

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO EN MECÁNICA DIESEL JOC E.I.R.L.
CON ÍNDICE CMSI, CHICLAYO, 2025**




**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autores : Bach. Víctor Manuel Torres Javier
: Bach. Lin Yuntang Mendoza Montenegro
Asesor : Dr. Edwin Carlos Lenin Felix Poicón
Línea de investigación : Automatización y control

JAÉN – PERÚ, ABRIL, 2026

Víctor Manuel Torres Javier Y Lin Yuntang Mendoza...

SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN MECÁNICA DIESEL JOC E.I.R.L. CON ÍN...

-  Quick Submit
-  Quick Submit
-  Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3533089624

118 páginas

Fecha de entrega

10 abr 2026, 12:28 p.m. GMT-5

27.241 palabras

168.835 caracteres

Fecha de descarga


10 abr 2026, 12:36 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

EGIDO_-_Lin_Mendoza_Victor_Torres_-_lin_mendoza_montenegro.pdf

Tamaño del archivo

1.5 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería




6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)


Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
4152 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería



FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día miércoles 15 de abril de 2026, siendo las 18:46 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente : Mtro. Marco Luis Pérez Silva
Secretario : Mg. Juan Antonio Labrin Romero
Vocal : Mg. Frans Fuentes Maza

Para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **"SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN MECÁNICA DIESEL JOC E.I.R.L. CON ÍNDICE CMSI, CHICLAYO, 2025"**.

Presentado por los bachilleres Víctor Manuel Torres Javier y Lin Yuntang Mendoza Montenegro, de la Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.

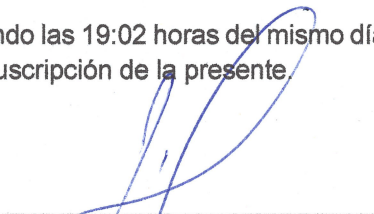
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

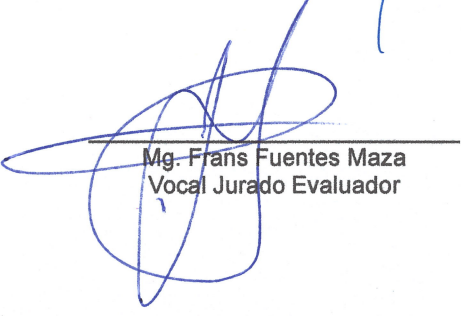
Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (16) |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 19:02 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando con la suscripción de la presente


Mtro. Marco Luis Pérez Silva
Presidente Jurado Evaluador


Mg. Juan Antonio Labrin Romero
Secretario Jurado Evaluador


Mg. Frans Fuentes Maza
Vocal Jurado Evaluador

“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

ANEXO N°06:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO

DE LA TESIS

Yo, Victor Manuel Torres Javier, identificado con DNI 76690409 y Lin Yuntang Mendoza Montenegro, identificado con DNI 74288486; egresados de la carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos Autores del trabajo titulado:

“SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN MECÁNICA DIESEL JOC E.I.R.L. CON ÍNDICE CMSI, CHICLAYO, 2025”.

Asesorados por Dr. Edwin Carlos Lenin Felix Poicón.

El mismo que presentamos bajo la modalidad de Bachiller para optar; el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

2. El texto de nuestro trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de nuestro trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presentamos no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuimos a nuestra autoría son veraces.
5. Declaramos que nuestro trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Somos conscientes de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad de los declarantes, en consecuencia; a través del presente documento asumimos frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, 18, abril del 2026.



Lin Yuntang Mendoza
Montenegro



Victor Manuel Torres
Javier

ÍNDICE

CARÁTULA	I
ÍNDICE	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIAL Y MÉTODOS	12
2.1. Ubicación del área de estudio.....	12
2.1.1. Ubicación geográfica	12
2.2. Materiales.....	12
2.3. Población, muestra y muestreo	16
2.3.1. Población	16
2.3.2. Muestra	16
2.3.3. Muestreo.....	17
2.4. Método.....	17
2.4.1. Diseño	17
2.4.2. Alcance de la investigación.....	19
2.4.3. Técnicas.....	22
III. RESULTADOS.....	28
3.1. Diagnosticar el estado actual del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., aplicando el índice CMSI	28
3.1.1. Diagrama de Ishikawa	28
3.1.2. Diagrama de Pareto	30
3.2. Evaluar los aspectos críticos que limitan la sostenibilidad del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.....	35
3.3. Proponer un plan de mejora, basado en los resultados del índice CMSI y estructurado según el ciclo de Deming, para fortalecer la sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.	50
3.3.1. Planificar (Plan).....	52
3.3.2. Hacer (Do).....	53
3.3.3. Verificar (Check).....	54
3.3.4. Actuar (Act)	54
IV. DISCUSIÓN	56

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Softwares a usar.....	15
Tabla 2 Distribución de causas según el principio 80/20	31
Tabla 3 Escala para medir cada ítem relacionado con los criterios del CMSI	39
Tabla 4 Resultados de los valores de los criterios y perspectivas asociados al CMSI.....	41
Tabla 5 Escala para evaluar el CMSI	44
Tabla 6 Resultados de los valores de las perspectivas asociados al CMSI	44
Tabla 7 Propuesta de mejora basada en resultados del CMSI.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Flujograma	25
Figura 2 Diagrama de Ishikawa.....	29
Figura 3 Diagrama de Pareto	31
Figura 4 Resultados de los valores de las perspectivas asociados al CMSI.....	45
Figura 5. Resultados de los valores de la perspectiva financiera	46
Figura 6. Resultados de los valores de la perspectiva de las partes interesadas en mantenimiento	47
Figura 7. Resultados de los valores de la perspectiva de los procesos de mantenimiento ..	48
Figura 8. Resultados de los valores de la perspectiva de innovación y desarrollo.....	49

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado (Inglés)	Significado (Español)
BSC	Balanced Scorecard	Cuadro de Mando Integral
CMSI	Composite Maintenance Sustainability Index	Índice Compuesto de Sostenibilidad del Mantenimiento
E.I.R.L.	Individual Limited Liability Company	Empresa Individual de Responsabilidad Limitada
LCC	Life Cycle Cost	Costo del Ciclo de Vida
MTBF	Mean Time Between Failures	Tiempo Medio Entre Fallas
MTTR	Mean Time To Repair	Tiempo Medio Para Reparar
OEE	Overall Equipment Effectiveness	Eficiencia Global del Equipo
OPEX	Operational Expenditure	Gasto Operativo
PdM	Predictive Maintenance	Mantenimiento Predictivo
PM	Maintenance Process	Proceso de Mantenimiento
RAM	Reliability, Availability and Maintainability	Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad
SGM	Maintenance Management System	Sistema de Gestión de Mantenimiento
TIC	Information and Communication Technologies	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
SME / PyME	Small and Medium Enterprise	Pequeña y Mediana Empresa
SST	Safety and Health at Work	Seguridad y Salud en el Trabajo

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el nivel de sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento de la empresa Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., mediante la aplicación del índice CMSI. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, de corte transversal y alcance descriptivo-diagnóstico con componente propositivo. Para la recolección de información se utilizó el índice CMSI, complementado con la observación directa de los procesos de mantenimiento. Los resultados evidenciaron deficiencias en la planificación del mantenimiento, el registro de intervenciones, la detección de fallas, la disponibilidad de repuestos y herramientas, la antigüedad de la maquinaria y la limitada capacitación técnica del personal. El análisis de Pareto indicó que las categorías maquinaria y método concentraron el 73 % de las causas del incumplimiento del sistema. Asimismo, la evaluación global mediante el CMSI arrojó un valor de 0.34, ubicando al sistema en un nivel bajo-intermedio de sostenibilidad. Se concluyó que existen brechas significativas en la gestión de mantenimiento, principalmente en las perspectivas financiera y de procesos, así como en aspectos de seguridad, salud y medio ambiente. En respuesta, se formuló una propuesta de mejora basada en el ciclo de Deming, orientada a fortalecer la sostenibilidad del sistema.

Palabras clave: Sistema de Gestión de Mantenimiento, CMSI, sostenibilidad, ciclo de Deming

ABSTRACT

This research aimed to determine the sustainability level of the maintenance management system of Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. through the application of the CMSI index. The study was developed under a quantitative approach, with a non-experimental, cross-sectional design and a descriptive-diagnostic scope with a proposal component. Data collection was carried out using the CMSI index, complemented by direct observation of maintenance processes. The results revealed deficiencies in maintenance planning, intervention records, fault detection, availability of spare parts and tools, machinery age, and limited technical training of personnel. The Pareto analysis showed that the categories of machinery and method accounted for 73% of the causes related to system non-compliance. Likewise, the overall CMSI evaluation yielded a value of 0.34, placing the system at a low-intermediate level of sustainability. It was concluded that there are significant gaps in maintenance management, mainly in the financial and maintenance process perspectives, as well as in safety, health, and environmental aspects. In response, an improvement proposal based on the Deming cycle was formulated to strengthen system sustainability.

Keywords: Maintenance Management System, CMSI, sustainability, Deming cycle.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, las empresas del sector transporte enfrentan exigencias crecientes para reducir impactos ambientales, optimizar recursos y fortalecer la sostenibilidad de sus operaciones de mantenimiento. Estas presiones impulsan la adopción de prácticas más sostenibles orientadas a disminuir la huella de carbono, mediante la gestión eficiente de recursos y la implementación de tecnologías limpias. Asimismo, las regulaciones ambientales se encuentran en constante evolución, lo que exige a las organizaciones alinearse con estándares internacionales y evaluar cómo estas exigencias influyen en su competitividad en el mercado.

La industria automotriz está interconectada a nivel mundial, analizar cómo las tendencias y prácticas de mantenimiento sostenibles se implementan en otras regiones puede ofrecer una perspectiva comparativa valiosa; la presión por parte de consumidores e inversores para que las empresas sean responsables socialmente está en aumento; evaluar el Sistema de Gestión de Mantenimiento (SGM) en este contexto puede revelar oportunidades para mejorar la imagen corporativa y la lealtad del cliente; la sostenibilidad también se relaciona con la gestión eficiente de recursos limitados; la investigación puede evaluar cómo la empresa gestiona sus insumos y residuos en un contexto global de escasez.

En Estados Unidos, la industria del transporte se enfrenta a una creciente presión para mejorar la sostenibilidad de sus operaciones; los camiones de carga constituyen una proporción considerable de las emisiones de gases de efecto invernadero, están bajo el escrutinio de regulaciones ambientales más estrictas; las empresas deben adoptar prácticas de mantenimiento que no solo optimicen el rendimiento de los vehículos, sino que también reduzcan su impacto ambiental; desarrollar e implementar tecnologías limpias y eficientes se ha vuelto crucial, ya que los consumidores y reguladores exigen cada vez más un compromiso hacia la sostenibilidad (McNeil et al., 2025).

Además, existe una notable escasez de técnicos diésel calificados, en Estados Unidos, se estima que para 2025 se necesitarán más de 258 000 nuevas incorporaciones a este oficio, mientras que las graduaciones técnicas apenas superan los 50 000 anuales, esta insuficiencia desemboca en problemas concretos: los talleres con personal limitado enfrentan hasta un 16 % más de retrabajo, y el costo diario de un vehículo fuera de servicio puede superar los US \$ 850 (Del Castillo y Parlikad, 2024).

En Alemania, la transición hacia una economía más sostenible está profundamente integrada en las políticas industriales, incluyendo el sector del transporte; la importancia del

mantenimiento adecuado de camiones de carga es fundamental, dado que una gestión ineficiente puede resultar en un uso excesivo de recursos y un aumento de las emisiones. Las empresas alemanas están adoptando índices como el Composite Maintenance Sustainability Index (CMSI) para evaluar y mejorar sus prácticas de mantenimiento, este enfoque no solo busca cumplir con regulaciones ambientales, sino también posicionarse como líderes en sostenibilidad dentro de un mercado altamente competitivo (Syré y Göhlich, 2025).

En China, la rápida urbanización y el crecimiento del comercio han incrementado la demanda de camiones de carga, lo que a su vez ha generado preocupaciones sobre la sostenibilidad, la calidad del aire en las ciudades chinas se ha visto afectada por las emisiones de estos vehículos, y el gobierno ha implementado políticas que exigen a las empresas de transporte mejorar sus prácticas de mantenimiento; la adopción de estándares como el índice CMSI se está volviendo vital para garantizar que el mantenimiento no solo prolongue la vida útil de los camiones, sino que también contribuya a un entorno más limpio, este desafío resalta la necesidad de innovaciones tecnológicas y una gestión más consciente del impacto ambiental (Cheng et al., 2023).

En los últimos años, el flujo vehicular en el Perú ha mostrado una tendencia al alza, reflejando un tráfico más intenso que impacta directamente en los talleres de mantenimiento como Mecánica Diesel JOC E.I.R. Por ejemplo, en febrero de 2025, el tránsito total de vehículos (tanto livianos como pesados) aumentó un 3 % en comparación con el mismo mes del año anterior; el incremento fue del 3,1 % para vehículos livianos y 2,9 % para pesados (Asociación Automotriz del Perú, 2025). Este dinamismo vehicular sugiere una mayor necesidad de servicios de mantenimiento especializados, lo que genera presión sobre la capacidad operativa de talleres, especialmente en ciudades como Chiclayo.

En Perú, el sector del transporte, especialmente en flotas de carga pesada, enfrenta desafíos significativos en cuanto a la sostenibilidad. Las emisiones generadas por estos vehículos contribuyen de manera considerable a la contaminación del aire en áreas urbanas; por ejemplo, en Lima, un estudio reveló que la calidad del aire se deteriora debido a las emisiones de camiones, lo que afecta la salud pública y el medio ambiente (Sánchez-Ccoyllo et al., 2022). Implementar un SGM eficiente, como el que propone el índice CMSI, se vuelve esencial para reducir la huella ecológica de estas flotas y mejorar la calidad del aire.

La ineficiencia en el mantenimiento de las flotas de carga pesada es un problema que afecta a muchas empresas en Perú, resultando en costos operativos elevados y un menor rendimiento de los vehículos; en un estudio científico con flotas peruanas, la aplicación de

un modelo integrado redujo significativamente las entregas fuera de tiempo (de 4.78 % a 0.72 %), lo que refleja una mejora real en la eficiencia operativa (Quiroz-Flores et al., 2022); el uso del índice CMSI permitiría a las empresas evaluar y mejorar sus prácticas de mantenimiento, optimizando así el rendimiento de sus flotas y reduciendo costos.

A medida que las regulaciones ambientales se endurecen en Perú, las empresas de transporte de carga deben adaptarse para cumplir con esos estándares; la carencia de SGM dificulta la disponibilidad operativa y eleva los tiempos de inactividad, lo que pone en riesgo tanto el cumplimiento normativo como la competitividad; un estudio de caso en una PyME de transporte en Perú mostró que, tras implementar un modelo integrado, las horas de mantenimiento correctivo se redujeron en casi un 59 % y la disponibilidad vehicular mejoró a 92.24 %, resultados que demuestran cómo un SGM robusto puede ser clave para operar dentro de un marco regulatorio más exigente (Garay-Livia et al., 2025); en ese sentido, el índice CMSI no solo facilita la alineación con las regulaciones, sino que también proporciona un marco para implementar mejoras sostenibles en el mantenimiento de flotas de carga pesada, ayudando a las empresas a destacar en un entorno cada vez más competitivo.

A nivel sectorial, los costos de mantenimiento y reparación también han experimentado notables aumentos; en 2024, los gastos generales de mantenimiento crecieron un 11,3 % respecto a 2023 (Ulansky y Raza, 2024); esta tendencia está impulsada por la creciente complejidad de los vehículos modernos, que demandan refacciones más especializadas, labores diagnósticas precisas y mayor mano de obra técnica (Hamasha et al., 2023); para un taller como Mecánica Diesel JOC, sin una gestión eficaz, estos costos pueden erosionar sustancialmente sus márgenes operativos.

En el caso de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., la situación es particularmente preocupante, pues la empresa opera bajo un esquema de mantenimiento predominantemente correctivo, con limitada inversión en tecnologías de monitoreo predictivo y reducida capacitación del personal en prácticas sostenibles; según la revisión diagnóstica de órdenes de servicio, registros de atención y partes internos disponibles correspondientes al año 2024, se observó un predominio del mantenimiento correctivo frente al preventivo, así como presencia de retrabajos y tiempos de inactividad relevantes en las unidades atendidas; estos datos fueron utilizados únicamente como referencia diagnóstica del estado actual del sistema de gestión de mantenimiento y no como estimaciones generalizables.

Las causas de esta problemática son múltiples; una de las principales es la falta de capacitación continua del personal en técnicas de mantenimiento sostenible, lo que resulta en prácticas obsoletas y poco eficientes; además, la insuficiente inversión en tecnología moderna para el monitoreo y análisis del estado de los vehículos impide la implementación de estrategias proactivas de mantenimiento; esta situación se ve agravada por la presión constante para reducir costos, que a menudo lleva a priorizar el mantenimiento correctivo en lugar del preventivo, lo que a la larga genera más problemas y gastos (Škerlič et al., 2020).

Las consecuencias de esta problemática son múltiples, desde la perspectiva económica, la empresa enfrenta mayores costos de operación y pérdida de competitividad frente a talleres que aplican esquemas preventivos o predictivos; desde el ámbito ambiental, el mantenimiento ineficiente contribuye a incrementar las emisiones contaminantes, exponiendo a la empresa a sanciones y afectando su imagen frente a la comunidad; finalmente, desde el enfoque social, el personal enfrenta condiciones laborales poco optimizadas, con mayor riesgo de incidentes derivados de la falta de protocolos sostenibles y de seguridad (Akkartal y Aras, 2021).

Desde la perspectiva económica, la evaluación del sistema de gestión de mantenimiento mediante el índice CMSI resulta pertinente porque permite identificar brechas operativas asociadas a tiempos de inactividad, retrabajos, uso ineficiente de recursos y predominio del mantenimiento correctivo; en ese sentido, la aplicación del índice puede servir como base para formular escenarios referenciales de mejora y orientar la toma de decisiones en la empresa; sin embargo, cualquier estimación monetaria derivada de estos escenarios deberá interpretarse únicamente como proyección teórica y no como resultado empíricamente validado en el presente estudio.

Ante esta situación, se requiere evaluar el SGM mediante el índice CMSI que permita cuantificar la sostenibilidad del SGM de la empresa; el índice CMSI representa una herramienta clave para diagnosticar brechas, priorizar mejoras y alinear las operaciones con los principios de sostenibilidad: su aplicación permitió establecer una línea base cuantitativa del estado actual del taller, identificar áreas críticas y sustentar una propuesta de mejora; de este modo, el estudio aportará evidencia diagnóstica para orientar futuras decisiones orientadas al fortalecimiento operativo, ambiental y social de la empresa (Ulansky y Raza, 2024).

En función a lo detalla líneas arriba se planteó la pregunta: ¿Cuál es el nivel de sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., evaluado mediante el índice CMSI, en Chiclayo, 2025?

En la justificación técnica el análisis de la sostenibilidad del SGM mediante el CMSI es clave porque diagnostica brechas en eficacia operativa, impacto ambiental y seguridad, orientando mejoras en MTBF, MTTR, % de preventivo y tasa de retrabajo; el CMSI fue formalizado como enfoque multicriterio con integral difusa no aditiva para combinar indicadores y sustentar decisiones de mantenimiento sostenible (Jasiulewicz-Kaczmarek et al., 2021); los marcos data-driven priorizan equipos críticos y mejoran la asignación de recursos y la planificación de intervenciones (Gopalakrishnan et al., 2020); la integración de Lean con Industria 4.0 incrementa el tiempo operativo y reduce el consumo energético, alineando desempeño y sostenibilidad (Mendes et al., 2023); a su vez, la combinación de índices de sostenibilidad con análisis RAM cuantifica impactos ambientales y económicos para decidir dónde actuar primero (Barbieri y Hernández, 2024); finalmente, la migración de esquemas correctivos a predictivos reduce tiempos fuera de servicio y costos, reforzando la necesidad de gestionar con indicadores integrados como el CMSI (Molęda et al., 2023).

