	4	S/ 147,075.86	S/ 23,532.14	S/ 68,090.68	S/ 91,622.81	S/ 78,985.18
31/12/2028	5	S/ 78,985.18	S/ 12,674.89	S/ 78,985.18	S/ 91,660.07	S/ 0.00
Total			S/ 158,151.34	S/ 300,000.00	S/ 458,151.33	

Con estos cálculos preliminares, se proyectaron los flujos de caja asociados al proyecto, los cuales permiten evaluar la rentabilidad de la implementación del sistema automatizado de mantenimiento preventivo basado en TIC. Seguidamente, se presenta un desglose detallado de los flujos económicos y financieros

Tabla F7*Flujo de caja proyectado*

Ingresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		S/ 4,203,789.63	S/ 4,459,455.35	S/ 4,775,296.25	S/ 5,109,566.98	S/ 5,467,236.67
(+) Total de ingresos		4,203,789.63	4,459,455.35	4,775,296.25	5,109,566.98	5,467,236.67
Egresos						
Costos de ventas		-S/ 3,286,064.25	-S/ 3,299,900.31	-S/ 3,334,732.59	-S/ 3,568,163.87	-S/ 3,817,935.34
(-) Subtotal de egresos (costos)		-S/ 3,286,064.25	-S/ 3,299,900.31	-S/ 3,334,732.59	-S/ 3,568,163.87	-S/ 3,817,935.34
Gastos operativos		-S/ 743,747.12	-S/ 726,371.95	-S/ 766,717.98	-S/ 809,888.24	-S/ 856,080.42
(-) Subtotal de egresos (gastos + provisión)		-S/ 743,747.12	-S/ 726,371.95	-S/ 766,717.98	-S/ 809,888.24	-S/ 856,080.42
(-) Total de egresos (costos + gastos + provisión)		-S/ 4,029,811.37	-S/ 4,026,272.26	-S/ 4,101,450.57	-S/ 4,378,052.11	-S/ 4,674,015.76
UTILIDAD OPERATIVA		S/ 173,978.26	S/ 433,183.09	S/ 673,845.67	S/ 731,514.87	S/ 793,220.91
Impuesto a la renta (29.5%)		S/ 51,323.59	S/ 127,789.01	S/ 198,784.47	S/ 215,796.89	S/ 234,000.17
NOPAT		S/ 122,654.67	S/ 305,394.08	S/ 475,061.20	S/ 515,717.98	S/ 559,220.74
(-) CAPEX		-S/ 750,000.00				

Depreciación/Amortización		S/ 3,460.00	S/ 3,460.00	S/ 3,460.00	S/ 3,460.00	S/ 3,460.00
	-S/					
FLUJO DE CAJA LIBRE	750,000.00	S/ 126,114.67	S/ 308,854.08	S/ 478,521.20	S/ 519,177.98	S/ 562,680.74
	S/					
(+) Prestamo	300,000.00					
(-) Amortización + interes		-S/ 91,622.81	-S/ 91,622.81	-S/ 91,622.81	-S/ 91,622.81	-S/ 91,660.07
FLUJO DE CAJA FINANCIERO	450,000.00	S/ 34,491.86	S/ 217,231.27	S/ 386,898.38	S/ 427,555.17	S/ 471,020.67

Los ingresos proyectados reflejan un incremento anual promedio del 6%, atribuible a el incremento en la accesibilidad operativa de la maquinaria, lo que facilita la expansión de la oferta de servicios y la generación de ingresos. Por otro lado, los costos de ventas muestran una disminución progresiva debido a la optimización del mantenimiento y la reducción de las fallas correctivas, lo que también contribuye a menores tiempos de inactividad y reparaciones costosas. Los gastos operativos se optimizan gracias a la mejora en la gestión de procesos internos que derivan del uso del sistema automatizado. El flujo de caja libre considera directamente la inversión inicial del proyecto, de S/ 750,000, y los beneficios netos proyectados a lo largo del horizonte de evaluación de 5 años. En contraste, el flujo de caja financiera incluye las condiciones del préstamo solicitado, como amortización e intereses, lo que permite analizar la viabilidad del proyecto bajo un enfoque financiero.

Al evaluar la rentabilidad, el (VAN) y la (TIR) son los indicadores clave.

Tabla F8

VAN económico y financiero

Indicadores	VAN
Económico	S/ 511,019.42
Financiero	S/ 442,438.76

Tabla F9

TIR económico y financiero

Indicadores	TIR
Económico	34.36%
Financiero	42.38%

El VAN económico es de S/ 511,019.42, lo que implica que el proyecto producirá un valor adicional neto positivo descontado al WACC del 14.33%. Este resultado confirma que los rendimientos del proyecto superan ampliamente la inversión inicial, consolidando su viabilidad económica. Por otro lado, la TIR económica alcanza un 34.36%, lo que supera significativamente el WACC, demostrando una alta rentabilidad para el proyecto y confirmando que los ingresos generados ofrecen un retorno atractivo sobre el costo de capital. Desde una perspectiva financiera, el VAN es de S/ 442,438.76, calculado utilizando un COK del 17.37%. Este resultado, también positivo, refleja que el proyecto es rentable incluso al considerar los costos del financiamiento externo. La TIR financiera es del 42.38%, lo cual demuestra que el proyecto no solo es económicamente factible, sino altamente rentable, ya que esta tasa supera por un margen considerable el valor de oportunidad del capital.

Estos resultados demuestran que la implementación del sistema automatizado provocará un efecto favorable tanto en los ingresos como en la reducción de costos, optimizando las operaciones y aumentando la competitividad de ECOSEM Huaraucaca. El incremento proyectado del 6% en ingresos anuales y las reducciones en costos operativos y de ventas validan la propuesta como una solución estratégica para la empresa. La rentabilidad evidenciada por los indicadores económicos y financieros justifica plenamente la inversión inicial y asegura un efecto considerable en la sostenibilidad financiera y operativa de la empresa, garantizando su competitividad en el sector a largo plazo.

6.2 Recuperación de la Inversión

Permite evaluar la viabilidad económica y financiera de un proyecto al determinar el tiempo necesario para que los ingresos generados compensen el costo inicial. En el

presente análisis, se consideran dos perspectivas: el período de recuperación económica y el tiempo de recuperación financiera, ambas calculadas según los flujos de efectivo proyectados previamente.

Tabla F10

Periodo de recuperación económico

Periodo de recuperación económico		
Año	Inversión	VPN
0	-S/ 750,000.00	
1	-S/ 639,631.45	S/ 110,368.55
2	-S/ 369,339.52	S/ 270,291.93
3	S/ 49,435.64	S/ 418,775.16
4		S/ 454,355.72
5		S/ 492,426.91

En el período de recuperación económica, que excluye el impacto de financiamiento externo, se observa que la inversión inicial de S/ 750,000 se recupera completamente al final del tercer año, con una VPN acumulada de S/ 49,435.64. A partir del cuarto año, el proyecto genera ganancias netas significativas, alcanzando un VPN de S/ 454,355.72 al finalizar el año 4 y de S/ 492,426.91 al término del horizonte de evaluación de 5 años. Este resultado evidencia la habilidad del proyecto para crear valor de manera efectiva dentro de un período relativamente corto, confirmando su viabilidad desde una perspectiva económica.

Tabla F11

Periodo de recuperación Financiero

Periodo de recuperación financiero		
Año	Inversión	VPN
0	-S/ 450,000.00	
1	-S/ 420,331.65	S/ 29,668.35
2	-S/ 233,479.05	S/ 186,852.60

3	S/ 99,313.61	S/ 332,792.66
4		S/ 367,763.80
5		S/ 405,150.87

Por otro lado, el período de recuperación financiera, que considera tanto la inversión inicial de S/ 450,000 como las obligaciones asociadas al préstamo, muestra que la inversión es recuperada al final del tercer año, con un VPN acumulado de S/ 99,313.61. Durante los dos primeros años, los pagos de intereses y amortización afectan los flujos netos disponibles, prolongando ligeramente el tiempo de recuperación. Sin embargo, a partir del cuarto año, el proyecto no solo logra cubrir las obligaciones financieras, sino que también comienza a generar rendimientos financieros positivos, alcanzando un VPN de S/ 405,150.87 al cierre del quinto año.

En ambos casos, se demuestran que el proyecto es financieramente sostenible y económicamente rentable. La rentabilidad de la inversión en un horizonte de tres años es un indicativo sólido de la eficiencia del sistema propuesto, y la generación de flujos positivos a partir de ese punto asegura el retorno de la inversión con un margen significativo de ganancia. Esto refuerza la recomendación de implementar el sistema automatizado de mantenimiento preventivo basado en TIC, ya que no solo ofrece beneficios operativos, sino que también garantiza una sólida recuperación financiera y económica en el mediano plazo.

Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

Se concluye con un impacto significativo que tendrá la implementación del sistema automatizado de mantenimiento preventivo asistido por TIC en las operaciones de ECOSEM Huaraucaca. Este sistema transformará la gestión del mantenimiento, pasando de un enfoque reactivo a uno preventivo, lo que reducirá de manera considerable las fallas operativas de la maquinaria pesada. Además, el uso de datos permitirá mejorar la programación, programación y supervisión de las actividades de mantenimiento, estableciendo un estándar de eficiencia y modernización dentro de la empresa.

Desde una perspectiva financiera, los resultados reflejan un proyecto altamente rentable, respaldado por un VAN positivo y una TIR superior al costo de capital. Esto garantiza que la inversión se recuperará en un período razonable y generará beneficios sostenibles a largo plazo. Asimismo, disminución de los costos operativos y aumento de los ingresos proyectados fortalecerán el posicionamiento competitivo de ECOSEM en el mercado, asegurando su crecimiento y estabilidad financiera.

La integración de tecnologías avanzadas como IoT y análisis predictivo en el sistema automatizado posicionará a ECOSEM como un referente en innovación dentro de su sector. Esta modernización no solo aumentará el rendimiento operativo, y además posibilitará una respuesta más ágil y proactiva ante los desafíos del mercado. Con ello, la empresa podrá abordar proyectos de gran envergadura con elevados niveles de calidad y confiabilidad, fortaleciendo su imagen como referente en el sector.

El éxito en la implementación del sistema estará condicionado, en gran medida, del fortalecimiento del capital humano. El entrenamiento y la formación especializada del equipo técnico y administrativo serán clave para garantizar la adecuada utilización de las nuevas herramientas. Además, la integración de las distintas áreas de trabajo fomentará un enfoque organizacional fundamentado en la colaboración y el compromiso con la

innovación, lo que contribuirá a mejorar la moral del equipo y reducir la resistencia al cambio.