Desde la perspectiva económica, evaluar el SGM con el CMSI ofrece un marco cuantitativo para reducir costos, elevar la productividad y generar valor sostenible; la transición de correctivo a preventivo puede recortar costos hasta en 30% y aumentar la confiabilidad, evitando pérdidas por paradas no planificadas (Keller & Owen, 2025; Stenström et al., 2015); el CMSI traduce el desempeño a impactos económicos (costos de intervención, de fallo y pérdida de disponibilidad) y permite priorizar acciones con mejor relación costo-beneficio, en línea con marcos de optimización en Industria 4.0 que integran criterios de costo total y disponibilidad en funciones objetivo multicriterio (Pincioli et al., 2023); la adopción de mantenimiento predictivo reduce fallas no planificadas, downtime y OPEX, mejorando la utilización de activos (Molęda et al., 2023); integrar el enfoque de costo del ciclo de vida (LCC) al CMSI respalda decisiones de inversión comparando escenarios y justificando herramientas y stock crítico cuando reducen el costo total de propiedad (Albuja-Sánchez & Damián-Chalán, 2024); asimismo, combinar índices de sostenibilidad con análisis RAM posibilita simular alternativas y cuantificar sus efectos económicos y ambientales para asignar presupuesto donde se maximiza la disponibilidad y se minimizan los costos totales (Barbieri & Hernández, 2024).

Desde la dimensión social, evaluar el SGM con el CMSI permite medir cómo las decisiones de mantenimiento impactan en bienestar, seguridad y vínculo con el entorno; al fortalecer la planificación y la ejecución con enfoque de sostenibilidad, la digitalización y el monitoreo predictivo reducen la probabilidad de incidentes al anticipar fallas y establecer protocolos más seguros (Nioata et al., 2025); además, el CMSI favorece ambientes de trabajo más saludables y estables al disminuir el estrés por paradas imprevistas y optimizar turnos mediante modelos predictivos aplicados al recurso humano, reduciendo el ausentismo (Lumintu y Maududie, 2025); la incorporación de indicadores sociales alinea la gestión con Industria 5.0 (colaboración humano-máquina, centralidad del trabajador) impulsando reskilling e inclusión tecnológica (Islam et al., 2025); finalmente, la literatura sobre IA en mantenimiento subraya considerar equidad, seguridad y prosperidad comunitaria; aplicar el CMSI contribuye a la legitimidad social de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. ante la comunidad de Chiclayo (Nelson et al., 2023).

Desde la dimensión ambiental, aplicar el CMSI al SGM permite incorporar métricas de consumo de recursos, emisiones y residuos en la toma de decisiones, alineando la operación con objetivos de sostenibilidad; la combinación de índices de sostenibilidad con análisis RAM evalúa, a nivel de componentes y de sistema, los impactos ambientales junto con desempeño y costos, identifica prioridades y orienta la asignación eficiente de recursos (Barbieri & Hernández, 2024); con indicadores ecológicos y monitoreo predictivo, el mantenimiento deja de ser solo operativo para convertirse en una estrategia ambientalmente consciente que minimiza la huella, cumple estándares emergentes y refuerza la reputación de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.

Desde una perspectiva ingenieril, la presente investigación se justifica en la necesidad de evaluar y optimizar el desempeño del sistema de gestión de mantenimiento mediante indicadores técnicos como MTBF, MTTR, disponibilidad y OEE, los cuales reflejan el comportamiento operativo de los equipos y la eficiencia del sistema en condiciones reales. En este contexto, el índice CMSI actúa como una herramienta de análisis multicriterio que integra variables de confiabilidad, mantenibilidad y desempeño, fortaleciendo la toma de decisiones basada en datos. De esta manera, el estudio contribuye al desarrollo de la ingeniería de mantenimiento al proponer mejoras orientadas a incrementar la confiabilidad del sistema, reducir la ocurrencia de fallas y optimizar la gestión de activos bajo un enfoque de control y mejora continua.

En los estudios previos a nivel internacional, Jasiulewicz-Kaczmarek et al. (2021) señalaron que, durante las últimas décadas, diversos sectores productivos han experimentado transformaciones importantes impulsadas por el avance tecnológico, las nuevas exigencias del mercado y la creciente preocupación por el medio ambiente; en ese escenario, el mantenimiento dejó de concebirse únicamente como una función orientada a reducir costos o mejorar la eficiencia operativa, para asumir también un papel estratégico vinculado con el desempeño económico, social y ambiental de las organizaciones; a partir de ello, los autores propusieron un enfoque innovador para integrar los indicadores tradicionales del mantenimiento en un índice sintético denominado CMSI, el cual facilita la evaluación del nivel de sostenibilidad de los procesos de mantenimiento y apoya la toma de decisiones orientadas a la mejora del sistema de gestión de mantenimiento.

El modelo fue aplicado en una empresa mediana del sector plástico, con el propósito de evaluar la efectividad de las prácticas de mantenimiento en relación con los componentes económicos, sociales y ambientales del desarrollo sostenible; como resultado, el valor inicial del índice CMSI fue de 0.411, lo que evidenció que la organización se encontraba por debajo del punto medio esperado en términos de mantenimiento sostenible; posteriormente, durante un periodo de dos años y tras dos ciclos anuales de evaluación, la empresa priorizó acciones de mejora en la dimensión de procesos de mantenimiento, logrando incrementar progresivamente el índice hasta alcanzar un valor de 0.442; este resultado evidenció avances en la integración de prácticas de mantenimiento sostenible dentro de la organización..

Este antecedente se relaciona directamente con la presente investigación, porque sustenta conceptual y metodológicamente el uso del índice CMSI como herramienta para evaluar la sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento; su aporte principal consiste en demostrar que dicho índice permite diagnosticar brechas en criterios específicos del mantenimiento y orientar acciones de mejora con enfoque económico, social y ambiental.

Jasiulewicz-Kaczmarek y Antosz (2021) indicaron que, en los últimos años, las empresas han tenido que ajustar su enfoque en la producción y el consumo de bienes para alinearse con los principios del desarrollo sostenible; al modificar la forma en que fabrican sus productos, estas empresas buscan mejorar su eficiencia, reducir el uso de recursos, disminuir costos y minimizar su impacto ambiental: un aspecto clave en este proceso es la implementación de prácticas de mantenimiento adecuadas; el mantenimiento, como una función esencial dentro de la empresa, desempeña un papel fundamental para lograr la sostenibilidad; dado su impacto, este estudio presenta el concepto de evaluación de criterios

para el mantenimiento sostenible; el desarrollo de este método de evaluación implica considerar dos aspectos principales. Primero, se debe definir cómo se obtendrán los datos y qué método de evaluación se utilizará (por ejemplo, un índice, análisis descriptivo o evaluación puntual). En segundo lugar, es necesario establecer cómo se combinarán las evaluaciones parciales dentro de cada criterio. Para abordar este desafío, se utilizó la matriz de madurez. Los criterios del modelo BSC (Balanced Scorecard) para evaluar la sostenibilidad del mantenimiento pueden ser valorados a través de un modelo de madurez, lo que permite medir el nivel de madurez de cada perspectiva en la evaluación del mantenimiento según el BSC. El objetivo principal es identificar actividades de mejora en SGM para alcanzar mejores resultados en sostenibilidad. En otras palabras, se trata de evaluar cómo la organización entiende y aplica los desafíos de sostenibilidad en los procesos clave de mantenimiento, o cómo se ajusta a las mejores prácticas. El método de evaluación de criterios propuesto cumple dos funciones dentro de la empresa: una función cognitiva, proporcionando conocimiento útil para el aprendizaje organizacional, y una función utilitaria, permitiendo la creación de líneas de mejora que se adapten al contexto actual de la empresa, priorizando el equilibrio entre los beneficios económicos y los requisitos sociales y ambientales.

El aporte de este estudio a la presente investigación es principalmente metodológico, ya que respalda el uso de matrices de madurez para valorar criterios del mantenimiento sostenible y para identificar oportunidades de mejora dentro del sistema de gestión de mantenimiento.

Por otro lado, Rivero et al. (2022) indicó que las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han sido clave en el progreso social y económico de nuestra sociedad actual; La comunidad científica está discutiendo tanto los aspectos positivos como negativos de estas tecnologías, especialmente en lo relacionado con su impacto en el medio ambiente, y busca generar soluciones a través de sistemas de información y tecnologías sostenibles; esta investigación propone un método para evaluar el grado de sostenibilidad en la gestión de tecnologías y sistemas de información, aplicando Lógica Difusa Compensatoria dentro de una compañía; los resultados de este enfoque permitieron analizar el nivel de sostenibilidad en la gestión de tecnologías y sistemas de información, proporcionando una visión clara de cómo estas áreas contribuyen a los objetivos sostenibles dentro de una organización; al examinar estos resultados, se identificaron varios criterios que mostraron un rendimiento deficiente, incluyendo la implementación de tecnologías inteligentes, la

instalación de switches inteligentes, el aprovechamiento de tecnologías ecológicas, el uso de sistemas de enfriamiento libre y la gestión de estrategias de Tecnologías y Sistemas de Información Sostenibles.

Este antecedente aporta una referencia conceptual sobre evaluación de sostenibilidad mediante enfoques multicriterio; sin embargo, su relación con la presente investigación es indirecta, debido a que se orienta a la gestión de tecnologías y sistemas de información sostenibles, y no específicamente a la sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento; por ello, se considera un soporte complementario y no un antecedente central del estudio.

En el entorno nacional, García et al. (2020) analizó el SGM mediante el cálculo de indicadores de clase mundial; este análisis, realizado a través de una metodología específica, permitió rediseñar y optimizar el SGM de la organización, lo que facilitaría reducir la carga de trabajo en mantenimiento sin comprometer la disponibilidad de los equipos, manteniendo la confiabilidad en su operación; el diagrama de Causa y Efecto y la evaluación de los Indicadores de Clase Mundial aplicados tanto a la flota de vehículos como a la compañía durante el periodo que se analizó, reveló una baja disponibilidad técnica asociada a fallas, identificando estas áreas como las principales para mejorar el mantenimiento; el enfoque de mantenimiento establecido, como resultado de este estudio, reveló que es viable implementar como una herramienta eficaz el Mantenimiento Clase Mundial (MCM) para mejorar los procesos de mantenimiento técnico de los vehículos y, a su vez, optimizar la gestión global de la compañía.

Este estudio se relaciona con la presente investigación porque evidencia que el diagnóstico técnico del mantenimiento, apoyado en indicadores y herramientas de análisis causal, permite identificar fallas críticas del sistema y sustentar decisiones de mejora en la gestión de mantenimiento.

En su investigación, Huacha (2022) se propuso evaluar la sostenibilidad del SGM en la compañía CASME C&M S;R;L; mediante el uso del índice CMSI, bajo una metodología aplicada, utilizando una guía de observación como herramienta; los resultados revelaron que las principales causas del incumplimiento del SGM fueron equipos fuera de funcionamiento, la falta de control sobre las tareas de mantenimiento, la ausencia de seguimiento, y la no aplicación de los planes de mantenimiento; entre los aspectos críticos detectados fueron los Procesos de Mantenimiento (0.308) y la Perspectiva Financiera (0.25), lo que resultó en un índice CMSI de 0.314; para mejorar el SGM, se aplicó el ciclo de Deming y gracias a la

propuesta implementada, el valor del CMSI aumentó a 0.785, lo que representó un incremento del 47.1%; además, se observó una mejora en diversas áreas: la satisfacción de los stakeholders del mantenimiento mejoró en un 38.50%, la perspectiva financiera creció un 58.60%, los procesos de mantenimiento aumentaron un 45.50%, e innovación y desarrollo creció un 44.70%; por lo que el autor concluyó que, en su estudio, la implementación de la propuesta permitió incrementar el nivel de sostenibilidad del SGM en CASME C&M S.R.L.

Este antecedente guarda una relación directa con la presente investigación, debido a que emplea el índice CMSI para evaluar la sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento y estructura una propuesta de mejora con base en el ciclo de Deming; su aporte principal consiste en demostrar la utilidad práctica del CMSI para diagnosticar brechas, priorizar criterios críticos y orientar acciones de fortalecimiento del SGM.

En concordancia con el alcance descriptivo y el diseño no experimental de corte transversal, la investigación no formula hipótesis causal o de contrastación, debido a que no manipula variables ni evalúa efectos de una intervención, sino que se orienta a diagnosticar el nivel de sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento y a formular una propuesta de mejora a partir de los hallazgos obtenidos.

Asimismo, se tuvo como objetivo general: Determinar el nivel de sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. mediante la aplicación del índice CMSI, 2025. En ese sentido los objetivos específicos fueron: 1) Diagnosticar el estado actual del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., aplicando el índice CMSI; 2) evaluar los aspectos críticos que limitan la sostenibilidad del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.; y 3) proponer un plan de mejora, basado en los resultados del índice CMSI y estructurado según el ciclo de Deming, para fortalecer la sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.

Desde el enfoque de la línea de investigación en automatización y control, la gestión del mantenimiento se vincula directamente con el monitoreo, supervisión y control de variables operativas de los sistemas, permitiendo optimizar su desempeño y reducir la ocurrencia de fallas. En este contexto, el mantenimiento moderno incorpora herramientas de control y automatización, tales como sensores, sistemas de monitoreo en tiempo real y tecnologías de la Industria 4.0, las cuales permiten gestionar el estado de los equipos de manera continua y basada en datos (Carvalho et al., 2021).

De igual forma, el uso de sistemas ciberfísicos y análisis de datos en mantenimiento contribuyen a mejorar la confiabilidad del sistema mediante el control de variables críticas

y la anticipación de fallas, lo cual constituye un enfoque propio de la automatización industrial (Lee et al., 2015).

Bajo este enfoque, la presente investigación se alinea con la línea de automatización y control al abordar el mantenimiento desde una perspectiva técnica, orientada al análisis de variables operativas, la mejora de la confiabilidad del sistema y la optimización del desempeño mediante indicadores como MTBF, MTTR y disponibilidad.

En este marco, el sistema de gestión de mantenimiento puede interpretarse como un sistema de control aplicado a procesos operativos, en el cual los indicadores de desempeño como MTBF, MTTR, disponibilidad y OEE funcionan como variables de estado que permiten evaluar el comportamiento del sistema en condiciones reales de operación. El índice CMSI, en ese sentido, no solo actúa como una herramienta de evaluación, sino como un mecanismo de control multicriterio que integra información cuantitativa para la retroalimentación del sistema y la toma de decisiones técnicas orientadas a su optimización. De esta manera, el mantenimiento trasciende su función tradicional de gestión para convertirse en un proceso sistemático de control y mejora continua, alineado con los principios de la automatización industrial, el análisis de datos y la ingeniería de confiabilidad en entornos productivos.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del área de estudio

2.1.1. Ubicación geográfica

Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. es una empresa peruana de naturaleza unipersonal cuyo objeto social principal se adscribe al rubro de mantenimiento y reparación de vehículos automotores, con énfasis en tecnologías diésel; opera en la ciudad de Chiclayo, y cuenta con un establecimiento en la Carretera Panamericana Norte, Villa Panamericana, km 774, que funciona como taller y punto de atención a clientes; desde el 04/01/2021, la dirección administrativa recae en su Titular-Gerente, José Luis Olano Castro; en el marco de su giro, brinda servicios de mantenimiento preventivo y correctivo propios del sector automotriz diésel, que incluyen intervenciones en motor y sistemas de inyección, frenos, transmisión y electricidad automotriz, así como rutinas de lubricación, calibraciones y alistamiento para inspecciones técnicas cuando corresponde.

El establecimiento constituye la unidad espacial donde se desarrolla la investigación y en la cual se evaluaron los procesos del sistema de gestión de mantenimiento.

2.2. Materiales

Datos del índice CMSI

Para efectos metodológicos, el índice CMSI se emplea como instrumento de medición del nivel de sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento.

El CMSI es un modelo diseñado para valorar qué tan sostenible es un SGM en una organización; su lógica parte de que el mantenimiento no debe limitarse a reparar fallas, sino que también tiene que ser eficiente en costos, seguro para las personas, responsable con el ambiente y capaz de adaptarse a los cambios tecnológicos (Jasiulewicz-Kaczmarek et al., 2021); el CMSI se aplica a procesos organizacionales (p. ej., Abastecimiento, Producción/Operaciones, Mantenimiento, Logística/Transporte, Comercial, Finanzas, Talento Humano, TI), no aplica para tipo de maquinaria o vehículo, porque no evalúa atributos técnicos de equipos, sino prácticas de gestión y niveles de madurez del proceso; este índice reúne diferentes indicadores en un marco integral, organizados en cuatro grandes perspectivas, muy parecidas a las de un Balanced Scorecard pero enfocadas al mantenimiento:

- **Perspectiva financiera:** analiza el impacto económico de las actividades de mantenimiento, considerando aspectos como los costos de fallas no planificadas, el uso de repuestos, las pérdidas por inactividad de equipos y la eficiencia en la asignación de recursos (Jasiulewicz-Kaczmarek et al., 2021).
- **Perspectiva de las partes interesadas:** incorpora la satisfacción de quienes se relacionan con el mantenimiento, ya sean clientes internos (como el área de producción), externos (usuarios del servicio), o incluso la comunidad; también incluye la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores, así como el cumplimiento de normas técnicas y legales (Jasiulewicz-Kaczmarek et al., 2021).
- **Perspectiva de los procesos de mantenimiento:** se centra en la operación técnica diaria, evaluando cómo se distribuyen las estrategias de mantenimiento (correctivo, preventivo o predictivo) y midiendo indicadores como la confiabilidad (MTBF), la mantenibilidad (MTTR), la tasa de retrabajos y la disponibilidad de los equipos (Jasiulewicz-Kaczmarek et al., 2021).
- **Perspectiva de innovación y desarrollo:** observa la capacidad de la organización para mejorar y modernizar su mantenimiento, incluyendo la capacitación de su personal, la adopción de tecnologías como sensores o monitoreo predictivo, la implementación de metodologías Lean e Industria 4.0, y la ejecución de proyectos orientados a la mejora continua y la reducción del impacto ambiental (Jasiulewicz-Kaczmarek et al., 2021).

El resultado final del CMSI es un valor numérico entre 0 y 1: mientras más se acerque a 1, más sostenible es el sistema de mantenimiento: valores bajos (0 a 0.25) reflejan deficiencias importantes, un nivel medio (0.25 a 0.75) muestra avances parciales, y un nivel alto (0.75 a 1.0) indica un sistema consolidado en sostenibilidad (Jasiulewicz-Kaczmarek et al., 2021).

El CMSI es una herramienta estándar utilizada para evaluar la sostenibilidad en los SGM. En este estudio, se utilizaron los datos específicos obtenidos a través de este índice para medir el desempeño del SGM en términos de sostenibilidad; el CMSI permite realizar una comparación estructurada entre diferentes aspectos del SGM, desde la eficiencia operativa hasta los impactos ambientales y sociales.

Este índice, que es reconocido por su metodología estandarizada, facilitó un análisis más claro y objetivo al proporcionar una puntuación cuantitativa que refleja la sostenibilidad

de cada componente del SGM; al evaluar estos datos, se pueden identificar áreas de mejora específicas que tal vez no serían evidentes mediante observaciones cualitativas o simplemente a través de entrevistas; el CMSI actúa como un marco que ayuda a medir el impacto de las prácticas de mantenimiento en términos de sostenibilidad a largo plazo, lo cual es crucial para formular recomendaciones informadas y respaldadas por datos sólidos. Para complementar el análisis del sistema de gestión de mantenimiento desde un enfoque ingenieril, se consideran indicadores propios de la ingeniería de confiabilidad, tales como el MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time To Repair) y la disponibilidad operativa, los cuales permiten evaluar el desempeño real de los equipos en términos de fallas y tiempos de intervención. En este contexto, estudios recientes destacan que la correcta gestión de estos indicadores permite optimizar la confiabilidad y reducir tiempos de inactividad en sistemas industriales (Zonta et al., 2020).