Finalmente, el proyecto no solo busca optimizar las operaciones internas de ECOSEM, sino también alinearlas con principios de sostenibilidad ambiental y responsabilidad social. La adopción de tecnologías avanzadas minimizará el impacto ambiental asociado a fallas y reparaciones innecesarias, promoviendo un uso más eficiente de los recursos. Asimismo, el fortalecimiento del vínculo con las comunidades y estratégicos consolidará el permiso social para operar, reforzando la reputación de la empresa dentro de los sectores minero y de construcción.

7.2 Recomendaciones

Para asegurar el triunfo del sistema automatizado de conservación preventiva asistido por TIC, se propone la implementación de un programa de monitoreo continuo, con revisión trimestral de los resultados operativos y ajustes fundamentados en información reales. Esto posibilitará la valoración constante del desempeño del sistema, asegurando su efectividad en la disminución de fallas y el aumento en la accesibilidad de los equipos. Además, se sugiere establecer (KPI) que faciliten el análisis del impacto del sistema en la eficiencia operativa.

Desde el enfoque financiero, se aconseja asignar un equipo especializado que realice un seguimiento periódico del retorno de inversión (ROI) y garantice el cumplimiento de las metas financieras proyectadas. Este equipo deberá evaluar la rentabilidad del proyecto y asegurar que los beneficios económicos planificados se materialicen en los plazos establecidos. Asimismo, se propone la constitución de un fondo de contingencia para afrontar a posibles incrementos en los costos de mantenimiento o ajustes tecnológicos que puedan surgir durante la operación del sistema.

En términos de innovación y competitividad, se recomienda explorar la integración de tecnologías complementarias, como IA para el análisis predictivo avanzado y sistemas de gestión de inventarios basados en blockchain. Estas herramientas podrían fortalecer aún más la habilidad de la organización para anticipar fallas, optimizar recursos y mejorar la trazabilidad de los repuestos y suministros. Asimismo, se recomienda llevar a cabo investigaciones de benchmarking periódicos para mantenerse a la vanguardia tecnológica y adoptar mejores prácticas del sector.

Para maximizar el aprovechamiento del sistema, se sugiere elaborar e implementar un plan de formación continua dirigido al personal técnico y administrativo, con un enfoque en el desarrollo de habilidades digitales y el uso eficiente de las nuevas herramientas implementadas. La capacitación será clave para reducir el proceso de aprendizaje y asegurar una transición fluida hacia el nuevo modelo de mantenimiento. Asimismo, se plantea la creación de un sistema de incentivos que recompense la adopción exitosa del sistema y motive a los empleados a contribuir con mejoras y optimizaciones en su funcionamiento.

Finalmente, se recomienda desarrollar un programa integral de sostenibilidad que complemente la implementación del sistema automatizado, priorizando prácticas operativas que reduzcan el impacto ambiental. La disminución de fallas y la mejora en el mantenimiento favorecerán un uso más efectivo de los recursos y una disminución en la generación de residuos. Además, se debe fortalecer la comunicación con las comunidades locales y los socios estratégicos, destacando los beneficios ambientales y sociales del proyecto, lo cual facilitará la consolidación del respaldo social para operar y fortalecerá la reputación de la empresa en el sector.

Referencias

- Aguilar, F. (1967). *Scanning the Business Environment*. Macmillan.
- Arroyo, C. y Obando, R. (2022). Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. *Journal of Engineering Sciences*. 4(10), 59-69.
<https://revista.estudioidea.org/ojs/index.php/esci/article/view/240>
- Avolio, B., Mesones, A. Y Roca, E. (2011). Factores que limitan el crecimiento de las micro y pequeñas empresas en el Perú (MYPES). *Centro de Negocios Centrum PUCP*, 22(11), 70-80.
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/strategia/article/view/4126>
- Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). (2024). *Indicadores económicos y financieros del Perú*. Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe>
- Banco Central de Reserva del Perú. (2024). *Informe de Actualización de Proyecciones Macroeconómicas 2024-2027*.
<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Programa-Economico/iapm-2024-2027.pdf>
- Banco Mundial. (2021). *Diagnóstico del sector minero en el Perú*.
<https://www.bancomundial.org/es/country/peru/publication/diagnostico-del-sector-minero-peru>
- Banco Mundial. (2023). *Perú Panorama General*.
<https://www.bancomundial.org/es/country/peru/overview>
- Barea, D. (2024). *Implantación de un sistema ERP en una empresa de servicios informáticos*. Universitat Oberta de Catalunya.
<https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/150553/1/dbarearTFC0624.pdf>

- Boscán, C., Meleá, A., Chávez, J., & Calanchez, Á. (2023, noviembre 23). Emprendimiento peruano en el marco del desarrollo sostenible. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 13(26), 223-236. <https://doi.org/10.17163/ret.n26.2023.03>
- Cajiga, J. (s.f.). *El concepto de responsabilidad social empresarial*. Centro Mexicano para la Filantropía. <https://www.cemefi.org/centrodedocumentacion/1426.pdf>
- Cámara Peruana de la Construcción (2024). *Construcción afianza su crecimiento y mejoran sus perspectivas para el cierre del 2024*. <https://capeco.org/construccion-afianza-su-crecimiento-y-mejoran-sus-perspectivas-para-el-cierre-del-2024/>
- Cetemin (2024). *Innovaciones en Maquinaria Industrial: Nuevas tecnologías y tendencias en el montaje y mantenimiento de maquinaria pesada*. <https://blog.cetemin.edu.pe/innovaciones-en-maquinaria-industrial-nuevas-tecnologias-y-tendencias-en-el-montaje-y-mantenimiento-de-maquinaria-pesada/>
- Comexperu (2023). *Informalidad en el Perú: Situación y perspectivas*. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/informalidad-en-el-peru-situacion-y-perspectivas>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2019). *Industria 4.0 Oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a03ff417-5eac-479e-969b-080466df1e47/content>
- Cruz, E. (2023). *Innovación tecnológica que transformará el sector construcción*. Rumbo Minero. <https://www.rumbominero.com/peru/noticias/actualidad-empresarial/innovacion-tecnologica-sector-construccion/>