Asimismo, el enfoque RAM (Reliability, Availability and Maintainability) permite analizar de manera integral el comportamiento del sistema de mantenimiento, facilitando la toma de decisiones orientadas a la mejora del desempeño operativo (Jasiulewicz-Kaczmarek et al., 2021).

De igual manera, la incorporación de tecnologías asociadas a la Industria 4.0, como el mantenimiento predictivo basado en datos, permite anticipar fallas y mejorar la eficiencia del sistema, reduciendo costos y aumentando la disponibilidad de los equipos (Carvalho et al., 2021).

En ese sentido, aunque el índice CMSI constituye la herramienta principal de evaluación en la presente investigación, la integración de estos enfoques técnicos permite fortalecer el análisis desde la ingeniería de mantenimiento y confiabilidad.

El índice CMSI fue seleccionado para la presente investigación debido a su enfoque integral, ya que permite evaluar la sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento considerando dimensiones económicas, operativas y sociales, a diferencia de otros modelos que se centran únicamente en indicadores técnicos; en ese sentido, su aplicación resulta pertinente para el diagnóstico del sistema en estudio, al proporcionar una visión estructurada y multidimensional del desempeño del mantenimiento.

Herramientas de análisis

El análisis de los datos recopilados no solo dependió de la observación directa y la interpretación subjetiva, sino que también se complementó con el uso de herramientas

avanzadas de análisis estadístico y software especializado; estas herramientas permitieron procesar grandes cantidades de información de forma más eficaz, facilitando la identificación de patrones y tendencias que podrían no haber sido visibles de otra manera.

El procesamiento de datos se realizó principalmente mediante estadística descriptiva, utilizando software especializado para garantizar la consistencia y trazabilidad de los resultados.

Por ejemplo, el uso de software estadístico permitió analizar la variabilidad en los datos del CMSI asegurando la toma de decisiones basada en una evaluación precisa, respaldada por datos confiables y métodos científicos, lo que fortalece la validez de los resultados del estudio.

Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica es otro pilar importante en este estudio, ya que proporciona un marco teórico sólido que ayuda a contextualizar los hallazgos obtenidos; a través de esta revisión, se exploraron estudios previos sobre la sostenibilidad en la gestión de mantenimiento, así como teorías y modelos que podrían aplicarse; la literatura relevante permitió al equipo de investigación comparar sus resultados con investigaciones previas, lo que no solo aumentó la credibilidad de sus conclusiones, sino que también ayudó a identificar enfoques y mejores prácticas que podrían adaptarse al contexto específico de la empresa; además, al entender los desarrollos más recientes en el campo de la sostenibilidad del mantenimiento, la revisión bibliográfica proporcionó una base para la interpretación de los datos y para la formulación de recomendaciones que estén alineadas con las tendencias actuales en la industria.

Software para obtención de datos.

En el desarrollo de la presente investigación se emplearon diversos softwares orientados a la recolección, procesamiento y análisis de datos, así como al soporte bibliográfico. Estos recursos permitieron garantizar una adecuada gestión de la información obtenida mediante la aplicación del índice CMSI, facilitando su sistematización, análisis e interpretación. En la Tabla 1 se detallan los softwares utilizados y su finalidad dentro del estudio.

Tabla 1

Softwares a usar

Ítem	Recurso	Finalidad en la investigación	Condición de uso
1	Google Forms + Google Sheets	Aplicación del CMSI en oficina; respaldo automático y exportación	Obtención de datos
4	IBM SPSS Statistics v26	Limpieza y análisis descriptivo del CMSI; tablas y gráficos	Análisis de datos
5	Microsoft Excel 365	Tabulación, control de base y gráficos complementarios	Análisis y soporte
6	Zotero	Gestión de referencias y fichas bibliográficas	Soporte bibliográfico

Como se observa en la Tabla 1, los softwares utilizados cumplen funciones complementarias dentro del proceso investigativo, abarcando desde la recolección de datos hasta su análisis y organización. El uso de herramientas digitales como Google Forms permitió una captura eficiente de la información, mientras que SPSS y Excel facilitaron su procesamiento y análisis estadístico. Por su parte, Zotero contribuyó a la adecuada gestión de las fuentes bibliográficas, fortaleciendo el sustento teórico del estudio.

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

Es el total de elementos, personas, instituciones, objetos o procesos que poseen características comunes y sobre los cuales se desea realizar una investigación; representa el universo al que se pretende generalizar los resultados (Arias & Covinos, 2021); según Hernández-Sampieri et al. (2014), “la población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p. 174); en ese sentido, la población estuvo conformada por los procesos organizacionales vinculados al sistema de gestión de mantenimiento de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., evaluados mediante el índice CMSI.

2.3.2. Muestra

La muestra es un subconjunto representativo de la población, seleccionado mediante criterios estadísticos o no estadísticos, con el fin de obtener información que permita inferir conclusiones sobre la población total; de acuerdo con Otzen y Manterola (2017), “la muestra

corresponde a un subconjunto de la población que, al ser estudiado, permite extrapolar sus resultados al universo de referencia” (p. 228); la muestra estuvo conformada por los procesos organizacionales del sistema de gestión de mantenimiento seleccionados para la aplicación del índice CMSI; en ese sentido, la unidad de análisis fue el proceso organizacional.

Debido a la naturaleza del estudio, la muestra coincide con la población, por lo que se trabajó con un enfoque censal de los procesos organizacionales.

2.3.3. Muestreo

El muestreo es el proceso o técnica de selección de los elementos que conformarán la muestra, con el objetivo de asegurar que representen adecuadamente a la población; puede ser probabilístico (todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser elegidos) o no probabilístico (la selección depende de criterios del investigador); para Martínez (2012), “el muestreo es el procedimiento mediante el cual se selecciona un grupo de individuos u objetos de la población, de modo que sea posible generalizar los resultados obtenidos” (p. 93); se empleó un muestreo no probabilístico intencional o por criterio, seleccionando los procesos organizacionales más relevantes para la evaluación de la sostenibilidad del SGM mediante el índice CMSI; en ese sentido, los registros, documentos, observaciones directas y la información proporcionada por el personal fueron considerados fuentes de información de apoyo para valorar cada proceso, mas no unidades de análisis independientes.

2.4. Método

Tipo de investigación

Este estudio se clasifica como una investigación aplicada, ya que se centra en resolver un problema práctico específico, en este caso, la evaluación de la sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. utilizando el índice CMSI.

2.4.1. Diseño

La presente investigación es de diseño no experimental, porque no se manipula deliberadamente la variable de estudio ni se interviene sobre las condiciones del SGM; únicamente se observa, registra y analiza su comportamiento en el contexto real de la empresa; asimismo, es de corte transversal, ya que la recolección de información se realizó en un solo momento temporal, con la finalidad de determinar el nivel de sostenibilidad del

SGM mediante la aplicación del índice CMSI, sin establecer relaciones de causalidad entre variables.

De igual manera, el estudio presenta un alcance descriptivo–diagnóstico y propositivo; es descriptivo–diagnóstico porque caracteriza la situación actual del sistema de gestión de mantenimiento a partir de los resultados obtenidos con el índice CMSI; y es propositivo porque, sobre la base de las brechas identificadas, se formula un plan de mejora estructurado con enfoque del ciclo de Deming, dicha propuesta no fue implementada ni sometida a validación experimental, por lo que sus acciones se presentan como lineamientos de mejora para una posible aplicación posterior.

Pasos a realizar para la ejecución del proyecto

1. Diagnosticar el estado actual del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., aplicando el índice CMSI.

Para evaluar el estado actual del SGM, se comenzó por recopilar toda la documentación relevante de la empresa, incluyendo manuales y registros de mantenimiento; luego, se aplicó el índice CMSI, que proporciona un marco estructurado para medir la sostenibilidad del SGM; esto implicó reunir datos cuantitativos y cualitativos a través de encuestas y entrevistas con el personal involucrado en el mantenimiento; finalmente, se analizaron estos datos para determinar en qué medida el SGM cumple con los estándares de sostenibilidad establecidos por el índice, lo que permitió tener una visión clara y detallada de su estado actual.

2. Evaluar los aspectos críticos que limitan la sostenibilidad del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.

La identificación de los aspectos críticos que afectan la sostenibilidad del SGM se llevó a cabo mediante un análisis exhaustivo de los datos recopilados en la evaluación inicial. Se realizó un examen de los resultados del índice CMSI y se buscaron patrones o áreas que presentaban debilidades o deficiencias; además, se realizaron sesiones de lluvia de ideas con el equipo de mantenimiento y otros stakeholders para discutir los desafíos que enfrentan en su trabajo diario; esta combinación de análisis de datos y aportes cualitativos permitió

identificar los factores más relevantes que impactan negativamente en la sostenibilidad del SGM.

3. Proponer un plan de mejora, basado en los resultados del índice CMSI y estructurado según el ciclo de Deming, para fortalecer la sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.

Para optimizar los aspectos críticos identificados, se desarrolló un plan de acción que abordó cada uno de los problemas detectados. Este plan incluyó la definición de objetivos específicos y de mejoras en procesos, capacitación del personal y ajustes en las prácticas de mantenimiento.

2.4.2. Alcance de la investigación

Alcance temporal

El alcance temporal del estudio se refiere al lapso de tiempo durante el cual se desarrolla el estudio y en el cual se recopilan los datos para evaluar la sostenibilidad del SGM; en este caso, el análisis se realizó durante un tiempo específico, que abarca desde el momento en que se iniciaron las actividades de recolección de datos; este enfoque temporal asegura que los resultados sean relevantes y estén alineados con el contexto actual de la empresa.

Al delimitar el alcance temporal, se busca concentrarse en un período reciente para garantizar que los datos recopilados sean lo más representativos posible de la situación presente de la empresa; además, al hacerlo, se facilita la evaluación de la evolución del SGM y la identificación de posibles áreas de mejora que puedan implementarse a corto y mediano plazo, sin extenderse a un período demasiado largo que pudiera diluir la relevancia de los resultados.

La investigación se delimitó temporalmente al periodo comprendido entre enero y diciembre de 2024 para la revisión de órdenes de servicio, registros de atención, partes internos y demás documentos operativos utilizados como base diagnóstica del sistema de gestión de mantenimiento; asimismo, la aplicación de la guía de observación adaptada del CMSI y el procesamiento de la información se realizaron durante el año 2025, en un único corte transversal; en consecuencia, los resultados describen la situación del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. a partir de evidencias documentales del año 2024 y de la

evaluación efectuada en 2025, sin considerar series históricas anteriores ni seguimiento posterior.

Alcance espacial

El alcance espacial consiste en la ubicación geográfica en la que se llevó a cabo el estudio y, en este caso, está centrado en las operaciones de mantenimiento de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.; este alcance espacial es importante porque permite que el estudio se enfoque exclusivamente en los procesos y operaciones que tienen lugar en un contexto local y específico; el hecho de que el estudio esté limitado a una sola ubicación geográfica también garantiza que las conclusiones y recomendaciones sean pertinentes y aplicables directamente a la realidad de la empresa, sin generalizar a otros contextos o regiones; de esta forma, el alcance espacial contribuye a asegurar que la investigación sea específica y contextualizada, atendiendo a las necesidades y desafíos particulares que enfrenta la empresa en ese entorno.

El estudio se desarrolló exclusivamente en la sede operativa de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., ubicada en la Carretera Panamericana Norte, Villa Panamericana, km 774, en la ciudad de Chiclayo; la delimitación espacial comprende únicamente el taller y las actividades vinculadas al sistema de gestión de mantenimiento desarrolladas en dicha sede; no se incluyeron otras empresas del rubro, sucursales adicionales, talleres tercerizados ni unidades operativas externas, por lo que los hallazgos corresponden únicamente al contexto organizacional de esta empresa.

Alcance normativo

El alcance normativo hace referencia a las regulaciones que rigen las prácticas de mantenimiento y sostenibilidad en las empresas; este estudio tiene en cuenta las normativas nacionales e internacionales aplicables al sector de mantenimiento y gestión empresarial, incluyendo aquellas relacionadas con la seguridad en el trabajo, la calidad, el medio ambiente, la eficiencia operativa.; el alcance normativo es crucial porque asegura que el análisis se alinee con las leyes y estándares requeridos por las autoridades locales y organismos internacionales; esto no solo garantiza que la empresa cumpla con sus obligaciones legales, sino que también establece un marco de referencia para evaluar si las prácticas de mantenimiento están dentro de los parámetros exigidos por las normativas vigentes; de esta manera, el alcance normativo permite que el estudio no solo examine el desempeño de la compañía en términos de sostenibilidad, sino que también asegure que las

políticas implementadas sean legalmente correctas y estén alineadas con las mejores prácticas del sector.

La investigación se enmarcó en la revisión referencial de disposiciones y lineamientos vinculados a la gestión de mantenimiento, seguridad y salud en el trabajo y sostenibilidad aplicables al contexto empresarial del taller; en particular, se consideraron como marco de referencia la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, y sus disposiciones complementarias; además, se tomaron como referencia técnica los criterios del índice CMSI propuestos por Jasiulewicz-Kaczmarek et al. (2021) para la valoración de la sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento; no constituyó objeto del estudio efectuar una auditoría legal de cumplimiento normativo ni certificar a la empresa en normas ISO u otros estándares formales.

Alcance técnico

El alcance técnico del estudio se refiere a los aspectos específicos relacionados con las operaciones y procesos técnicos que involucran el mantenimiento de los vehículos de carga pesada de la empresa; este aspecto se enfoca en las metodologías, herramientas, tecnologías y procedimientos utilizados en las actividades de mantenimiento y en cómo estos contribuyen a la sostenibilidad del sistema; dentro del alcance técnico, se consideran todos los detalles operacionales, como la planificación del mantenimiento preventivo, la gestión de repuestos, el monitoreo de las condiciones de los equipos, y las prácticas empleadas para optimizar la vida útil de los recursos; este enfoque es fundamental, ya que proporciona una visión detallada de cómo las prácticas de mantenimiento se llevan a cabo a nivel práctico y operativo; además, permite identificar si las tecnologías utilizadas son eficientes, si los recursos están bien gestionados y si los procesos de mantenimiento están alineados con las mejores prácticas tecnológicas y las metas de sostenibilidad.

El alcance técnico de la investigación comprendió la evaluación del sistema de gestión de mantenimiento de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. desde la perspectiva de sus procesos organizacionales vinculados al mantenimiento; se incluyeron específicamente la planificación y programación del mantenimiento, el registro y control de intervenciones, la detección de fallas, la disponibilidad de herramientas, la gestión de repuestos y consumibles, la ejecución de actividades preventivas y correctivas, las condiciones de la infraestructura de mantenimiento y las competencias del personal técnico; no se incluyó el rediseño mecánico de vehículos, el análisis de desempeño de una marca específica de unidad, ensayos

de laboratorio, mediciones instrumentales avanzadas ni validaciones experimentales de tecnologías predictivas.

Alcance metodológico

El alcance metodológico se refiere al enfoque y las técnicas empleadas para realizar el estudio, desde la recopilación de datos hasta el análisis de los resultados; el alcance metodológico es esencial porque define los procedimientos y técnicas utilizadas para asegurar que los datos sean confiables, válidos y útiles; al emplear un enfoque cuantitativo basado en indicadores, se obtuvo una comprensión integral del SGM a partir de datos numéricos que reflejan su desempeño; esta metodología también permitió identificar áreas específicas de mejora y formular recomendaciones basadas en una evaluación exhaustiva; de esta manera, el alcance metodológico asegura que los hallazgos del estudio sean robustos, bien fundamentados y aplicables en la práctica.

Metodológicamente, la investigación se delimitó como un estudio aplicado, de diseño no experimental, corte transversal y alcance descriptivo–diagnóstico con componente propositivo; la recolección de información se realizó mediante observación directa y revisión documental, utilizando como instrumento una guía de observación adaptada del índice CMSI, estructurada en 4 perspectivas, 14 criterios y 83 ítems; la unidad de análisis estuvo constituida por los procesos organizacionales vinculados al sistema de gestión de mantenimiento de la empresa; el estudio no contempló manipulación de variables, experimentación, pruebas de hipótesis causales ni implementación y validación experimental del plan de mejora propuesto.

2.4.3. Técnicas

Técnicas de recolección de datos

La variable de estudio de la presente investigación corresponde a la sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.; su operacionalización se realizó mediante el índice CMSI, considerando como dimensiones las cuatro perspectivas del modelo, como indicadores los catorce criterios de evaluación y como unidades de medición los 83 ítems del instrumento.

En la presente investigación no se considera al índice CMSI como variable independiente, debido a que no constituye una causa ni un tratamiento aplicado al sistema

de gestión de mantenimiento; el CMSI se asume como un instrumento o método de medición multicriterio que permite evaluar el nivel de sostenibilidad del SGM a partir de cuatro perspectivas, catorce criterios y ochenta y tres ítems; en consecuencia, la variable sustantiva del estudio es la sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento, mientras que el CMSI cumple la función de herramienta para su valoración cuantitativa.

Para la recolección de datos se emplearon como técnicas la observación directa y la revisión documental de los procesos organizacionales vinculados al SGM; como instrumento se utilizó una guía de observación adaptada del CMSI, integrada por 4 perspectivas, 14 criterios y 83 ítems, la cual permitió valorar cuantitativamente el nivel de sostenibilidad del sistema.

En complemento a lo anterior, el instrumento utilizado para la recolección de datos fue una guía de observación adaptada del CMSI, integrada por 4 perspectivas, 14 criterios y 83 ítems; la medición de cada ítem se realizó mediante una matriz de madurez codificada de 0 a 4, donde 0 representa el nivel más bajo de madurez y 4 el nivel más alto; posteriormente, los puntajes de los ítems se agruparon por criterio y se normalizaron en una escala de 0 a 1, lo que permitió cuantificar el nivel de sostenibilidad del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.

En relación con la validez del instrumento, la guía de observación utilizada fue elaborada a partir de la estructura original del índice CMSI, conservando sus perspectivas, criterios e indicadores como base para la evaluación del sistema de gestión de mantenimiento; debido a que se trabajó con un instrumento adaptado a la realidad operativa de la empresa, su contenido fue revisado mediante criterio técnico y juicio de expertos, a fin de verificar la correspondencia entre los ítems, los objetivos del estudio y las características del contexto analizado; esta revisión permitió asegurar que los aspectos evaluados mantuvieran coherencia con el constructo de sostenibilidad del mantenimiento y con la finalidad de la investigación, en este sentido, el instrumento presenta validez de contenido, al estar fundamentado en la estructura teórica del índice CMSI y ser coherente con los objetivos de la investigación.

Asimismo, la aplicación del instrumento se realizó siguiendo criterios uniformes de observación, revisión documental y contraste de evidencias, lo que permitió reducir apreciaciones subjetivas al momento de asignar los puntajes; para ello, cada ítem fue valorado considerando la información disponible en documentos de gestión, registros,

evidencia operativa y observación directa del proceso, procurando que la calificación no dependiera de una sola fuente, sino de la convergencia de varios elementos de verificación; en ese sentido, el criterio de consenso se sustentó en la correspondencia entre la evidencia encontrada y el nivel de cumplimiento observado en cada aspecto evaluado.

Respecto a la confiabilidad, se garantizó mediante la aplicación estandarizada de la guía, manteniendo los mismos criterios de revisión y la misma lógica de valoración para todos los procesos analizados; si bien no se desarrolló una prueba piloto independiente, la adaptación del instrumento se efectuó respetando la estructura metodológica del CMSI y adecuando su contenido al entorno específico de la compañía, lo cual permitió una aplicación técnica, ordenada y consistente con los propósitos de esta investigación, lo cual garantiza la consistencia interna del proceso de medición y la estabilidad en la aplicación del instrumento.

Herramientas de medición y análisis

- **Índice CMSI:** fue la herramienta principal para conocer el nivel de sostenibilidad del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L; el CMSI proporcionó un marco multicriterio que integra indicadores económicos, sociales, ambientales y técnicos, generando un puntaje que permitió diagnosticar el estado actual y proponer mejoras
- **Software ofimático (Excel):** se empleó en la tabulación inicial de datos y en cálculos complementarios para sustentar los resultados.