- Damodaran, A. (2024). *Betas por industria y estimaciones de prima de riesgo de mercado*. Escuela de Negocios Stern, Universidad de Nueva York. Recuperado de <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- David, F. R. (1986). *Strategic Management: Concepts and Cases*. Pearson Education.
- ECOSEM. (s.f.). Inicio. *ECOSEM*. <https://ecosem.com.pe/>
- FRC Maquinarias. (2023). *Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada: Clave para la Eficiencia*. <https://frcmaquinarias.com/blog/mantenimiento-preventivo-de-maquinaria-pesada/>
- García, H. H., y Yarlequé, V. A. (2018). *Diseño de un plan integral de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa Inversiones Oberti S.R.L – Piura* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Piura. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/1704>
- Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (2023). *La minería y su relación con su entorno social y político*. <https://revistamineria.com.pe/actualidad/la-mineria-y-su-relacion-con-su-entorno-social-y-politico>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). *Reporte Económico Trimestral*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1905/
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2024). *Al 2024 la población peruana proyectada alcanza los 34 millones de habitantes*. <https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/987317-al-2024-la-poblacion-peruana-proyectada-alcanza-los-34-millones-de-habitantes>
- Introna, V. y Santolamazza, A. (2024). Planificación estratégica del mantenimiento en la era digital: un enfoque híbrido que fusiona el mantenimiento centrado en la

- confiabilidad con las oportunidades de digitalización. *Oper Manag Res*, 17, 1397–1420. <https://doi.org/10.1007/s12063-024-00496-y>
- Jones, Q. (2023). *IoT-Monitoreo Ambiental Basado: Tipos y casos de uso*. DIGI. <https://es.digi.com/blog/post/iot-based-environmental-monitoring>
- López, M. (2013). Importancia de la calidad del servicio al cliente. *Pacioli*, 82. Instituto Tecnológico de Sonora. <https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no82/Pacioli-82.pdf>
- Martínez, J. (s.f.). *Mantenimiento predictivo*. Universitat Oberta de Catalunya. https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/144051/28/Diseno%20y%20fabricacion%20inteligente_Modulo4.8_Mantenimiento%20predictivo.pdf
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2022). *Plan Nacional de Infraestructura Sostenible para la Competitividad 2022-2025*. https://www.mef.gob.pe/index.php/es/?Itemid=102369&id=7549&lang=es&option=com_content&view=article
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Marco Macroeconómico Multianual 2024-2027*. <https://www.gob.pe/institucion/mef/informes-publicaciones/5603986-marco-macroeconomico-multianual-2024-2027>
- Ministerio de Energía y Minas (2023). *Anuario Minero 2023. Reporte Estadístico*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6682903/5804716-am-2023%282%29.pdf?v=1723504121>
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2022). *Reglamento de protección y gestión ambiental para las actividades de explotación, beneficio, labor general, transporte y almacenamiento minero*. <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/3295154-reglamento-de-proteccion-y-gestion-ambiental-para-las-actividades-de>

[explotacion-beneficio-labor-general-transporte-y-almacenamiento-minero-edicion-2022](#)

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2023). *Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero.*

<https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/3295154-reglamento-de-proteccion-y-gestion-ambiental-para-las-actividades-de-explotacion-beneficio-labor-general-transporte-y-almacenamiento-minero-edicion-2022>

MPtotal. (2024). Cómo un CMMS revoluciona el mantenimiento en la industria minera.

MPtotal. <https://mptotal.com/2024/10/como-un-cmms-revoluciona-el-mantenimiento-en-la-industria-minera/>

Olarte, M., Flores, D., Rios, K., Quispe, A. y Seguil, N. (2023). Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la gestión empresarial: Un análisis cuantitativo. *Comunicación*, 14(4).

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2219-71682023000400388

OTEA. (2024). Mantenimiento predictivo: Qué es y cómo ayuda a mejorar la eficiencia energética. *OTEA.* <https://otea.io/mantenimiento-predictivo-que-es/>

Pérez, A. (s.f.). *La protección ambiental en el mantenimiento industrial. Un enfoque para su gestión.* Mantenimiento mundial.

<https://www.mantenimientomundial.net/notas/PonenciaArgimiro.pdf>

Previale, V. (s.f.). 10 modelos de negocio innovadores y sostenibles. *Vero Previale.*

<https://www.veropreviale.com/empresa-sostenible/modelos-negocio-innovadores/>

Reuters. (2024). *Megapuerto de Chancay en Perú: conexión con Asia.*

<https://www.reuters.com/es/mundo/CKGCE4GHTNKYFGOUYKSQXASMWY-2024-11-14>

TEK. (s.f.). La importancia de la capacitación del personal para el manejo de la tecnología. *Tek Perú*. <https://tekperu.com.pe/la-importancia-de-la-capacitacion-del-personal-para-el-manejo-de-la-tecnologia/>

Torres, C. (2024). *Retos en la implementación del mantenimiento basado en la condición.* Power-MI. [https://power-mi.com/es/content/retos-en-la-](https://power-mi.com/es/content/retos-en-la-implementaci%C3%B3n-del-mantenimiento-basado-en-la-condici%C3%B3n)

[implementaci%C3%B3n-del-mantenimiento-basado-en-la-condici%C3%B3n](https://power-mi.com/es/content/retos-en-la-implementaci%C3%B3n-del-mantenimiento-basado-en-la-condici%C3%B3n)

Toyos, S. (2023). *La importancia del mantenimiento preventivo en transporte y logística.* *Fractal*. [https://www.fractal.com/es/blog/mantenimiento-preventivo-en-](https://www.fractal.com/es/blog/mantenimiento-preventivo-en-transporte-y-logistica)

[transporte-y-logistica](https://www.fractal.com/es/blog/mantenimiento-preventivo-en-transporte-y-logistica)

Uno Logística (2023). *La importancia del mantenimiento preventivo en los equipos de trabajo del sector de la logística y el transporte.* Comunidad de Madrid.

<https://unologistica.org/wp-content/uploads/2023/01/Folleto-Mantenimiento-Preventivo.pdf>

Apéndices

Apéndice A: Análisis interno y externo

Datos de la empresa

Razón Social	EMPRESA COMUNAL Y SERVICIOS MULTIPLES HUARAUCACA
Nombre Comercial	ECOSEM HUARAUCACA
Domicilio Fiscal	Jr. Tacna Nro. 015 Huaraucaca (Plazuela de Huaraucaca)
RUC	20489612748
Fecha de inicio de actividades	01/02/2008
Actividad económica	<ul style="list-style-type: none"> • Principal - 4923 - TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA • Secundaria 1 - 4661 - VENTA AL POR MAYOR DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASEOSOS Y PRODUCTOS CONEXOS • Secundaria 2 - 8299 - OTRAS ACTIVIDADES DE SERVICIOS DE APOYO A LAS EMPRESAS N.C.P.

Matriz EFE

Oportunidades	Peso	Valor	Ponderación
1. Crecimiento de proyectos de infraestructura pública y privada	0.13	4	0.52
2. Avances tecnológicos en mantenimiento preventivo y TIC	0.12	4	0.48
3. Demanda creciente de sostenibilidad ambiental en operaciones	0.10	3	0.30
4. Iniciativas gubernamentales de apoyo a innovación tecnológica	0.09	3	0.27
5. Adopción de tecnologías digitales en la industria minera y construcción	0.07	3	0.21
	0.51		1.78
Amenazas			
1. Inestabilidad política y cambios regulatorios frecuentes	0.11	2	0.22
2. Conflictos sociales en áreas de operaciones mineras	0.10	1	0.10
3. Fluctuaciones económicas y dependencia de tecnología importada	0.09	2	0.18
4. Incremento de normativas ambientales	0.08	2	0.16
5. Competencia informal y desleal en el sector construcción	0.11	1	0.11
	0.49		0.77

Valor	1	2.55
Matriz EFI		
Fortalezas	Peso	Calificación Ponderación
1. Liderazgo estratégico de la gerencia	0.12	4 0.48
2. Posicionamiento en el mercado	0.1	4 0.40
3. Implementación de protocolos de mantenimiento preventivo	0.1	4 0.40
4. Gestión financiera eficiente	0.09	3 0.27
5. Capital humano altamente	0.08	4 0.24
6. Uso inicial de TIC para gestión	0.07	3 0.21
7. Maquinaria pesada moderna y eficiente	0.07	3 0.21
	0.63	2.21
Debilidades		
1. Limitada integración de tecnologías avanzadas como IoT	0.09	2 0.18
2. Falta de automatización en procesos	0.08	2 0.16
3. Capacitación insuficiente en digitalización	0.07	2 0.14
4. Resistencia al cambio organizacional	0.06	1 0.06
5. Dependencia en procedimientos manuales	0.07	1 0.07
	0.37	0.61
Valor	1	2.82