Técnicas de análisis

- **Análisis estadístico descriptivo:** permitió identificar las tendencias de los indicadores obtenidos con el CMSI y describir de manera cuantitativa el estado del SGM.
- **Análisis comparativo:** se contrastaron los resultados del CMSI con estudios previos de sostenibilidad en gestión de mantenimiento, tanto nacionales como internacionales.

Fuentes de información para el diagnóstico

La información utilizada para valorar el estado actual del sistema de gestión de mantenimiento provino de cuatro fuentes: a) revisión documental de órdenes de servicio, reportes de mantenimiento, registros internos y partes de trabajo de la empresa; b) observación directa de los procesos operativos del taller; c) revisión de formatos y evidencias

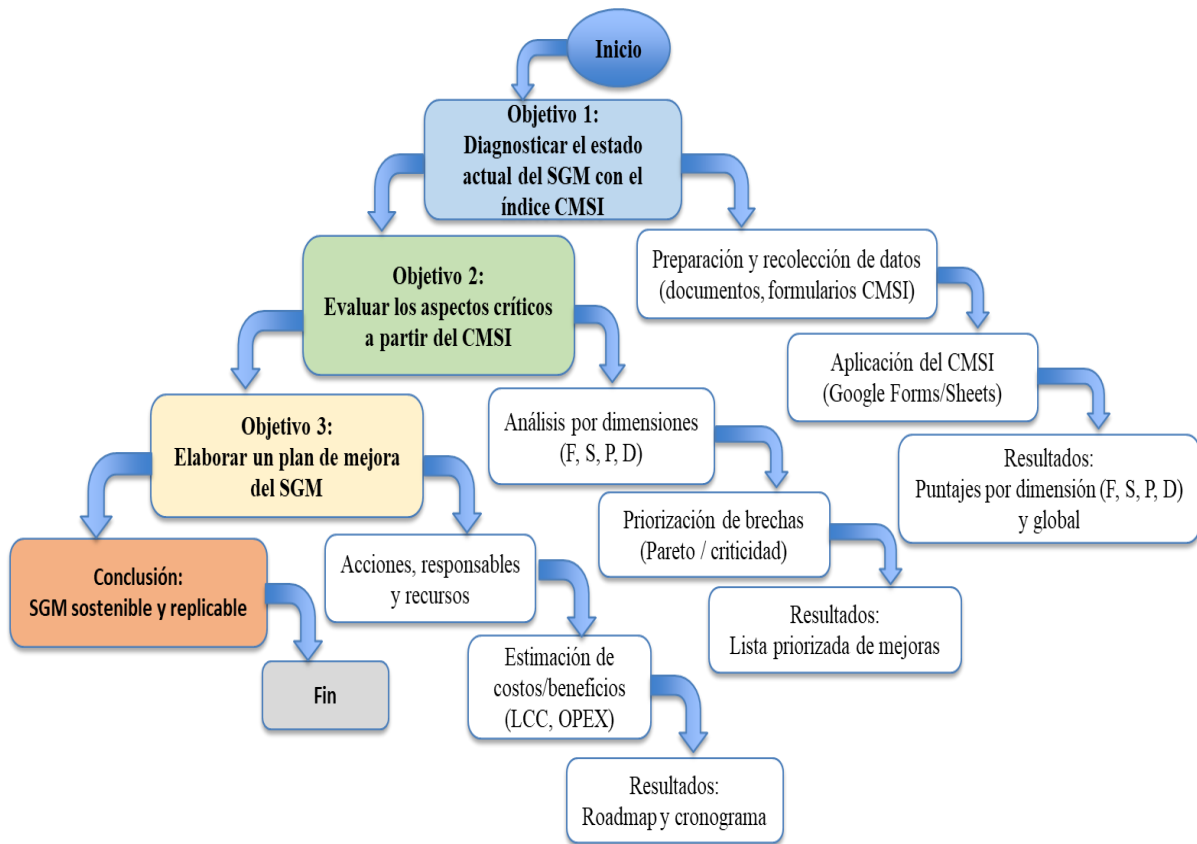
disponibles sobre intervenciones preventivas y correctivas; y d) apreciaciones del personal técnico obtenidas durante el proceso de observación; los datos derivados de registros internos fueron empleados únicamente con fines diagnósticos del caso de estudio, mientras que las proyecciones económicas planteadas en la investigación fueron tratadas como escenarios referenciales y no como resultados empíricamente validados.

Procedimiento de obtención de indicadores internos

Para describir el predominio del mantenimiento correctivo y preventivo, así como los retrabajos y tiempos de inactividad, se revisaron los registros disponibles del periodo 2024; la clasificación de las atenciones se realizó según el tipo de intervención consignada en las órdenes de servicio, mientras que el tiempo de inactividad se estimó a partir del intervalo entre ingreso del vehículo y culminación de la atención registrada; cuando no existió evidencia documental suficiente, la información fue considerada únicamente como referencia cualitativa y no como dato verificable para fines analíticos.

Con la finalidad de sistematizar el proceso metodológico de la investigación, se elaboró un flujograma que describe las etapas seguidas para la evaluación del sistema de gestión de mantenimiento mediante el índice CMSI. Este esquema permite visualizar de manera secuencial las actividades desarrolladas, desde la recolección de datos hasta la formulación del plan de mejora. En la Figura 1 se presenta el flujograma del procedimiento aplicado.

Figura 1
Flujograma



Como se observa en la Figura 1, el proceso metodológico inicia con el diagnóstico del estado actual del sistema de gestión de mantenimiento mediante la aplicación del índice CMSI, seguido de la recolección y análisis de datos a través de sus dimensiones y criterios. Posteriormente, se realiza la identificación de brechas y la priorización de aspectos críticos mediante herramientas como el análisis de Pareto, lo que permite formular un plan de mejora orientado a la optimización del sistema. Finalmente, el proceso concluye con la propuesta de acciones, estimación de costos y elaboración de un roadmap, asegurando un enfoque estructurado para la mejora continua del mantenimiento.

Tratamiento estadístico de los datos

Los datos se obtuvieron mediante una guía de observación adaptada del CMSI, compuesta por 4 perspectivas, 14 criterios y 83 ítems; cada ítem se codificó en una escala de 0 a 4 y posteriormente los puntajes se normalizaron en una escala de 0 a 1 para calcular el valor de cada criterio, perspectiva y del CMSI global; el tratamiento estadístico se realizó mediante estadística descriptiva; se calcularon frecuencias, promedios simples y valores

normalizados; no se aplicaron pruebas de hipótesis ni contrastes inferenciales, debido a que el estudio corresponde a un diseño no experimental, transversal y de alcance descriptivo–diagnóstico. Los resultados se presentan mediante tablas y gráficos para facilitar su interpretación.

III. RESULTADOS

3.1. Diagnosticar el estado actual del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., aplicando el índice CMSI

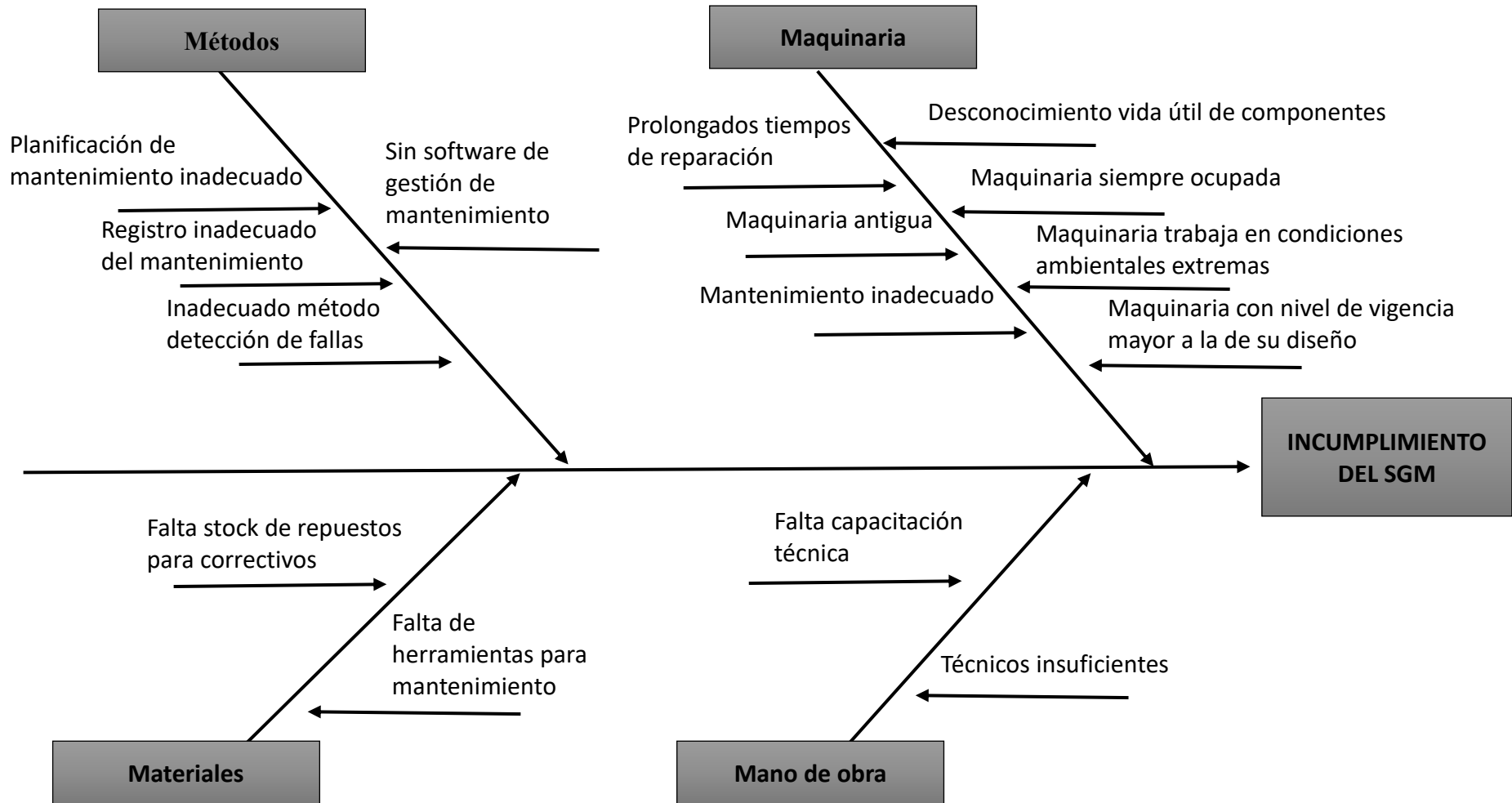
A partir del análisis realizado de los procesos de mantenimiento, se identificaron diversas causas que inciden negativamente en el cumplimiento del SGM; estas causas, relacionadas con distintos aspectos de los procesos y recursos involucrados, evidencia áreas críticas que requieren intervención para garantizar un funcionamiento más eficiente y sostenible del sistema; en ese sentido, el diagnóstico permitió establecer una base técnica para la identificación de brechas y oportunidades de mejora en el SGM.

3.1.1. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa se utilizó como herramienta para identificar y organizar de manera estructurada las causas que afectan el cumplimiento del sistema de gestión de mantenimiento (SGM). Las causas fueron clasificadas en cuatro categorías principales: método, maquinaria, mano de obra y materiales, a partir de la observación directa y la revisión documental de los procesos organizacionales. Esta categorización permitió representar de forma visual los factores que inciden en el desempeño del sistema. En la Figura 2 se presenta el diagrama de Ishikawa elaborado.

Figura 2

Diagrama de Ishikawa



Como se observa en la Figura 2, las posibles causas que afectan el cumplimiento del SGM se agrupan en cuatro categorías: método, maquinaria, materiales y mano de obra.

En cuanto al Método, se identificaron diversos problemas relacionados con la organización y ejecución del mantenimiento, tales como una planificación inadecuada que impide una programación eficiente de las actividades, así como un registro insuficiente del mantenimiento diario, lo que dificulta el seguimiento de las tareas realizadas. Asimismo, el método de detección de fallas resulta inadecuado, provocando que algunos problemas no se identifiquen oportunamente. A ello se suma la ausencia de un software de gestión de mantenimiento, lo cual limita el control y monitoreo del estado de la maquinaria.

Respecto a la Maquinaria, se evidencian factores como la falta de disponibilidad de equipos para mantenimiento debido a su uso continuo, así como su operación en condiciones ambientales extremas, lo que acelera su desgaste. Además, se identificó que las máquinas operan bajo niveles de exigencia superiores a los de su diseño, incrementando el riesgo de fallas. La antigüedad de los equipos y los prolongados tiempos de reparación también contribuyen a mayores periodos de inactividad.

En relación con los **materiales**, se observa una falta de stock de repuestos para mantenimientos correctivos, lo que retrasa las reparaciones y afecta la continuidad operativa. Asimismo, la carencia de herramientas adecuadas limita la ejecución eficiente de las actividades de mantenimiento.

Finalmente, en cuanto a la **mano de obra**, se identifican deficiencias en la capacitación técnica del personal, así como una cantidad insuficiente de técnicos, lo que genera acumulación de tareas y reduce la efectividad de las intervenciones.

En conjunto, estos factores explican el incumplimiento del SGM y evidencian la necesidad de implementar acciones orientadas a mejorar la gestión del mantenimiento en la empresa.

3.1.2. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto se utilizó para identificar las causas más significativas que afectan el cumplimiento del sistema de gestión de mantenimiento (SGM), a partir de la información obtenida en el diagrama de Ishikawa. Mediante la aplicación del principio 80/20, se determinaron las categorías que concentran la mayor proporción de incidencias en el sistema. En la Tabla 2 se presenta la distribución de las causas según su frecuencia y porcentaje acumulado.

Tabla 2*Distribución de causas según el principio 80/20*

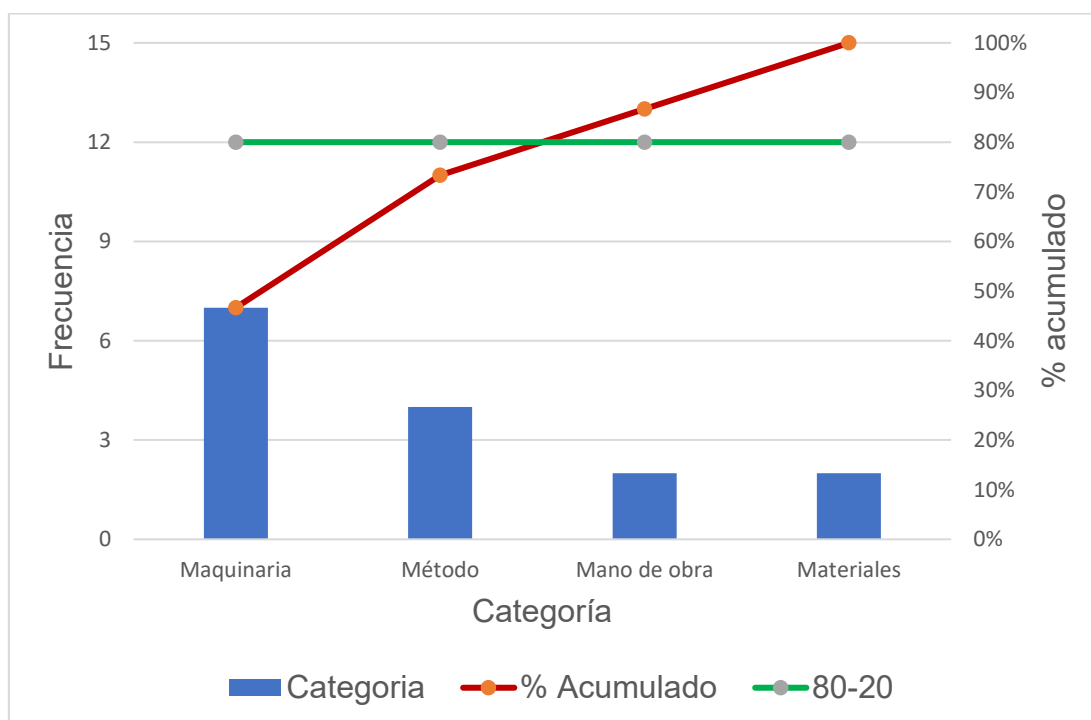
Categoría	N.º de categoría	Frecuencia	%	Acumulado	% Acumulado	80-20
Maquinaria	II	7	47%	7	47%	80%
Método	I	4	27%	11	73%	80%
Mano de obra	IV	2	13%	13	87%	20%
Materiales	III	2	13%	15	100%	20%
Total		15	100%			

Nota. La frecuencia corresponde al número de causas identificadas en cada categoría del diagrama de Ishikawa; el porcentaje se calculó dividiendo la frecuencia de cada categoría entre el total de causas registradas ($n = 15$); el porcentaje acumulado permitió determinar las categorías prioritarias según el principio 80/20.

Como se observa en la Tabla 2, las categorías **maquinaria** y **método** concentran el mayor porcentaje de causas, alcanzando un 73 % acumulado, lo que evidencia que estos factores tienen mayor incidencia en el incumplimiento del SGM y, por tanto, deben ser priorizados en la implementación de acciones de mejora.

Figura 3

Diagrama de Pareto



Como se observa en la Figura 3, las categorías maquinaria y método concentran el mayor porcentaje acumulado de causas asociadas al incumplimiento del sistema de gestión de mantenimiento (SGM), alcanzando conjuntamente el 73 % del total registrado. En ese sentido, estas categorías se consideran críticas y prioritarias para la implementación de acciones de mejora. A partir de ello, se realiza un análisis detallado de las principales causas identificadas, con la finalidad de comprender su impacto en el desempeño del sistema y orientar la formulación de estrategias correctivas.

- Planificación de mantenimiento inadecuado: La falta de una planificación adecuada para las tareas de mantenimiento significa que no se asignan tiempos específicos ni recursos adecuados para realizar los trabajos de mantenimiento preventivo; esto genera que las intervenciones no se realicen a tiempo, lo que aumenta la probabilidad de fallas imprevistas en los equipos.
- Registro inadecuado del mantenimiento diario: El registro de las actividades de mantenimiento es crucial para el seguimiento y la evaluación del estado de la maquinaria; sin embargo, un registro inadecuado puede dificultar el diagnóstico de

problemas recurrentes y la identificación de tendencias, lo que impide una gestión más eficiente del mantenimiento.

- Inadecuado método de detección de fallas: Utilizar un método ineficiente para identificar las fallas en la maquinaria puede resultar en que los problemas no se detecten a tiempo; esto lleva a que las fallas se agraven, afectando tanto la productividad como la seguridad de las operaciones.
- No poseen un software de gestión de mantenimiento: La falta de un software especializado para gestionar el mantenimiento complica el monitoreo y la planificación de las tareas; sin una herramienta que centralice toda la información relacionada con los equipos y el mantenimiento, se pierden oportunidades para optimizar procesos y reducir tiempos muertos.
- Falta stock de repuestos para mantenimientos correctivos: Cuando no se cuenta con un inventario adecuado de repuestos, los tiempos de reparación se alargan, ya que es necesario esperar la llegada de los componentes necesarios; esto retrasa las reparaciones y aumenta el tiempo que los equipos pasan fuera de servicio.
- Falta herramientas para mantenimientos: La ausencia de herramientas adecuadas para realizar las reparaciones y mantenimientos dificulta la eficiencia de los técnicos; sin los recursos adecuados, las tareas de mantenimiento no pueden realizarse de manera rápida y eficiente, lo que incrementa el tiempo de inactividad de los equipos.
- Prolongados tiempos de reparación: Los tiempos de reparación largos pueden ser causados por la falta de repuestos, herramientas, o simplemente por una mala organización del proceso de mantenimiento; esto impide que la maquinaria vuelva a estar operativa rápidamente, lo que impacta de manera directa en la productividad de la compañía.
- Maquinaria antigua: El uso de maquinaria envejecida genera más fallas y aumenta los costos de mantenimiento, ya que los componentes se desgastan más rápido y son

más propensos a fallar; esto afecta tanto la eficiencia de las operaciones como los costos operativos.

- **Mantenimiento inadecuado:** Si el mantenimiento no se lleva a cabo siguiendo las indicaciones del fabricante o las mejores prácticas del sector, es probable que las intervenciones no sean efectivas; esto puede resultar en un desgaste más rápido de los equipos, lo que genera más fallas y reduce su vida útil.
- **Desconocimiento de vida útil de componentes:** lo cual puede llevar a que las piezas se utilicen más allá de su capacidad, lo que aumenta el riesgo de fallas inesperadas; la falta de información precisa sobre la vida útil también dificulta la planificación de reemplazos antes de que ocurra una avería.
- **Maquinaria siempre ocupada sin tiempo para mantenimiento:** Si los equipos están en uso constante y no se les asigna tiempo para mantenimiento preventivo, el desgaste de los mismos será más rápido; esto puede llevar a que se produzcan fallas que podrían haberse evitado si se les hubiera dado tiempo para revisión y ajuste.
- **Maquinaria trabaja en condiciones ambientales extremas:** El trabajo de la maquinaria en condiciones adversas, como altas temperaturas, polvo o humedad, acelera el desgaste de los componentes y aumenta la probabilidad de fallas; las condiciones extremas afectan directamente la durabilidad y el rendimiento de los equipos.
- **Maquinaria con nivel de exigencia mayor que para lo que fue diseñada:** Si la maquinaria es sometida a un uso más intensivo o en condiciones más exigentes de lo que fue originalmente diseñada, esto puede generar un estrés adicional sobre los componentes, lo que lleva a un mayor desgaste y, eventualmente, a fallas prematuras; es crucial que la maquinaria se utilice dentro de los parámetros para los que fue diseñada para evitar daños innecesarios.

Estas causas están interrelacionadas y afectan de manera significativa el desempeño general del sistema de mantenimiento de la empresa; abordar estas áreas de mejora con soluciones específicas, como una mejor planificación, la adquisición de tecnología adecuada

y la capacitación del personal, contribuiría a una gestión de mantenimiento más eficiente y a una mayor disponibilidad de la maquinaria.

Desde el enfoque técnico, los resultados evidencian un predominio del mantenimiento correctivo, lo cual se asocia a niveles reducidos de confiabilidad operativa. En este sentido, la literatura señala que sistemas con baja planificación presentan menores valores de MTBF y mayores tiempos de reparación (MTTR), afectando la disponibilidad del sistema (Carvalho et al., 2021).

Asimismo, la ausencia de mantenimiento predictivo limita la capacidad de anticipar fallas, lo cual impacta negativamente en la eficiencia operativa y en la sostenibilidad del sistema de mantenimiento (Zonta et al., 2020).

3.2. Evaluar los aspectos críticos que limitan la sostenibilidad del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L

La aplicación de índice CMSI permitió evaluar el desempeño sostenible de las actividades de mantenimiento dentro de la organización; este indicador tiene como objetivo integrar los principios de la sostenibilidad (ambiental, social y económica) dentro de las operaciones de mantenimiento, asegurando que las actividades no solo sean eficaces en cuanto a la gestión de activos, sino que también respeten los principios de sostenibilidad a largo plazo; el CMSI se compone de 14 criterios específicos que abordan diferentes aspectos del mantenimiento y su relación con la sostenibilidad.

El CMSI propuesto por Jasiulewickz y Zywicka (2018) se estructura en torno a cuatro perspectivas fundamentales, cada una de las cuales evalúa diferentes aspectos clave de las actividades de mantenimiento dentro de una organización; estas perspectivas se enfocan en la sostenibilidad tanto en términos financieros, operativos, sociales, como innovativos; a continuación, se describen los indicadores que componen este modelo, destacando las 14 áreas que los autores proponen para evaluar la sostenibilidad en las actividades de mantenimiento.

Perspectiva Financiera

La Perspectiva Financiera es fundamental para evaluar el impacto económico del mantenimiento en la organización; se centra en los costos relacionados con las actividades de mantenimiento y su relación con los intereses de las partes involucradas; los dos criterios que abarca esta perspectiva son:

(F1) Costos de los interesados en el mantenimiento: Este criterio evalúa los costos que los diferentes interesados, como los clientes internos, proveedores o stakeholders, enfrentan debido a las actividades de mantenimiento; este análisis busca medir la eficiencia del mantenimiento en términos de los costos que genera para todas las partes involucradas, asegurando que el mantenimiento sea una actividad rentable y equilibrada.

(F2) Costos de mantenimiento: Aquí se examinan los costos directos e indirectos asociados con el mantenimiento, tales como la mano de obra, los repuestos, las herramientas y los equipos necesarios; este criterio es clave para evaluar la sostenibilidad financiera de las operaciones de mantenimiento, ya que permite a la organización identificar posibles áreas de reducción de costos sin comprometer la calidad y la eficacia del servicio.

Perspectiva de las partes interesadas en mantenimiento

Esta perspectiva evalúa la satisfacción de los diferentes actores que se encuentran inmersos en las actividades de mantenimiento y cómo estos se relacionan con la organización. Esta perspectiva toma en cuenta factores tanto internos (empleados, técnicos) como externos (clientes, proveedores). Incluye cuatro criterios clave:

(S1) Producción y calidad: Este criterio mide el impacto del mantenimiento sobre la calidad y producción de productos/servicios; se evalúa si las actividades de mantenimiento contribuyen a la mejora de la calidad y eficiencia, y si logran evitar fallos que podrían afectar la producción.

(S2) Seguridad y salud: Aquí se mide cómo las actividades de mantenimiento afectan la seguridad y la salud del personal. Se valora si se implementan prácticas de mantenimiento que protejan tanto a los empleados como a los equipos de posibles riesgos laborales; la seguridad en el trabajo es un factor fundamental en cualquier actividad de mantenimiento, ya que un entorno de trabajo seguro no solo mejora el bienestar del personal, sino que también reduce costos asociados con accidentes o problemas de salud.

(S3) Medio ambiente: Este criterio evalúa el impacto del mantenimiento en el medio ambiente, analizando si las prácticas de mantenimiento son sostenibles y respetuosas con el

entorno. Se considera la gestión de residuos, la minimización de los efectos negativos en el ecosistema y la eficiencia en el uso de recursos.

(S4) Comunicación y cooperación con las partes interesadas: En este caso, se evalúa cómo de efectiva es la comunicación y colaboración entre las distintas personas involucradas en el mantenimiento, tanto dentro como fuera de la organización; este criterio resalta la importancia de una buena relación y cooperación entre departamentos, equipos de trabajo y otras partes interesadas para garantizar el éxito de las diversas actividades del que se compone mantenimiento.

Perspectiva de los procesos de mantenimiento

La Perspectiva de los procesos de mantenimiento se enfoca en los métodos y prácticas operativas que se emplean para realizar las tareas de mantenimiento; evalúa cómo se gestionan los procesos de mantenimiento, su eficiencia y efectividad; esta perspectiva incluye cinco criterios fundamentales:

(P1) Análisis y mejora: Este criterio valora si existen procesos sistemáticos para analizar el desempeño del mantenimiento y realizar mejoras continuas; esto implica analizar qué tan efectivas han sido las estrategias de mantenimiento puestas en práctica, así como la identificación de áreas para optimizar los procesos.

(P2) Ejecución y medición: Evalúa la implementación de los planes de mantenimiento y cómo se mide el rendimiento de estas actividades; es crucial que las tareas asociadas al mantenimiento se realicen de forma eficiente y que se utilicen indicadores adecuados para medir los resultados.

(P3) Planificación y programación del mantenimiento: Este criterio se refiere a la planificación y organización de las actividades de mantenimiento para maximizar su eficiencia. Implica asegurarse de que las tareas de mantenimiento se realicen en el momento adecuado y de la forma más eficiente posible para evitar paradas innecesarias o retrasos en la producción.

(P4) Gestión de servicios externos: Aquí se evalúa cómo la organización gestiona la contratación de servicios de mantenimiento externos, como la subcontratación de personal o la adquisición de servicios especializados; la capacidad de gestionar estos contratos y relaciones es clave para asegurar que los servicios externos sean eficaces y que se mantenga la calidad del mantenimiento.

(P5) Gestión de repuestos y consumibles: Este criterio analiza cómo se gestionan los repuestos y consumibles dentro de los procesos de mantenimiento; es importante contar con un control eficiente de inventarios para evitar escasez o exceso de piezas, lo que podría afectar tanto el costo como el tiempo de inactividad de los equipos.

Perspectiva de innovación y desarrollo

La Perspectiva de innovación y desarrollo se enfoca en la habilidad de la compañía para innovar y crear nuevas soluciones en el área del mantenimiento; este enfoque busca garantizar que las actividades de mantenimiento no solo se limiten a procesos tradicionales, sino que también busquen mejorar continuamente en términos de tecnología, infraestructura y personal; los tres criterios que componen esta dimensión son:

(D1) Competencias de los trabajadores de mantenimiento: Se analiza si los trabajadores de mantenimiento cuentan con los conocimientos y las habilidades requeridas para realizar sus tareas de forma eficiente; la capacitación continua y el desarrollo profesional son esenciales para asegurar que el personal esté preparado para manejar nuevas tecnologías y desafíos.

(D2) Infraestructura de mantenimiento: Aquí se analiza si la infraestructura utilizada para las actividades de mantenimiento está actualizada y es adecuada para las necesidades operativas; una infraestructura sólida es esencial para facilitar el trabajo de mantenimiento y garantizar su eficacia.

(D3) Satisfacción de los trabajadores de mantenimiento: Se evalúa cuán satisfechos se sienten los empleados responsables del mantenimiento; un ambiente de trabajo positivo, que valore la contribución del personal y fomente su bienestar, es clave para la motivación y el rendimiento en el área de mantenimiento.

Para recoger los datos, se empleó una guía de observación diseñada a partir de los indicadores del CMSI propuestos por Jasiulewickz y Zywicki (2018); este instrumento está compuesto por 4 perspectivas, 14 criterios y 83 ítems, las cuales se encuentran en el Anexo 1; la medición de cada ítem se realizó mediante una Matriz de Madurez en escala 0–4; posteriormente, el valor de cada criterio se obtuvo mediante la normalización de los puntajes alcanzados respecto del puntaje máximo posible, generando valores en un rango de 0 a 1.

Para representar los niveles de evaluación utilizados en la matriz de madurez aplicada a los ítems del CMSI, se presenta la escala correspondiente en la Tabla 3.

Tabla 3

Escala para medir cada ítem relacionado con los criterios del CMSI

Nivel de madurez	Escala	Significado
1 Se desconoce	0	En este nivel, no existe conocimiento ni gestión sobre el área o criterio en cuestión. No se han identificado ni abordado los aspectos relacionados.
2 Se administra correctivamente	1	Aquí, se toman acciones reactivas para gestionar los problemas, pero aún no existe una estrategia planificada ni una gestión proactiva. Se responde a los problemas según van surgiendo.
3 Se encuentran identificados	2	En este nivel, los aspectos clave han sido identificados y reconocidos. Se tiene conciencia de las áreas a mejorar, pero aún no se gestionan de manera sistemática.
4 Se administran cuantitativamente (previstos)	3	En este nivel, los aspectos ya identificados son gestionados de forma planificada y cuantificada. Se establecen previsiones y se toman decisiones basadas en datos y métricas claras.
5 En proceso de optimización	4	Este nivel representa la fase más avanzada, en la que las actividades y procesos están en un ciclo continuo de mejora. Se buscan optimizar los métodos y resultados para lograr el mejor desempeño posible.

Como se observa en la Tabla 3, la escala de madurez permite clasificar el nivel de gestión del mantenimiento desde un estado inicial (ausencia de gestión) hasta un nivel de optimización continua. Esta clasificación constituye la base para la evaluación cuantitativa de los criterios del CMSI, cuyos resultados se presentan a continuación.

El procedimiento para calcular el CMSI sigue una serie de pasos estructurados que permiten obtener una medición precisa de la sostenibilidad de las actividades de mantenimiento dentro de una organización; a continuación, se describen los pasos generales para calcular este indicador, basados en la metodología comúnmente empleada:

- **Definición de los criterios y perspectivas:** El primer paso es identificar los criterios y perspectivas que se van a evaluar, según lo establecido en el CMSI; estos criterios pueden ser financieros, operativos, sociales o innovativos, y están distribuidos en las distintas perspectivas del modelo (por ejemplo, financiera, partes interesadas, procesos de mantenimiento, innovación y desarrollo).
- **Asignación de una escala de medición:** La medición de cada ítem del CMSI se realizó mediante una matriz de madurez codificada de 0 a 4; posteriormente, los puntajes obtenidos se normalizaron en una escala de 0 a 1 para calcular el valor de cada criterio, perspectiva y del índice CMSI global.
- **Recolección de datos:** A continuación, se debe recoger la información correspondiente para cada uno de los criterios; esto puede hacerse a través de observaciones directas, encuestas a empleados, análisis de documentos o cualquier otra metodología que permita obtener datos precisos sobre el desempeño en los distintos aspectos evaluados.
- **Evaluación de cada criterio:** Cada uno de los criterios se evalúa de acuerdo con los datos obtenidos, y se asigna una puntuación basada en la escala definida; por ejemplo, si se utiliza una escala de 0 a 1, la puntuación será un valor entre 0 (mínimo) y 1 (máximo), representando el grado de sostenibilidad alcanzado en ese criterio específico.
- **Cálculo de la puntuación de cada dimensión:** Una vez evaluados todos los criterios dentro de cada dimensión (por ejemplo, la dimensión de "Procesos de Mantenimiento"), se calcula el valor total de la dimensión sumando las puntuaciones

de cada criterio y dividiendo entre el número total de criterios evaluados en esa dimensión.

- **Cálculo del CMSI Final:** Finalmente, para obtener el CMSI global o completo, se promedian las puntuaciones obtenidas de todas las perspectivas; es decir, se suman las puntuaciones de todas las perspectivas y se dividen entre el número total de perspectivas; el resultado será un valor entre 0 y 1, que refleja el nivel general de sostenibilidad en las actividades de mantenimiento de la organización.

Para identificar los puntos críticos, se utilizó la guía de observación basada en el CMSI ubicada en el Anexo 1; a través de esta herramienta, se evaluaron las 4 perspectiva con sus 14 criterios establecidos en el modelo, y el resultado promedio obtenido para cada uno de ellos se presenta detalladamente en la tabla siguiente; este análisis permite detectar áreas de mejora dentro del proceso de mantenimiento, proporcionando una visión clara sobre el desempeño en términos de sostenibilidad.

Una vez establecida la escala de medición, se procedió a evaluar los ítems correspondientes a cada criterio del CMSI, obteniendo valores normalizados en un rango de 0 a 1. A partir de estos resultados, se calcularon los promedios para cada criterio y perspectiva, los cuales se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4

Resultados de los valores de los criterios y perspectivas asociados al CMSI

N°	Criterio	Promedio	Perspectiva	Promedio
1	F1 Costos de involucrados en el mantenimiento	0.28	Perspectiva Financiera	0.27
2	F2 Costos directos de mantenimiento	0.25		
3	S1 Producción y calidad	0.50	Perspectiva de las partes interesadas en mantenimiento	0.40
4	S2 Seguridad y salud	0.35		
5	S3 Medioambiente	0.25		
6	S4 Comunicación y cooperación con colaboradores	0.44	Perspectiva de los Procesos de Mantenimiento	0.32
7	P1 Análisis y mejora	0.33		

8	P2	Ejecución y medición	0.34		
9	P3	Planificación y programación de mantenimiento	0.29		
10	P4	Gestión de servicios externos	0.38		
11	P5	Gestión de repuestos y consumibles	0.25		
12	D1	Competencias de trabajadores de mantenimiento	0.50		
13	D2	Infraestructura de mantenimiento	0.35	Perspectiva de Innovación y Desarrollo	0.38
14	D3	Satisfacción de trabajadores de mantenimiento	0.38		
			CMSI		0.34

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos.

La Tabla 4 presenta los resultados de los valores asociados a los criterios y perspectivas del CMSI, donde se muestran los promedios obtenidos tanto para los criterios de evaluación como para las perspectivas; estos valores se interpretan como niveles de sostenibilidad del sistema, de acuerdo con la escala de evaluación del CMSI:

- Los valores entre 0.75 y 1.00 indican un alto nivel de sostenibilidad.
- Los valores entre 0.25 y 0.75 indican un medio nivel de sostenibilidad.
- Los valores entre 0.00 y 0.25 son considerados un bajo nivel de sostenibilidad.

Criterios relacionados con costos (F1 y F2):

Los costos involucrados en el mantenimiento (F1) tienen un nivel medio de sostenibilidad con un promedio de 0.28, mientras que los costos directos de mantenimiento (F2) son igualmente de nivel medio de sostenibilidad con un promedio de 0.25.

Criterios asociados a la producción y calidad (S1):

Este criterio tiene un valor destacado de 0.50, lo que refleja un nivel medio de sostenibilidad, pero relevante, especialmente al considerar la calidad y producción en el mantenimiento.

Criterios relacionados con seguridad, salud y medio ambiente (S2, S3):

Los aspectos relacionados con la seguridad y salud (S2) y el medio ambiente (S3) presentan valores de 0.35 y 0.25, respectivamente, situándolos en el rango de nivel medio de sostenibilidad, aunque el medio ambiente tiene un valor cercano al límite inferior.

Criterios de comunicación y cooperación (S4):

Este criterio, con un valor de 0.44, se considera de nivel medio de sostenibilidad en cuanto a la colaboración y la interacción entre los colaboradores dentro del SGM.

Criterios vinculados a los procesos de mantenimiento (P1, P2, P3, P4, P5):

En general, los criterios relacionados con los procesos de mantenimiento muestran un nivel medio de sostenibilidad; destacan la planificación y programación de mantenimiento (P3) con un valor de 0.29 y la ejecución y medición (P2) con un 0.34; la gestión de repuestos (P5) es uno de los criterios de un nivel bajo de sostenibilidad con un valor de 0.25.

Criterios de desarrollo e innovación (D1, D2, D3):

Las competencias de los trabajadores de mantenimiento (D1) presentan los valores más altos de sostenibilidad dentro de este grupo, con un valor de 0.50, lo que indica un nivel medio de sostenibilidad, seguida de la infraestructura de mantenimiento (D2) y la satisfacción de los trabajadores (D3), con valores de 0.35 y 0.38, respectivamente.

Perspectivas:

En términos de perspectivas, se observa que la Perspectiva Financiera tiene un nivel medio de sostenibilidad (0.27), lo cual coincide con el nivel de sostenibilidad observado a los costos; la perspectiva de las partes interesadas en mantenimiento se encuentra un poco más alta (0.40), destacando la relevancia de los actores involucrados; las Perspectivas de los Procesos de Mantenimiento (0.32) e Innovación y Desarrollo (0.38) también presentan un nivel medio de sostenibilidad.

En resumen, la Tabla 4 refleja que los criterios asociados a la producción y calidad y las competencias de los trabajadores son los más relevantes dentro del CMSI, mientras que

los criterios relacionados con los costos directos y la gestión de repuestos presentan los valores más bajos de sostenibilidad.

El valor global del CMSI obtenido (0.34) indica que el SGM presenta un nivel medio de sostenibilidad; no obstante, este resultado evidencia que el sistema se encuentra en una etapa incipiente de desarrollo, con predominio de prácticas reactivas y limitaciones en la gestión integral del mantenimiento; en este contexto, se identifican brechas significativas que requieren intervención para mejorar la confiabilidad, eficiencia y sostenibilidad del sistema.

Para interpretar los valores obtenidos, se utiliza la escala de evaluación del CMSI, la cual permite clasificar los niveles de sostenibilidad en alto, medio y bajo, tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Escala para evaluar el CMSI

Descripción	Escala
Alto nivel de sostenibilidad	0.75 – 1.00
Medio nivel de sostenibilidad	0.25 - 0.75
Bajo nivel de sostenibilidad	0.00 - 0.25

Fuente: Jasiulewickz y Zywicka (2018)

Esta escala establece que valores cercanos a 1.00 representan un alto nivel de sostenibilidad, mientras que valores inferiores a 0.75 evidencian niveles medios o bajos, lo que permite identificar el grado de desempeño del sistema de mantenimiento.