Estado de resultados

ECOSEM HUARAUCACA
Estado de Resultados Integrales

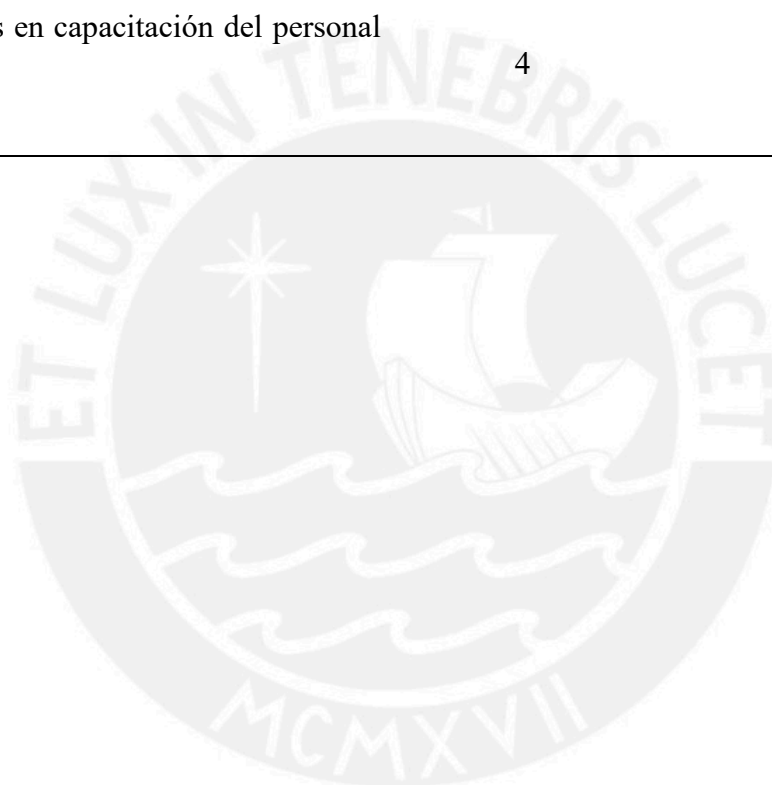
	<u>Nota</u>	<u>2024</u>
Ventas netas	20	3,952,515.00
Servicios		3,952,515.00
Costo de ventas	21	-3,294,300.00
Servicios		-3,294,300.00
Utilidad Bruta		658,215.00
Gastos de ventas	22	-405,615.00
Gastos de administración	23	-114,530.00
Otros ingresos	24	74,130.00
Utilidad operativa		212,200.00
Ingreso financiero		5,515.00
Gasto financiero		-11,300.00
Diferencia en cambio, neta		30,145.00
Utilidad antes de impuestos		236,560.00
Impuesto a la renta	27	-69,785.20
Utilidad neta		166,774.80



Apéndice B: Diagnóstico situacional

Matiz de complejidad vs beneficio

Problema	Beneficio (1-5)	Complejidad (1-5)
Fallas frecuentes en maquinaria	5	4
Baja eficiencia en programación de mantenimiento	5	3
Falta de análisis predictivo	4	5
Deficiencias en capacitación del personal técnico	4	3



Apéndice C: Causa del problema

Diagrama de Ishikawa



Matriz de priorización Causa - Raíz

Causa	Categoría	Factibilidad	Beneficio	Resultado
Falta de planificación preventiva	Operaciones	4	5	9
Mantenimiento reactivo	Operaciones	3	5	8
Fallas en la logística	Operaciones	3	4	7
Deficiencia en la asignación de recursos	Administración	4	4	8
Poca inversión en mantenimiento	Administración	4	4	8
Imagen afectada por fallas	Marketing	3	3	6
Desconfianza de los clientes	Marketing	3	3	6
Regulaciones ambientales estrictas	Entorno	3	3	6
Dependencia de maquinaria externa	Finanzas	3	4	7
Altos costos de reparación	Finanzas	4	4	8
Condiciones operativas adversas	Entorno	2	3	5
Conflictos sociales	Entorno	2	3	5

Apéndice D: Alternativas de solución

Matriz de alternativas

Problema Principal	Criterio	Causas	Alternativas de Solución Propuestas
Fallas frecuentes en la maquinaria debido a un mantenimiento preventivo insuficiente	Planificación	Falta de planificación preventiva	Desarrollo de un sistema automatizado para la gestión integral del mantenimiento preventivo basado en TIC.
	Supervisión	Falta de supervisión	Desarrollo de un módulo centralizado de monitoreo en tiempo real para supervisar el desempeño de las actividades de mantenimiento.
	Operaciones	Mantenimiento reactivo y fallas en logística	Desarrollo de herramientas de software predictivo integradas con IoT para optimizar la ejecución de tareas preventivas y logísticas.

Priorización de las alternativas de solución propuestas

Alternativa de Solución Propuesta	F	A	C	T	I	S	Total	Categoría
Implementación de un sistema automatizado de gestión de mantenimiento preventivo basado en TIC	9	15	12	6	6	9	57	1
Integración de herramientas IoT y software predictivo	9	15	8	6	9	9	56	2
Desarrollo de un módulo centralizado de monitoreo en tiempo real	9	10	12	6	9	9	55	3

Apéndice E: Plan de implementación

Balance Scorecard

Componente / Perspectiva	Objetivo	Indicador
Financiero	Reducir los costos asociados al mantenimiento correctivo de maquinaria pesada. Aumentar la rentabilidad de las operaciones mediante una mayor disponibilidad de equipos.	Porcentaje de reducción en los costos de mantenimiento correctivo anual. Incremento en la utilización efectiva de maquinaria (%).
Clientes	Garantizar que los equipos alquilados estén disponibles y en óptimas condiciones operativas. Incrementar la satisfacción del cliente mediante tiempos de respuesta más ágiles en mantenimiento.	Número de reclamos de clientes por problemas en la maquinaria alquilada. Porcentaje de solicitudes atendidas dentro del tiempo establecido.
Procesos Internos	Implementar una gestión centralizada y automatizada de las actividades de mantenimiento preventivo. Reducir los tiempos de inactividad de la maquinaria pesada alquilada.	Número de tareas de mantenimiento preventivo ejecutadas en comparación con el cronograma anual. Horas promedio de inactividad por equipo al mes.
Aprendizaje y Crecimiento	Incrementar las competencias del personal técnico en el uso de tecnologías avanzadas de mantenimiento. Promover la adopción de herramientas tecnológicas innovadoras en los procesos de mantenimiento.	Número de capacitaciones realizadas al personal técnico anualmente. Número de tecnologías implementadas en los últimos 12 meses.

Cronograma

Actividades	Responsables	Mes												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Fase 1: Análisis y diseño del sistema														
Recolección de datos históricos	Gerente de Mantenimiento													
Diseño funcional y validación del prototipo.	Gerencia de operaciones													
Selección del proveedor de software	Dirección General													
Fase 2: Desarrollo e implementación del sistema														
Desarrollo del sistema automatizado	Empresa desarrolladora de software													
Integración con sistemas existentes	Área TI													
Instalación y configuración	Área TI													
Pruebas piloto	Gerencia de Mantenimiento													
Fase 3: Optimización, pruebas y capacitación														
Evaluación inicial y ajustes	Gerencia de innovación													
Capacitación del personal	Recursos Humanos													
Documentación y planificación de mejora continua	Planificación estratégica													

Apéndice F: Resultados

Estado de resultados proyectados de Ecosem Huaraucaca

Estado de resultados proyectado	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	S/ 4,150,140.75	S/ 4,399,149.20	S/ 4,707,089.64	S/ 5,036,585.91	S/ 5,389,146.93
Costo de ventas	-S/ 3,286,064.25	-S/ 3,299,900.31	-S/ 3,334,732.59	-S/ 3,568,163.87	-S/ 3,817,935.34
Utilidad bruta	S/ 864,076.50	S/ 1,099,248.89	S/ 1,372,357.05	S/ 1,468,422.04	S/ 1,571,211.58
Gastos de venta	-S/ 425,895.75	-S/ 451,449.50	-S/ 483,050.96	-S/ 516,864.53	-S/ 553,045.04
Gastos administrativos	-S/ 317,851.37	-S/ 274,922.45	-S/ 283,667.02	-S/ 293,023.72	-S/ 303,035.38
Otros ingresos	S/ 16,205.88	S/ 20,616.57	S/ 25,738.76	S/ 27,540.47	S/ 29,468.30
Utilidad Operativa	S/ 136,535.26	S/ 393,493.51	S/ 631,377.82	S/ 686,074.27	S/ 744,599.47
Ingresos financieros	S/ 5,790.75	S/ 6,138.20	S/ 6,567.87	S/ 7,027.62	S/ 7,519.55
Gastos financieros	-S/ 11,865.00	-S/ 12,576.90	-S/ 13,457.28	-S/ 14,399.29	-S/ 15,407.24
Diferencia en cambio, neta	S/ 31,652.25	S/ 33,551.39	S/ 35,899.98	S/ 38,412.98	S/ 41,101.89
Utilidad antes de impuestos	S/ 162,113.26	S/ 420,606.19	S/ 660,388.39	S/ 717,115.58	S/ 777,813.67
Impuesto a la renta (29.5%)	S/ 47,823.41	S/ 124,078.83	S/ 194,814.58	S/ 211,549.10	S/ 229,455.03
Utilidad neta	S/ 114,289.85	S/ 296,527.37	S/ 465,573.81	S/ 505,566.48	S/ 548,358.64

VAN y TIR

VAN Y TIR ECONÓMICO

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo de caja		S/ 126,114.67	S/ 308,854.08	S/ 478,521.20	S/ 519,177.98	S/ 562,680.74
(-) INVERSIÓN	S/ 750,000.00					
Flujo de caja libre proyectado	-S/ 750,000.00	S/ 126,114.67	S/ 308,854.08	S/ 478,521.20	S/ 519,177.98	S/ 562,680.74
Valor Actual Neto (VAN)	S/ 511,019.42					
WACC	14.27%					
Tasa interna de retorno (TIR)	34.36%					

VAN Y TIR FINANCIERO

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo de caja		S/ 34,491.86	S/ 217,231.27	S/ 386,898.38	S/ 427,555.17	S/ 471,020.67
(-) INVERSIÓN	S/ 450,000.00					
Flujo de caja libre proyectado	-S/ 450,000.00	S/ 34,491.86	S/ 217,231.27	S/ 386,898.38	S/ 427,555.17	S/ 471,020.67
Valor Actual Neto (VAN)	S/ 442,438.76					
COK	16.26%					
Tasa interna de retorno (TIR)	42.38%					

Apéndice G: Guía de Entrevista

Guía de Entrevista para el Jefe de Mantenimiento

Introducción

Estimado jefe de Mantenimiento de ECOSEM Huaraucaca.

El propósito de esta entrevista es recopilar información clave sobre las prácticas actuales de mantenimiento preventivo, identificar las problemáticas específicas que enfrenta su área y explorar oportunidades de mejora. Este proceso forma parte de una investigación que tiene como objetivo diseñar un sistema automatizado de gestión de mantenimiento preventivo basado en TIC, orientado a optimizar los procesos operativos de la empresa. Su experiencia y conocimientos son fundamentales para el éxito de este análisis, por lo que agradecemos su tiempo y disposición.