Si bien el valor obtenido del índice CMSI se ubica dentro del rango correspondiente al nivel medio de sostenibilidad (0.25 – 0.75), es importante precisar que este se encuentra próximo al límite inferior de dicho intervalo. En ese sentido, los resultados no reflejan un desempeño óptimo del sistema, sino que evidencian condiciones de vulnerabilidad en diversos criterios evaluados. Por ello, estos aspectos se consideran como áreas críticas prioritarias que requieren intervención inmediata para fortalecer la sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento.

En base a esta clasificación, en la Tabla 6 se presentan los valores promedio obtenidos para cada una de las perspectivas del CMSI.

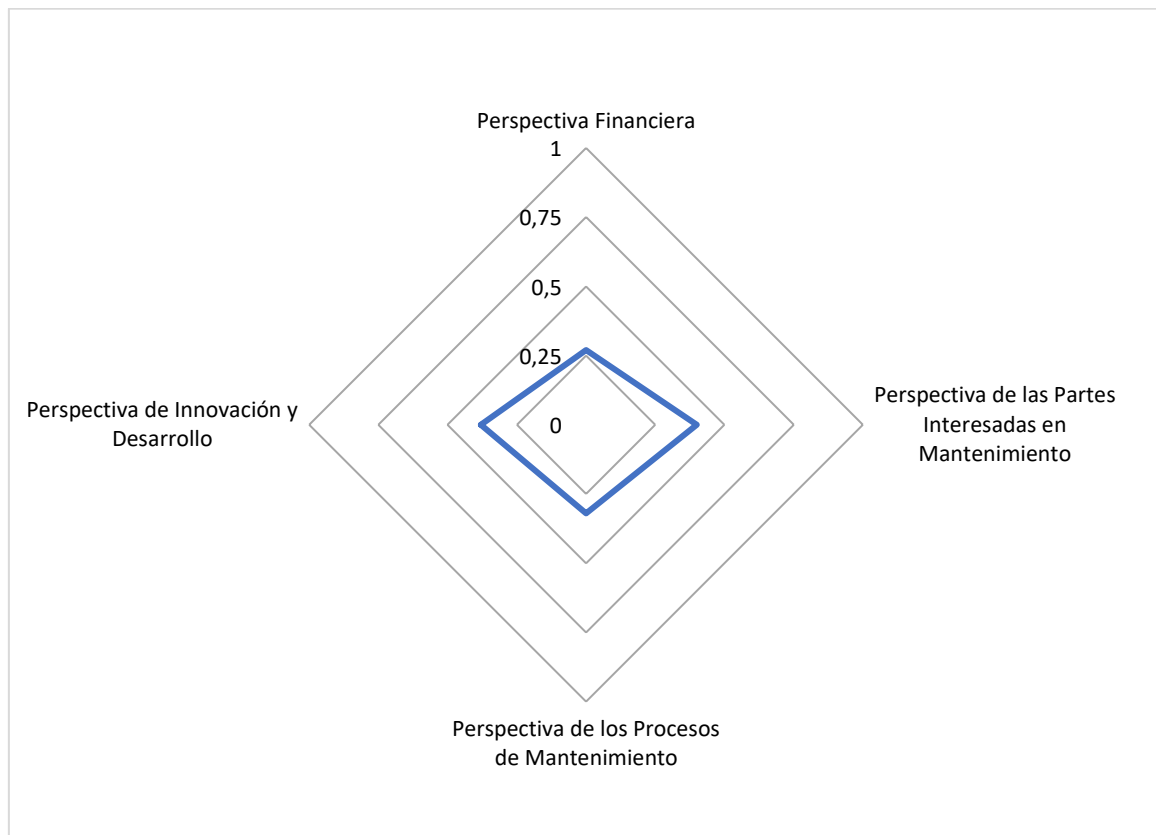
Tabla 6

Resultados de los valores de las perspectivas asociados al CMSI

Perspectiva	Promedio
Perspectiva Financiera	0.27
Perspectiva de las partes interesadas en mantenimiento	0.40
Perspectiva de los procesos de mantenimiento	0.32
Perspectiva de Innovación y Desarrollo	0.38

Figura 4

Resultados de los valores de las perspectivas asociados al CMSI



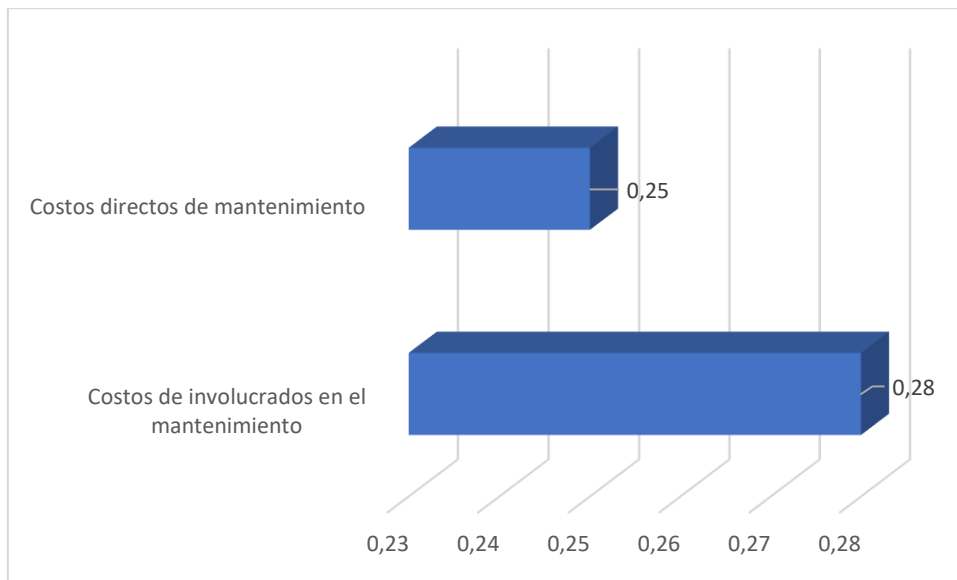
En la Tabla 6 se presentan los valores promedio obtenidos para cada una de las perspectivas del CMSI, los cuales se encuentran en un rango que varía entre 0.27 y 0.40. Asimismo, en la Figura 4 se ilustra gráficamente este resultado, permitiendo visualizar el nivel de desempeño de cada perspectiva en relación con el valor máximo ideal de 1.0.

Como se puede observar, los valores alcanzados se sitúan por debajo de la unidad, lo que evidencia la existencia de brechas en el sistema de gestión de mantenimiento. No obstante, se identifican diferencias entre las perspectivas, destacando la perspectiva de las

partes interesadas en mantenimiento como la de mayor valor, mientras que la perspectiva financiera presenta el nivel más bajo. Estos resultados permiten identificar áreas prioritarias de mejora para alcanzar un mayor nivel de sostenibilidad.

Figura 5.

Resultados de los valores de la perspectiva financiera



En la Figura 5 se presentan los resultados correspondientes a la perspectiva financiera del CMSI. Se observa que los costos relacionados con el mantenimiento no se encuentran en niveles óptimos.

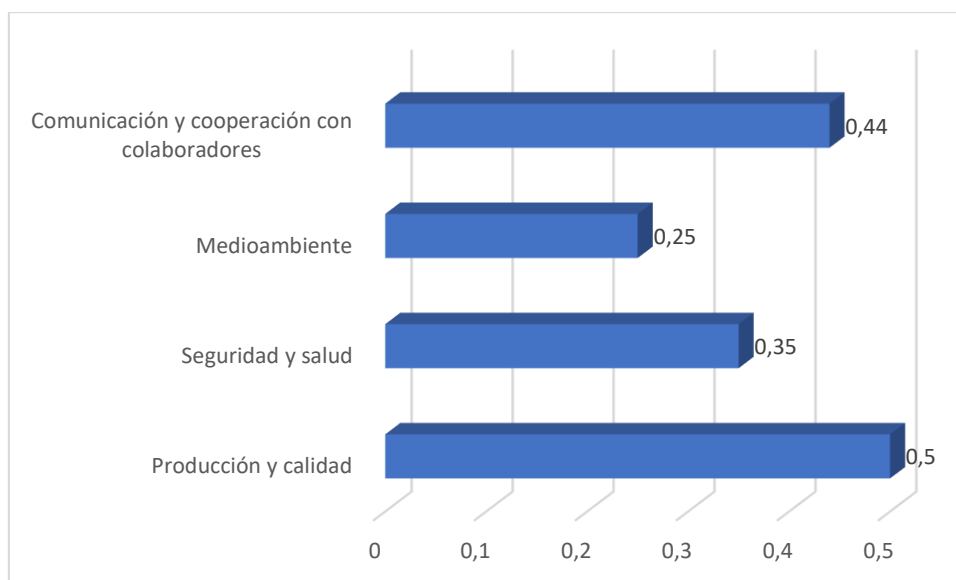
Los resultados obtenidos en la perspectiva financiera muestran que los costos relacionados con el mantenimiento no se encuentran en niveles óptimos; en particular, Los costos de involucrados en el mantenimiento presenta un promedio de 0.28, lo que sugiere que, aunque existe un enfoque en el control de estos costos, aún hay margen para mejorar la eficiencia en esta área; por otro lado, el criterio Costos directos de mantenimiento tiene un promedio de 0.25, lo que indica que los gastos directos asociados al mantenimiento son relativamente altos en comparación con los valores ideales, lo cual señala la necesidad de optimizar estos costos para alcanzar una mejor sostenibilidad financiera.

En general, estos valores reflejan que el área financiera requiere atención adicional, tanto en la gestión de los costos involucrados en el mantenimiento como en los costos

directos, con el fin de optimizar el rendimiento económico y acercarse más a los niveles ideales esperados.

Figura 6.

Resultados de los valores de la perspectiva de las partes interesadas en mantenimiento



En la Figura 6 se presentan los resultados correspondientes a la perspectiva de las partes interesadas en mantenimiento. En general, se observa un desempeño heterogéneo entre los criterios evaluados, evidenciando diferencias en los niveles de sostenibilidad alcanzados.

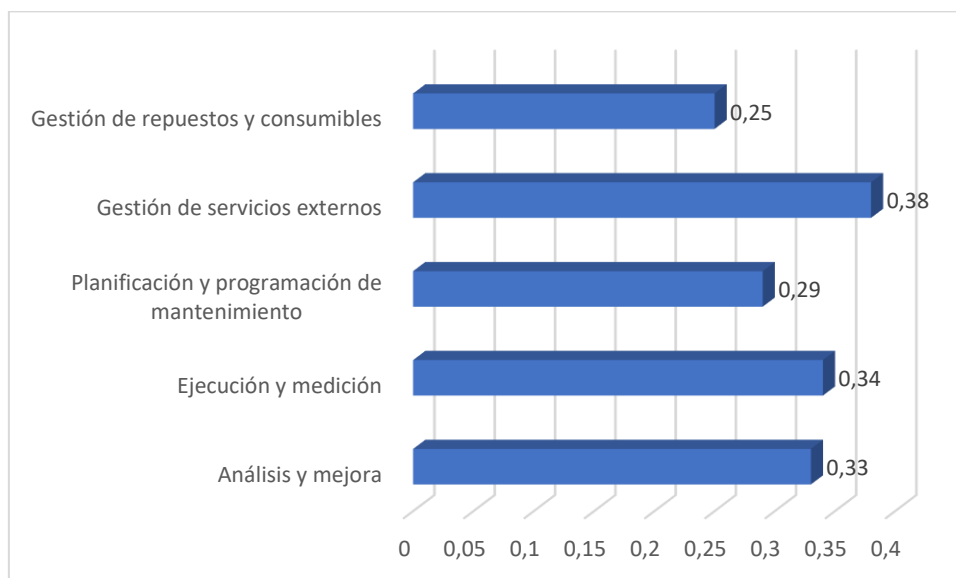
El criterio producción y calidad presenta el valor más alto (0.50), lo que indica un nivel medio de sostenibilidad con un desempeño relativamente favorable; sin embargo, aún existen oportunidades de mejora para alcanzar niveles óptimos. Por su parte, seguridad y salud alcanza un promedio de 0.35, lo que sugiere que, aunque se implementan acciones en esta área, estas no son suficientes para garantizar condiciones plenamente adecuadas, siendo necesario fortalecer las medidas preventivas.

En cuanto al criterio medioambiente, se registra el valor más bajo (0.25), evidenciando una limitada gestión del impacto ambiental en las actividades de mantenimiento, lo que representa una de las principales áreas críticas a mejorar. Finalmente, el criterio comunicación y cooperación con colaboradores presenta un valor de 0.44, reflejando un nivel aceptable de interacción organizacional, aunque con margen para fortalecer el trabajo colaborativo.

En conjunto, estos resultados muestran que, si bien existen avances en algunos criterios, la perspectiva de las partes interesadas requiere mejoras, especialmente en los aspectos ambientales y de seguridad, para lograr un desempeño más equilibrado y sostenible.

Figura 7.

Resultados de los valores de la perspectiva de los procesos de mantenimiento



En la Figura 7 se presentan los resultados correspondientes a la perspectiva de los procesos de mantenimiento. En términos generales, se observa un desempeño medio en todos los criterios evaluados, aunque con diferencias que evidencian áreas críticas y oportunidades de mejora.

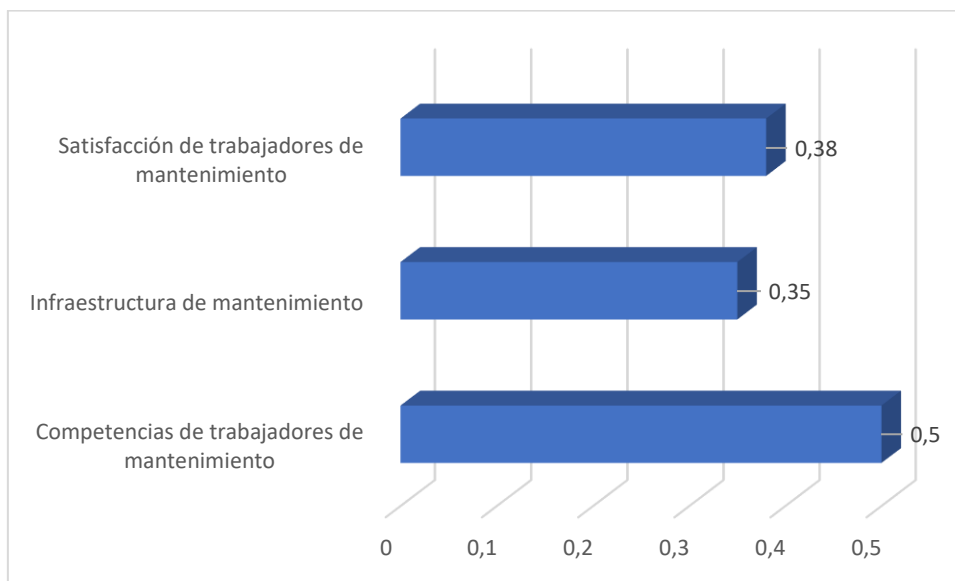
El criterio gestión de servicios externos presenta el valor más alto (0.38), lo que indica un desempeño relativamente favorable en la coordinación con terceros; sin embargo, aún existe margen para optimizar su supervisión. Le siguen los criterios ejecución y medición (0.34) y análisis y mejora (0.33), los cuales reflejan que se están desarrollando acciones de control y mejora, aunque todavía no alcanzan niveles óptimos de eficiencia.

Por otro lado, el criterio planificación y programación de mantenimiento obtiene un valor de 0.29, lo que evidencia debilidades en la anticipación y organización de las actividades, pudiendo generar ineficiencias operativas. Finalmente, la gestión de repuestos y consumibles presenta el valor más bajo (0.25), constituyéndose como el principal punto crítico dentro de esta perspectiva, lo que indica la necesidad de fortalecer la gestión de inventarios y la disponibilidad de recursos.

En conjunto, estos resultados muestran que, si bien existen avances en la ejecución y control de los procesos de mantenimiento, se requiere una mayor optimización, especialmente en la planificación y la gestión de recursos, para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del sistema.

Figura 8.

Resultados de los valores de la perspectiva de innovación y desarrollo



En la Figura 8 se presentan los resultados correspondientes a la perspectiva de innovación y desarrollo. En términos generales, se observa un nivel medio de desempeño en los criterios evaluados, con diferencias que evidencian tanto fortalezas como oportunidades de mejora.

El criterio competencias de los trabajadores de mantenimiento presenta el valor más alto (0.50), lo que indica un desempeño relativamente favorable en cuanto a las habilidades y capacidades del personal; sin embargo, aún existe margen para fortalecer la capacitación y actualización continua.

Por su parte, la satisfacción de los trabajadores de mantenimiento alcanza un valor de 0.38, reflejando un nivel moderado de bienestar laboral, lo que sugiere la necesidad de implementar estrategias que fortalezcan el clima organizacional y el compromiso del personal.

En contraste, la infraestructura de mantenimiento presenta un valor de 0.35, evidenciando limitaciones en los recursos e instalaciones disponibles, lo que podría afectar la eficiencia de las actividades de mantenimiento y requerir inversiones para su mejora.

En conjunto, estos resultados indican que, si bien el capital humano constituye una fortaleza dentro de esta perspectiva, es necesario reforzar la infraestructura y el bienestar laboral para impulsar la innovación y mejorar el desempeño sostenible del sistema de mantenimiento.

3.3. Proponer un plan de mejora, basado en los resultados del índice CMSI y estructurado según el ciclo de Deming, para fortalecer la sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.

Con base en los resultados obtenidos de las distintas perspectivas evaluadas, se puede observar que, aunque se han realizado esfuerzos en el ámbito del mantenimiento, existen áreas claves que requieren una intervención para mejorar la eficiencia, la seguridad, la calidad y la sostenibilidad del SGM; a través del ciclo de Deming (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), se propone un enfoque estructurado y continuo para optimizar los procesos de mantenimiento.

La formulación del plan de mejora se sustentó en los hallazgos priorizados del diagnóstico inicial; en particular, se tomaron como base las categorías identificadas como más críticas en el análisis de Pareto y los criterios del CMSI con menor nivel de sostenibilidad; a partir de esta priorización, se estructuraron las acciones del plan de mejora según las fases del ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar).

El ciclo de Deming ofrece un enfoque estructurado y repetitivo para optimizar el SGM; al aplicar este ciclo de manera continua, se plantea como alternativa para mejorar, tendría el potencial de reducir costos, mejorar la satisfacción y seguridad de los trabajadores, y optimizar la infraestructura y los procesos de mantenimiento, lo que finalmente lleva a un mejor rendimiento organizacional en el largo plazo.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del índice CMSI permitieron identificar brechas y aspectos críticos en la sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.; a partir de este diagnóstico, se formula una propuesta de plan de mejora estructurada con base en el ciclo de Deming, con el propósito de orientar acciones futuras de fortalecimiento del sistema; es importante precisar que esta propuesta no fue implementada

durante el desarrollo de la investigación, por lo que no constituye un resultado validado experimentalmente, sino una alternativa técnica sustentada en los hallazgos del diagnóstico. Asimismo, la propuesta se plantea como una guía referencial para la toma de decisiones estratégicas en la gestión del mantenimiento.

A continuación, se presenta la reformulación de la propuesta de mejora, en la cual se detalla para cada acción el criterio afectado, el puntaje obtenido, el problema diagnosticado y la acción correctiva correspondiente.

Tabla 7

Propuesta de mejora basada en resultados del CMSI

Nº	Criterio	Puntaje	Problema diagnosticado	PDCA	Acción correctiva propuesta
1	F2	0.25	Deficiente control de costos de mantenimiento	Planificar	Implementar un sistema de control de costos
2	P5	0.25	Inadecuada gestión de repuestos	Hacer	Implementar un sistema de inventarios
3	P3	0.29	Deficiente planificación del mantenimiento	Planificar	Implementar un cronograma de mantenimiento preventivo
4	S3	0.25	Deficiente control ambiental en los procesos	Verificar	Aplicar protocolos de control ambiental
5	P1	0.30	Ausencia de seguimiento y mejora continua	Actuar	Implementar acciones correctivas y seguimiento de indicadores

La Tabla 7 presenta la propuesta de mejora estructurada a partir de los criterios del CMSI con menor puntaje, considerados como áreas críticas del sistema de gestión de mantenimiento. Cada acción ha sido formulada en función del problema diagnosticado y organizada según las fases del ciclo de Deming (PDCA), lo que permite establecer una secuencia lógica para su implementación. Esta estructuración facilita la toma de decisiones y orienta la mejora continua del sistema, priorizando aquellas dimensiones que presentan mayores debilidades y requieren intervención inmediata.

3.3.1. Planificar (Plan)

El primer paso en el ciclo de Deming es la planificación; en esta fase, es esencial desarrollar un plan integral de mejora, basado en los resultados obtenidos de cada perspectiva. A continuación, se detallan las acciones a implementar:

- **Redefinir los costos asociados al mantenimiento:** En la perspectiva financiera, se observa que los costos de mantenimiento no están siendo gestionados de manera óptima (especialmente en los costos de repuestos, horas extra, y subcontratistas); se debe establecer un sistema de control y planificación más efectivo para estos costos, buscando oportunidades de reducción y priorizando los gastos; además, se deben planificar las inversiones necesarias para optimizar el ciclo de vida de los activos y reducir los costos no planificados.

Acción propuesta: Implementar un sistema de presupuesto detallado y control de costos, con objetivos de reducción de costos para los próximos períodos.

- **Fortalecer la seguridad y la salud en el trabajo:** En cuanto a la seguridad, se observan déficits significativos, especialmente en los criterios relacionados con lesiones y accidentes; la planificación debe incluir un programa de seguridad más robusto que asegure la prevención de accidentes y mejore la salud laboral.

Acción propuesta: Desarrollar un plan de capacitación continuo sobre seguridad y procedimientos de trabajo, y mejorar la infraestructura para prevenir accidentes.

- **Mejorar la infraestructura de mantenimiento:** En la perspectiva de innovación y desarrollo, se identifica una necesidad urgente de mejorar la infraestructura de mantenimiento; esto incluye tanto la adecuación de los equipos como la implementación de herramientas informáticas para la planificación y ejecución.

Acción propuesta: Planificar inversiones en infraestructura, actualizar equipos y software para optimizar la gestión del mantenimiento.

- **Desarrollar programas de capacitación y formación para el personal:** En la perspectiva de innovación y desarrollo, se debe asegurar que los trabajadores de mantenimiento reciban formación continua y especializada en los aspectos técnicos, de seguridad y medioambientales.

Acción propuesta: Establecer un plan de formación anual con temas actualizados sobre nuevas tecnologías, seguridad y sostenibilidad.

- **Optimizar la gestión de repuestos y consumibles:** Se observa que la gestión de repuestos y consumibles es una de las áreas con menores calificaciones; se debe establecer una planificación de la demanda más precisa y mejorar la disponibilidad de repuestos críticos.

Acción propuesta: Poner en marcha un sistema de gestión de inventarios más eficaz y establecer acuerdos con proveedores para asegurar la entrega puntual de repuestos y consumibles de calidad.

3.3.2. Hacer (Do)

Una vez establecido el plan, la fase de "Hacer" implica la ejecución de las acciones previstas; es fundamental que las acciones planteadas en la fase de planificación se implementen de manera efectiva, involucrando a todo el personal y asegurando la correcta ejecución:

- **Implementación de un sistema de control de costos:** Establecer procesos para monitorear y controlar los costos de mantenimiento en tiempo real, con indicadores que permitan detectar desvíos y tomar medidas correctivas rápidamente.
- **Capacitación continua y sensibilización sobre seguridad:** Desarrollar programas de capacitación y simulacros de seguridad, así como implementar un sistema de retroalimentación para identificar las necesidades del personal en cuanto a seguridad.
- **Inversión en infraestructura y herramientas tecnológicas:** Adquirir nuevos equipos y software necesarios para la correcta planificación, ejecución y monitoreo

de las tareas de mantenimiento; esto incluirá la actualización de herramientas de diagnóstico, sistemas de monitoreo y software de gestión de mantenimiento.

- **Mejora de la gestión de repuestos:** Iniciar la implementación de un sistema de planificación de repuestos que optimice el stock y gestione eficientemente las compras.

3.3.3. Verificar (Check)

La fase de "Verificar" se centra en la evaluación de los resultados obtenidos; es fundamental realizar un seguimiento continuo de las acciones implementadas, midiendo el impacto de las mejoras en los costos, la seguridad, la infraestructura, la capacitación y la eficiencia operativa:

- **Monitorear los indicadores financieros y de costos:** Verificar si la reducción de los costos de mantenimiento, tanto directos como no planificados, está siendo efectiva; se deben realizar auditorías periódicas para asegurar que los costos estén dentro de los márgenes previstos.
- **Evaluar la efectividad de los programas de seguridad y capacitación:** Realizar encuestas periódicas de satisfacción de los trabajadores y análisis de los incidentes para determinar si la seguridad ha mejorado y si los trabajadores están aplicando correctamente las lecciones aprendidas.
- **Evaluar la mejora en la infraestructura de mantenimiento:** Realizar auditorías de la infraestructura para asegurar que los equipos y las herramientas estén funcionando de manera eficiente y que las inversiones realizadas hayan sido rentables.
- **Medir el impacto de las mejoras en la gestión de repuestos y consumibles:** Verificar si la mejora en la gestión de inventarios está reduciendo los tiempos de inactividad y las compras no planificadas.

3.3.4. Actuar (Act)

La fase final del ciclo implica tomar decisiones fundamentadas en los resultados obtenidos durante la fase de verificación; si los resultados son favorables, se deben estandarizar las mejoras, pero si no se alcanzan los objetivos, es necesario ajustar los planes.

- **Ajustar los procesos de mantenimiento:** Si se identifican áreas que aún requieren mejoras, se debe revisar el plan de acción y realizar ajustes en las estrategias implementadas.
- **Establecer nuevas metas y continuar con la mejora continua:** Si se logran los objetivos, se deben establecer nuevas metas más ambiciosas, buscando una mejora constante en todos los aspectos del SGM.

IV. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el nivel de sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. mediante la aplicación del índice CMSI. Los resultados evidenciaron un valor global de 0.34, lo que ubica a la empresa en un nivel bajo-intermedio de sostenibilidad, caracterizado por avances parciales y la presencia de brechas significativas en la planificación, control, infraestructura, recursos y mejora continua. En consecuencia, se identifica que el SGM presenta una estructura predominantemente reactiva, con limitada consolidación de enfoques preventivos y sostenibles, lo que restringe su desarrollo como un sistema estratégico dentro de la organización.

Desde la perspectiva de ingeniería, los resultados obtenidos evidencian que el sistema de mantenimiento presenta un bajo nivel de madurez técnica, caracterizado por la ausencia de metodologías estructuradas como RCM y TPM, así como por la limitada incorporación de herramientas tecnológicas como CMMS, lo cual guarda coherencia con el nivel de sostenibilidad obtenido en el CMSI.

En términos de indicadores, este comportamiento se traduce en valores bajos de confiabilidad (MTBF) y elevados tiempos de reparación (MTTR), lo cual reduce la disponibilidad operativa del sistema, evidenciando un desempeño operativo que limita la eficiencia global del sistema.

Asimismo, la falta de implementación de estrategias de mantenimiento predictivo, así como el uso limitado de tecnologías asociadas a la Industria 4.0, como sensores e IoT, evidencia una oportunidad de mejora significativa en la gestión del mantenimiento, lo cual restringe la capacidad del sistema para anticiparse a fallas y optimizar su desempeño.

Desde el punto de vista económico, la ausencia de un enfoque basado en el costo del ciclo de vida (LCC) limita la optimización de recursos, mientras que la no aplicación de indicadores como el OEE restringe la evaluación integral del desempeño del sistema, afectando directamente la sostenibilidad financiera del sistema de mantenimiento.

En este sentido, la incorporación de metodologías de optimización del mantenimiento permitiría mejorar significativamente la sostenibilidad y eficiencia del sistema.

En el contexto de la empresa Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., la automatización del sistema de mantenimiento no se encuentra implementada actualmente; sin embargo, se plantea como una propuesta técnica viable la incorporación de sensores para el monitoreo

de variables críticas en los equipos, tales como temperatura del motor, vibración y horas de operación, lo cual representa una oportunidad clara de transición hacia un mantenimiento basado en datos.

Esta propuesta permitiría registrar información en tiempo real sobre el estado de los equipos, facilitando la identificación de condiciones anómalas y la anticipación de fallas. De esta manera, el mantenimiento podría evolucionar hacia un enfoque predictivo, en el cual las decisiones se basen en el comportamiento real de los equipos.

Desde el enfoque de control, el sistema de mantenimiento puede ser interpretado como un sistema dinámico en el que se gestionan variables operativas como el tiempo entre fallas (MTBF), el tiempo de reparación (MTTR) y la disponibilidad de los equipos. En este sentido, el monitoreo de dichas variables permite establecer mecanismos de retroalimentación que orienten la toma de decisiones en mantenimiento, contribuyendo a mejorar la toma de decisiones y la estabilidad operativa del sistema.

Asimismo, el análisis de la información obtenida permite ajustar las estrategias de mantenimiento, optimizar la frecuencia de intervención y mejorar la confiabilidad del sistema, reduciendo los tiempos de inactividad.

Un primer hallazgo relevante fue que las categorías maquinaria y método concentraron el 73 % de las causas asociadas al incumplimiento del SGM; este resultado sugiere que los principales problemas de sostenibilidad no se originan únicamente en la disponibilidad de recursos físicos, sino también en debilidades de gestión, tales como la insuficiente planificación del mantenimiento, el registro inadecuado de intervenciones y la ausencia de herramientas sistemáticas para la detección de fallas; en términos prácticos, ello indica que la sostenibilidad del mantenimiento en la empresa no depende solo de renovar equipos, sino también de fortalecer los procedimientos técnicos y administrativos que organizan la actividad de mantenimiento, lo que reafirma que la sostenibilidad del SGM depende tanto de factores técnicos como de la calidad de su gestión.

Este resultado guarda correspondencia con García et al. (2020), quienes identificaron que la baja disponibilidad técnica y las fallas recurrentes en una flota vehicular estaban asociadas a debilidades del sistema de gestión del mantenimiento, las cuales pudieron reconocerse mediante herramientas de análisis causal e indicadores técnicos; de forma semejante, en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. las fallas más críticas no aparecen como eventos aislados, sino como manifestaciones de un sistema con deficiencias en organización, seguimiento y soporte operativo; no obstante, a diferencia del estudio citado, la presente

investigación no evaluó una flota completa mediante indicadores de clase mundial, sino un sistema de gestión de mantenimiento desde el enfoque de sostenibilidad del CMSI.

El valor global de 0.34 obtenido en el CMSI expresa un nivel de sostenibilidad limitado dentro del sistema de gestión de mantenimiento; este resultado puede explicarse por la concurrencia de varios factores observados durante el diagnóstico: predominio de intervenciones correctivas sobre preventivas, debilidades en la programación y control del mantenimiento, carencia de stock oportuno de repuestos, insuficiencia de herramientas, maquinaria envejecida y escasa capacitación técnica del personal; en conjunto, estas condiciones reducen la madurez del sistema en términos financieros, operativos, sociales y de desarrollo, impidiendo que el mantenimiento se gestione como un proceso estratégico orientado a la sostenibilidad, confirmando que el sistema aún no alcanza un nivel de madurez suficiente para ser considerado sostenible en términos integrales.

El hallazgo presenta similitud con lo reportado por Huacha (2022), quien obtuvo un índice CMSI de 0.314 en una empresa del sector mantenimiento, identificando como principales debilidades los procesos de mantenimiento y la perspectiva financiera; la cercanía entre ambos resultados permite inferir que en contextos empresariales con escasa formalización del mantenimiento, el índice CMSI tiende a reflejar niveles bajos o moderados de sostenibilidad; sin embargo, mientras en el estudio de Huacha se reportó posteriormente un incremento sustancial del índice tras la implementación de una propuesta, en la presente investigación la propuesta formulada no fue ejecutada, por lo que el valor 0.34 representa únicamente el diagnóstico inicial del sistema.

Un aspecto que requiere una interpretación específica es el comportamiento de la perspectiva financiera, cuyo valor fue de 0.27, y de la perspectiva de procesos de mantenimiento, que alcanzó 0.32; en el caso de la perspectiva financiera, el resultado bajo se relaciona con la ausencia de una gestión económica ordenada del mantenimiento, evidenciada en la insuficiente previsión de repuestos, la carencia de herramientas adecuadas y los mayores costos derivados de paradas no planificadas y tiempos prolongados de reparación; esto indica que el mantenimiento no se viene gestionando con una lógica preventiva orientada al control del costo total, sino más bien como una respuesta ante fallas ya ocurridas, lo que incrementa el uso ineficiente de recursos; por su parte, la perspectiva de procesos de mantenimiento obtuvo 0.32 debido a debilidades en análisis y mejora, ejecución y medición, planificación y programación, así como en la gestión de consumibles y repuestos.

En relación con las perspectivas evaluadas, los resultados muestran que las mayores brechas no se distribuyen de manera aleatoria, sino que se concentran en componentes esenciales para la sostenibilidad del mantenimiento; la perspectiva financiera con 0.27 evidencia que la empresa aún no logra traducir la gestión del mantenimiento en decisiones de costo eficientes, ya que persisten gastos asociados a fallas no planificadas, uso limitado de herramientas que permitan reducir retrabajos y tiempos muertos y retrasos por falta de repuestos; de modo similar, la perspectiva de procesos de mantenimiento con 0.32 confirma que las prácticas operativas todavía presentan una madurez limitada, especialmente en planificación, programación, control y seguimiento de las intervenciones; esta combinación de resultados sugiere que el problema central no radica solo en la ejecución técnica del mantenimiento, sino en la falta de integración entre el componente operativo y el componente económico y, lo cual impide que el sistema funcione con criterios de mejora continua y sostenibilidad.

Este comportamiento es coherente con lo señalado por Jasiulewicz-Kaczmarek et al. (2021), quienes sostienen que el mantenimiento sostenible debe evaluarse desde una visión integral que combine componentes económicos, sociales y ambientales dentro de un índice sintético; desde esa perspectiva, un valor bajo en determinadas dimensiones no solo refleja ineficiencia operativa, sino también una débil incorporación de la sostenibilidad en la gestión del mantenimiento; en el caso de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., ello se manifiesta en la ausencia de una cultura de mantenimiento basada en planificación, evidencia y mejora continua.

También resulta necesario explicar la diferencia entre los criterios que alcanzaron 0.50 y aquellos que solo llegaron a 0.25; los valores de 0.50, como en producción y calidad o en competencias de los trabajadores de mantenimiento, reflejan que existen prácticas parcialmente desarrolladas que permiten cierto nivel de funcionamiento aceptable, aunque todavía sin consolidación suficiente; quiere decir, son aspectos donde la empresa muestra avances iniciales, pero aún no logra una gestión sistemática ni sostenida; sin embargo, los criterios ubicados en 0.25, como costos directos de mantenimiento, medioambiente y gestión de repuestos y consumibles, revelan debilidades más marcadas, asociadas a baja formalización, limitada incorporación de prácticas preventivas y escaso control; esta diferencia interna entre criterios permite entender que el SGM no se encuentra homogéneamente desarrollado, sino que presenta áreas con desempeño intermedio y otras

con rezagos más severos, situación que explica por qué el CMSI global permanece en un nivel medio de sostenibilidad, pero cercano al límite inferior de la escala de CMSI.

A partir de estos hallazgos, la formulación de un plan de mejora basado en el ciclo de Deming resulta pertinente como respuesta técnica y organizacional frente a las brechas identificadas; su pertinencia radica en que permite ordenar acciones de planificación, ejecución, verificación y ajuste sobre los componentes más débiles del sistema; no obstante, debido a que dicha propuesta no fue implementada ni validada experimentalmente en el presente estudio, sus efectos deben interpretarse como potenciales y no como resultados comprobados; en ese sentido, su valor principal reside en ofrecer una ruta estructurada de fortalecimiento del SGM para una aplicación futura.

Entre las principales limitaciones del estudio, debe señalarse que la investigación se desarrolló bajo un diseño no experimental y de corte transversal, por lo que los resultados corresponden a un diagnóstico realizado en un momento específico y no permiten evaluar cambios en el tiempo; asimismo, la valoración del SGM se efectuó en una sola empresa, lo que restringe la generalización de los hallazgos a otros talleres o contextos del sector; del mismo modo, la propuesta de mejora formulada no fue implementada ni sometida a validación empírica, de modo que no fue posible medir su efecto real sobre el valor del CMSI; finalmente, algunos datos diagnósticos provinieron de registros internos disponibles, por lo que su utilidad fue principalmente descriptiva y contextual.

Estas limitaciones abren la posibilidad de desarrollar futuras investigaciones que evalúen la implementación del plan de mejora propuesto y su impacto en el incremento del índice CMSI.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Se determinó que el sistema de gestión de mantenimiento de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., evaluado mediante el índice CMSI, alcanzó un valor global de 0.34, lo que evidencia un nivel bajo-intermedio de sostenibilidad; este resultado muestra que el sistema presenta avances parciales, pero aún mantiene brechas importantes en su organización, control y orientación hacia prácticas sostenibles, lo que limita su consolidación como un sistema de mantenimiento eficiente y sostenible.
2. El diagnóstico del estado actual del SGM permitió identificar deficiencias relacionadas con la planificación del mantenimiento, el registro de intervenciones, la detección de fallas, la disponibilidad de herramientas, la gestión de repuestos, la antigüedad de la maquinaria y la capacitación del personal técnico; estas condiciones reflejan una gestión predominantemente reactiva, con limitada consolidación de prácticas preventivas, lo que afecta directamente la confiabilidad y el desempeño operativo del sistema.
3. Mediante el análisis de Ishikawa y Pareto se evidenció que las categorías maquinaria y método concentraron el 73 % de las causas asociadas al incumplimiento del sistema de gestión de mantenimiento, por lo que constituyen los factores más críticos que limitan la sostenibilidad del sistema en la empresa, evidenciando que las principales oportunidades de mejora se concentran en aspectos técnicos y de gestión del mantenimiento.
4. La aplicación del índice CMSI permitió identificar que las principales debilidades del sistema no se restringen a la dimensión operativa, sino que también comprometen aspectos de organización, disponibilidad de recursos, control de procesos y desarrollo técnico del mantenimiento, lo que impide que el SGM se consolide como un sistema sostenible en términos económicos, sociales y operativos, limitando su capacidad de generar valor sostenible dentro de la organización.
5. Sobre la base de los hallazgos obtenidos, se formuló un plan de mejora estructurado según el ciclo de Deming, orientado a atender las brechas detectadas en el diagnóstico; sin embargo, dicha propuesta no fue implementada ni validada experimentalmente en el presente estudio, por lo que su alcance corresponde a una propuesta técnica orientada a la mejora del sistema y susceptible de validación en estudios posteriores.