Preguntas

1. ¿Podría detallar el procedimiento actual para la planificación y ejecución del mantenimiento de la maquinaria pesada?
2. ¿Qué herramientas tecnológicas se utilizan actualmente para la gestión de las actividades de mantenimiento? ¿Considera que estas son adecuadas para las necesidades del área?
3. Desde su perspectiva, ¿con qué frecuencia ocurren fallas en la maquinaria que pudieron haberse prevenido mediante un mejor mantenimiento? ¿Cuáles son las causas más comunes de dichas fallas?
4. ¿Cómo evalúa la interacción y coordinación entre las áreas de mantenimiento, operaciones y logística? ¿Considera que existen barreras que afecten esta colaboración?
5. ¿Cuáles son las principales limitaciones que enfrenta su área para llevar a cabo el mantenimiento (recursos, personal, infraestructura, planificación)?
6. ¿Qué porcentaje del tiempo operativo de los equipos se ve afectado por reparaciones correctivas imprevistas? ¿Cómo impacta esto en la operación global de la empresa?
7. ¿Considera que el personal técnico cuenta con la capacitación y herramientas necesarias para realizar un mantenimiento eficiente? ¿Qué tipo de capacitaciones cree que serían necesarias?
8. ¿Qué impacto tienen las fallas recurrentes en la maquinaria sobre los costos operativos y la imagen de la empresa frente a los clientes y contratistas?
9. ¿Qué indicadores clave de desempeño utilizan para medir la efectividad del mantenimiento preventivo? ¿Cree que sería posible mejorar estos indicadores con un sistema más avanzado?
10. ¿Qué expectativas tiene respecto a la implementación de un sistema automatizado de gestión de mantenimiento preventivo basado en TIC? ¿Qué beneficios espera que aporte al área?

Guía de Entrevista para el Gerente General

Introducción

Estimado Gerente General de ECOSEM Huaraucaca.

El propósito de esta entrevista es obtener una visión estratégica sobre el impacto que tiene la gestión de mantenimiento en el desempeño general de la empresa. Su perspectiva será invaluable para garantizar que las soluciones propuestas estén alineadas con los objetivos organizacionales y las necesidades estratégicas de la compañía. La información que nos brinde será utilizada exclusivamente para fines de investigación y desarrollo del proyecto.

Preguntas

1. Desde su posición, ¿cómo evalúa el impacto que tiene el mantenimiento en el desempeño general de la empresa?
2. ¿De qué manera afectan las fallas en la maquinaria al cumplimiento de los compromisos contractuales y la percepción de los clientes sobre la empresa?
3. ¿Qué estrategias ha implementado la empresa para mejorar la gestión del mantenimiento? ¿Han resultado efectivas?
4. ¿Qué porcentaje del presupuesto operativo anual se destina al mantenimiento preventivo y correctivo? ¿Considera que estos recursos están siendo utilizados de manera eficiente?
5. En su opinión, ¿qué tan importante es la integración de tecnologías avanzadas en los procesos de mantenimiento preventivo para mejorar la competitividad de la empresa?
6. ¿Cómo afectan las deficiencias en el mantenimiento a los costos operativos, tales como el alquiler de maquinaria externa o las reparaciones no planificadas?
7. ¿Qué tan involucrada está la alta dirección en la supervisión y el control de las actividades de mantenimiento? ¿Qué áreas cree que necesitan mayor atención?

8. ¿Cómo evalúa la capacidad de la empresa para adaptarse a sistemas automatizados y a la incorporación de tecnologías avanzadas en sus procesos operativos?
9. ¿Qué beneficios específicos espera que se generen con la implementación de un sistema automatizado de mantenimiento preventivo basado en TIC?
10. ¿Considera que existe un compromiso suficiente por parte de todas las áreas de la empresa para apoyar los cambios necesarios en el mantenimiento preventivo?



Guía de Entrevista para el Supervisor Técnico de Mantenimiento

Introducción

Estimado Supervisor Técnico de Mantenimiento de ECOSEM Huaraucaca.

Esta entrevista tiene como objetivo identificar las problemáticas operativas específicas que enfrenta el área técnica durante la ejecución del mantenimiento preventivo, así como las necesidades de capacitación y recursos que puedan existir. Sus aportes serán esenciales para desarrollar soluciones que mejoren los procesos operativos de mantenimiento y optimicen el desempeño de la maquinaria en la empresa.

Preguntas

1. ¿Cómo evalúa la claridad y precisión de las instrucciones y cronogramas que recibe para llevar a cabo el mantenimiento?
2. ¿Cuáles son las dificultades más comunes que enfrenta al ejecutar las actividades de mantenimiento?
3. ¿Cuenta con acceso oportuno a los repuestos y herramientas necesarias para realizar las tareas? ¿Se presentan retrasos o faltantes frecuentemente?
4. ¿Con qué frecuencia identifica fallas en la maquinaria que pudieron haberse prevenido con un mejor mantenimiento? ¿Qué tipo de fallas son más frecuentes?
5. ¿Cómo describe la comunicación entre el área técnica, logística y operativa? ¿Considera que existen mejoras que puedan facilitar esta coordinación?
6. ¿Qué herramientas utiliza actualmente para registrar y monitorear las actividades de mantenimiento? ¿Cree que estas herramientas son suficientes y efectivas?
7. ¿Qué tipo de capacitación ha recibido recientemente para desempeñar sus funciones? ¿Considera que sería útil recibir formación adicional en el uso de herramientas tecnológicas avanzadas?
8. ¿De qué manera afectan las condiciones operativas (accesibilidad de los equipos, cargas de trabajo) el desempeño del mantenimiento?

9. ¿Qué tan efectivas considera que son las actividades de supervisión y seguimiento realizadas por los encargados de su área?
10. Desde su perspectiva, ¿qué cambios o herramientas cree que podrían mejorar significativamente la eficiencia del mantenimiento?