6. Se concluye que el sistema de gestión de mantenimiento presenta limitaciones desde el enfoque de ingeniería de confiabilidad, evidenciando la necesidad de incorporar indicadores técnicos como MTBF, MTTR y disponibilidad operativa, así como herramientas de mantenimiento predictivo, con el fin de mejorar el desempeño del sistema y su sostenibilidad, contribuyendo así a una gestión más eficiente, confiable y orientada a la mejora continua del sistema.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. implementar de manera progresiva y planificada el plan de mejora estructurado según el ciclo de Deming, priorizando acciones vinculadas con planificación del mantenimiento, control de intervenciones, gestión de repuestos, disponibilidad de herramientas y capacitación técnica del personal.
2. Se recomienda fortalecer el registro y sistematización de las actividades de mantenimiento mediante formatos estandarizados o herramientas digitales, con el fin de mejorar la trazabilidad de las intervenciones y facilitar futuras evaluaciones del SGM, contribuyendo a una gestión más organizada y basada en información confiable.
3. Se recomienda desarrollar futuras investigaciones con diseño longitudinal o cuasi experimental que permitan implementar y validar empíricamente la propuesta formulada, a fin de medir su efecto real sobre el índice CMSI y sobre la sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento, fortaleciendo la evidencia científica sobre la mejora del sistema de mantenimiento.
4. Se recomienda incorporar indicadores complementarios de desempeño, como tiempos de inactividad, retrabajos, costos de mantenimiento y cumplimiento de mantenimiento preventivo, para fortalecer la toma de decisiones basada en evidencia, permitiendo optimizar el desempeño y la sostenibilidad del sistema de mantenimiento.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akkartal, E., & Aras, G. (2021). Sustainability in Fleet Management. *Journal of Advanced Research in Economics and Administrative Sciences*, 2(3), 13–39. <http://dx.doi.org/10.47631/jareas.v2i3.288>
- Albuja-Sánchez, J., & Damián-Chalán, A. (2024). Leveraging Life Cycle Cost Analysis (LCCA) for optimized decision making in adobe construction materials. *Applied Sciences*, 14(5), 1760. <https://doi.org/10.3390/app14051760>
- Arias Gonzales, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Enfoques Consulting EIRL. (Depósito legal 2021; ISBN 978-612-48444-2-3).
- Asociación Automotriz del Perú (2025). *Flujo vehicular mantiene ritmo positivo y crece 3 % en febrero de 2025, impulsado por turismo y reactivación económica*. <https://aap.org.pe/flujo-vehicular-mantiene-ritmo-positivo-y-crece-3-en-febrero-de-2025-impulsado-por-turismo-y-reactivacion-economica/>
- Barbieri, G., & Hernandez, J. D. (2024). Sustainability indices and RAM analysis for maintenance decision making considering environmental sustainability. *Sustainability*, 16(3), 979. <https://doi.org/10.3390/su16030979>
- Cámara de Comercio de Lima. (2021). *Informe sobre la eficiencia operativa en el sector transporte*. Lima: Cámara de Comercio de Lima.
- Cheng, S., Peng, Z., Tong, D., Wang, H., & Yan, L. (2023). Health and economic benefits of pollution control policies for heavy-duty diesel trucks in Beijing. *Environmental Research*, 235. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108152>
- Del Castillo, A., & Parlikad, A. (2024). Dynamic fleet management: Integrating predictive and preventive maintenance with operation workload balance to minimise cost. *Reliability Engineering & System Safety*, 249. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.110243>
- Fernández, P. (2022). Desafíos del transporte en Perú: Cumplimiento normativo y sostenibilidad. *Revista de Transporte y Logística*.

- Garay-Livia, S., Chavarry-Pinazo, D., & Calderón-Gonzales, W. (2025). Driving Operational Reliability through Lean-TPM Synergy: A Case Study in a Freight SME from Peru. *International Research Journal of Economics and Management Studies*, 4(5), 233–246. <http://dx.doi.org/10.56472/25835238/IRJEMS-V4I5P132>
- García, E., & Gondres, I., Ramirez, N., Printes, A., Gomes, R., & Cardoso, F. (2022). Análisis del mantenimiento en vehículos de transporte masivo a través de indicadores de mantenimiento de clase mundial. *Conjecturas*, 22, 1230-1242. <http://dx.doi.org/10.53660/CONJ-836-F19>
- García, M. (2020). *Contaminación del aire en Lima: Impactos del transporte de carga pesada*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- González, A. (2021). Impacto de la gestión de mantenimiento en la sostenibilidad del transporte. *Revista de Logística y Transporte*.
- Gopalakrishnan, M., Subramaniyan, M., & Skoogh, A. (2020). Data-driven machine criticality assessment: Maintenance decision support for increased productivity. *Production Planning & Control*, 33(12), 1241–1257. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1817601>
- Hamasha, M., Bani-Irshid, A., Al-Mashaqbeh, S., Shwaheen, G., Al-Qadri, L., Shbool, M., Muathen, D., Ababneh, M., Harfoush, S., Albedoor, Q., Al-Bashir, A. (2023). Strategical selection of maintenance type under different conditions. *Sci Rep*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42751-5>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación (6.ª ed.)*. McGraw-Hill.
- Huacha, R. (2022). *Evaluación de sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento en empresa CASME C&M S.R.L. aplicando índice CMSI*. [Tesis pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo
- Islam, M., Sepanloo, K., Woo, S., Woo, S., & Son, Y. (2025). A review of the industry 4.0 to 5.0 transition: Exploring the intersection, challenges, and opportunities of technology and human–machine collaboration. *Machines*, 13(4), 267. <https://doi.org/10.3390/machines13040267>

- Jasiulewicz-Kaczmarek, M., & Antosz, K. (2021). The Concept of Sustainable Maintenance Criteria Assessment. En *Advances in Production Management Systems. Artificial Intelligence for Sustainable and Resilient Production Systems (APMS 2021) (IFIP AICT 634)*, pp. 427–436). https://doi.org/10.1007/978-3-030-85910-7_45
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M., & Żywica, P. (2018). The concept of maintenance sustainability performance assessment by integrating balanced scorecard with non-additive fuzzy integral. *Eksploracja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 20(4), 650–661. <https://doi.org/10.17531/ein.2018.4.16>
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Żywica, P. & Gola, A. (2021). Fuzzy set theory driven maintenance sustainability performance assessment model: A multiple criteria approach. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32, 2133–2157. <https://doi.org/10.1007/s10845-020-01734-3>
- Keller, S., & Owen, A. (2025). A comprehensive cost-benefit analysis of preventive maintenance versus corrective maintenance: Assessing the financial impact and operational benefits in engineering. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/389501396_A_Comprehensive_Cost-Benefit_Analysis_of_Preventive_Maintenance_Versus_Corrective_Maintenance_Assessing_the_Financial_Impact_and_Operational_Benefits_in_Engineering
- Li, J. (2023). *Sustainable Transportation in China: Challenges and Solutions*. Beijing University Press.
- Lumintu, I., & Maududie, A. (2025). Supporting Sustainable Workforce Management for Worker Illness Absence Through Predictive Analytics. *Engineering Proceedings*, 84(1), 17. <https://doi.org/10.3390/engproc2025084017>
- Martínez, P. (2012). *Metodología de la investigación científica*. Editorial Universitaria.
- McNeil, W., Porzio, J., Tong, F., Harley, R., Auffhammer, M., & Scown, C. (2025). Impact of truck electrification on air pollution disparities in the United States. *Nature Sustainability*, 8(3), 276-286. <https://doi.org/10.1038/s41893-025-01515-x>
- Mendes, D., Gaspar, P. D., Charrua-Santos, F., & Navas, H. (2023). Synergies between Lean and Industry 4.0 for enhanced maintenance management in sustainable operations: A model proposal. *Processes*, 11(9), 2691. <https://doi.org/10.3390/pr11092691>

- Moleđa, M., Małysiak-Mrozek, B., Ding, W., Sunderam, V., & Mrozek, D. (2023). From corrective to predictive maintenance—A review of maintenance approaches for the power industry. *Sensors*, 23(13), 5970. <https://doi.org/10.3390/s23135970>
- Müller, A. (2021). Germany's Green Transport Policies: A Case Study. *German Transport Journal*.
- Nelson, J. P., Biddle, J. B., & Shapira, P. (2023). Applications and societal implications of artificial intelligence in manufacturing: A systematic review. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2308.02025>
- Nioata, A., Țăpirdea, A., Chivu, O., Feier, A., Enache, I., Gheorghe, M., & Borda, C. (2025). Workplace safety in industry 4.0 and beyond: A case study on risk reduction through smart manufacturing systems in the automotive sector. *Safety*, 11(2), 50. <https://doi.org/10.3390/safety11020050>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Pérez, J. (2022). Retos en el mantenimiento de flotas: Un estudio de caso en Perú. Universidad de Lima.
- Pincioli, L., Baraldi, P., & Zio, E. (2023). Maintenance optimization in Industry 4.0. *Reliability Engineering & System Safety*, 234, 109204. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109204>
- Quiroz-Flores, J., Carrasco-Morales, K., & Aznarán-Sánchez, S. (2022). Integrated BPM-TPM Maintenance Model to reduce over-time order rate in heavy-duty sector SMEs: A Research in Peru. In *2022 The 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management* (pp. 34-40). <http://dx.doi.org/10.1145/3524338.3524344>
- Rivero, J., Soler, J., & Delgado, F. (2022). Evaluación del nivel de sostenibilidad en la gestión de las tecnologías y sistemas de información a través de la Lógica Difusa Compensatoria. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 154-168. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.4383>

- Rodríguez, L. (2023). Sostenibilidad en el transporte: La importancia del mantenimiento adecuado. *Revista de Transporte y Desarrollo Sostenible*.
- Sánchez-Ccoyllo, O. R., Llacza, A., Ayma-Choque, E., Alonso, M., Castesana, P., & Andrade, M. d. F. (2022). Evaluating the Impact of Vehicular Aerosol Emissions on Particulate Matter (PM_{2.5}) Formation Using Modeling Study. *Atmosphere*, 13(11), 1816. <https://doi.org/10.3390/atmos13111816>
- Škerlič, S., Sokolovskij, E., & Erčulj, V. (2020). Maintenance of heavy trucks: an international study on truck drivers. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 22(3), 493–500. <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2020.3.12>
- Smith, R. (2022). Emissions and Regulations: The Future of Trucking in the U.S. *American Journal of Transportation Studies*.
- Stenström, C., Norrbin, P., Parida, A., & Kumar, U. (2015). Preventive and corrective maintenance – cost comparison and cost–benefit analysis. *Structure and Infrastructure Engineering*, 12(5), 603–617. <https://doi.org/10.1080/15732479.2015.1032983>
- Syré, A., & Göhlich, D. (2025). Decarbonization of Long-Haul Heavy-Duty Truck Transport: Technologies, Life Cycle Emissions, and Costs. *World Electric Vehicle Journal*, 16(2), 76. <https://doi.org/10.3390/wevj16020076>
- Ulansky, V., & Raza, A. (2024). A Historical Survey of Corrective and Preventive Maintenance Models with Imperfect Inspections: Cases of Constant and Non-Constant Probabilities of Decision Making. *Aerospace*, 11(1), 92. <https://doi.org/10.3390/aerospace11010092>
- Żywica, P., Siwek, J., & Jasiulewicz-Kaczmarek, M. (2021). Interaction-driven aggregation of multiple numeric indicators with applications to decision-making support systems. In *2021 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)* (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FUZZ45933.2021.9494470>
- Zonta, T., da Costa, C. A., da Rosa Righi, R., de Lima, M. J., da Trindade, E. S., & Li, G. P. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106889. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889>

- Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Antosz, K., & Mazurkiewicz, D. (2021). Maintenance sustainability performance assessment using the balanced scorecard approach. *Sustainability*, 13(1), 347. <https://doi.org/10.3390/su13010347>
- Carvalho, T. P., Soares, F. A. A. M. N., Vita, R., Francisco, R. P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. (2021). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106024. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024>
- Carvalho, T. P., Soares, F. A. A. M. N., Vita, R., Francisco, R. P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. (2021). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106024. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos de la investigación	Variables	Dimensiones	Metodología
Problema principal:	Objetivo principal:			
¿Cuál es el nivel de sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., evaluado mediante el índice CMSI, en Chiclayo, 2025?	Determinar el nivel de sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. mediante la aplicación del índice CMSI, 2025.	Sostenibilidad del SGM	Perspectiva Financiera (F)	Tipo: Aplicada Diseño: No Experimental Nivel: descriptivo-diagnóstico Enfoque: Cuantitativo
	Objetivos Específicos:		Perspectiva de las Partes Interesadas en Mantenimiento (S)	
	(a) Diagnosticar el estado actual del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., aplicando el índice CMSI.		Perspectiva de los Procesos de Mantenimiento (P)	
	(b) Evaluar los aspectos críticos que limitan la sostenibilidad del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.		Perspectiva de Innovación y Desarrollo (D)	
	(c) Proponer un plan de mejora, basado en los resultados del índice CMSI y estructurado según el ciclo de Deming, para fortalecer la sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.		CMSI global (promedio simple de F, S, P, D)	

Anexo 2. Matriz de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de medición	
Sostenibilidad del SGM	Capacidad del sistema de gestión de mantenimiento para sostener un desempeño equilibrado en términos económicos, sociales, ambientales y de mejora continua dentro de la organización.	Se evaluará mediante la aplicación del índice CMSI, el cual valora la sostenibilidad del SGM a partir de cuatro perspectivas, 14 criterios y 83 ítems, con puntuaciones normalizadas en un rango de 0 a 1.	Perspectiva Financiera	F1	Costos de involucrados en el mantenimiento	Guía de observación basada en el índice CMSI	Matriz de madurez de 1 a 5: 1 = Se desconoce 2 = Se administra correctivamente 3 = Se encuentran definidos 4 = Se administra cuantitativamente 5 = En proceso de optimización
				F2	Costos directos de mantenimiento		
				S1	Producción y calidad		
				S2	Seguridad y salud		
				S3	Medioambiente		
				S4	Comunicación y cooperación con colaboradores		
				P1	Análisis y mejora		
				P2	Ejecución y medición		
				P3	Planificación y programación de mantenimiento		
				P4	Gestión de servicios externos		
				P5	Gestión de repuestos y consumibles		
				D1	Competencias de trabajadores de mantenimiento		
				D2	Infraestructura de mantenimiento		
				D3	Satisfacción de trabajadores de mantenimiento		

Nota. La escala para evaluar el CMSI es: Alto nivel de sostenibilidad (0.75 – 1.00), Medio nivel de sostenibilidad (0.25 - 0.75), Bajo nivel de sostenibilidad (0.00 - 0.25) según Jasiulewicz y Zywica (2018)

Anexo 3. Validación por juicio de expertos

NOMBRE		Nolberto Fredy Cubas Medina
	PROFESIÓN	Ingeniero Mecánico Electricista
	GRADO ACADEMICO	Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista
	EXPERIENCIA PROFESIONAL (EN AÑOS)	8 años
	CARGO	Supervisor Especialista en Mantenimiento Mecánico
Sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. con índice CMSI, Chiclayo, 2025		
DATOS DE TESIS		
NOMBRES	Bach. Víctor Manuel Torres Javier Bach. Lin Yuntang Mendoza Montenegro	
ESPECIALIDAD	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	
INSTRUMENTO EVALUADO	Ficha de observación para el análisis del CMSI	
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	GENERAL Determinar el nivel de sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. mediante la aplicación del índice CMSI, 2025.	
	ESPECÍFICOS 1) Diagnosticar el estado actual del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., aplicando el índice CMSI; 2) evaluar los aspectos críticos que limitan la sostenibilidad del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.; y 3) proponer un plan de mejora, basado en los resultados del índice CMSI y estructurado según el ciclo de Deming, para fortalecer la sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.	
EVALÚE CADA ITEM DEL INSTRUMENTO MARCANDO CON UN ASPA EN “TD” SI ESTÁ TOTALMENTE EN DESACUERDO; “TA” SI ESTA EN TOTALMENTE DE ACUERDO; POR FAVOR ESPECIFIQUE SUS SUGERENCIAS.		
DETALLE DE LOS ÍTEMS DEL INSTRUMENTO	El instrumento de recolección de datos estuvo conformado por una guía de observación adaptada del índice CMSI, integrada por 4 perspectivas, 14 criterios y 83 ítems; su diseño se sustentó en la revisión de la literatura especializada y en la estructura original del modelo CMSI; para asegurar la validez de contenido, el instrumento será sometido a juicio de tres expertos, quienes evaluarán la claridad, pertinencia y coherencia de los ítems con respecto a la variable de estudio, los objetivos de la investigación y el contexto de aplicación; una vez validado, el instrumento será aplicado a las unidades de análisis mediante observación directa, revisión documental y contraste de evidencias, bajo criterios uniformes de valoración.	

Ficha de observación para el análisis del CMSI

Ítem	Perspectiva	Descripción del criterio	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Total	Promedio	Evaluación	
			Se desconoce	Se administran correctivamente	Se encuentran definidos	Se administran cuantitativamente (previstos)	En proceso de optimización			TA: Totalmente de acuerdo	TD: Totalmente en desacuerdo
		F1 - Costos de involucrados en el mantenimiento									
1	Perspectiva Financiera	Costos de lucro cesante (por detención de los equipos)	0					0	0,28	TA (X)	TD ()
		SUGERENCIAS:	_____								
2		Costos por deficiencias en la calidad		1				1		TA (X)	TD ()
		SUGERENCIAS:	_____								
3		Costos no planificados de compra de repuestos y servicios de subcontratistas		1				1		TA (X)	TD ()
	SUGERENCIAS:	_____									
4	Costos de incumplimiento de requisitos legales (multas, penalizaciones, etc.)			2			2	TA (X)	TD ()		
	SUGERENCIAS:	_____									
5	Costos ambientales debido a fallas		0				0	TA (X)	TD ()		
	SUGERENCIAS:	_____									

6	Costos de disposición de residuos generados durante los trabajos de servicio	0					0	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
7	Costos de horas extra			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
8	Costos de incumplimiento de requisitos de seguridad en el trabajo			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
9	Costos relacionados a lesiones y accidentes de trabajadores de mantenimiento, operadores y terceros ocurridos durante los trabajos de mantenimiento.			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
F2 - Costos directos de mantenimiento								
10	Costos de mano de obra			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
11	Costos de capacitación	0					0	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
12	Costos de compra y mantenimiento de inventario	0					0	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
13	Costos de subcontratistas		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____

14		Costos de los medios consumidos por el departamento de mantenimiento (electricidad, aire comprimido, agua, etc.)			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	Perspectiva de las Partes Interesadas en Mantenimiento	S1 - Producción y calidad							0,27	
15		Disponibilidad y confiabilidad de las máquinas			2			2	0,50	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
16		Rendimiento de los equipos			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
17		Calidad de producción	1					1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
18		Overall Equipment Efficiency (OEE)			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
19		Capacidad de respuesta a solicitudes de servicio				3		3		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
20		Calidad de capacitaciones realizadas por el departamento de mantenimiento al área de producción			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
21		Disponibilidad y calidad de los procedimientos e instrucciones para operadores				3		3		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____

22	Incumplimiento en entregas por operación inestable y fallos de unidades		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	S2 - Seguridad y salud								
23	Lesiones y accidentes durante la realización de trabajos de mantenimiento por parte de operadores y/o subcontratistas		1				1	0,35	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
24	Abandono o no realización de trabajos como consecuencia de riesgos			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
25	Identificación e incumplimiento de los principios de SST		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
26	Acciones de mejora realizadas por el personal de mantenimiento para eliminar los riesgos para la salud y seguridad			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
27	Preocupación por limitar la criticidad de los accidentes/fallos		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	S3 - Medioambiente								
28	Incidentes ambientales durante los trabajos realizados por operadores, subcontratistas y resultantes del abandono o no realización de las actividades	0					0	0,25	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
29	Sistema de monitoreo de residuos relacionados con los mismos	0					0		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____

									SUGERENCIAS: _____
30	Desperdicio de productos causados por maquinaria inestable y fallas			2				2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
31	Acciones de mejora tomadas por el personal de mantenimiento para eliminar los riesgos ambientales relacionados a fallas de maquinaria		1					1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
32	Acciones relacionadas a limitar la criticidad de accidentes/fallos			2				2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	S4 - Comunicación y cooperación con colaboradores								
33	Existencia de canales de comunicación constante			2				2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
34	Sistema formal de reuniones			2				2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
35	Presencia de incompatibilidades causadas por falta de comunicación o transferencia oportuna de información		1					1	0,44 TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
36	Trabajo de equipos multidisciplinarios para resolver problemas y mejorar			2				2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____

		P1 - Análisis y mejora						0,40	
37	Perspectiva de los Procesos de Mantenimiento	Análisis de límites tecnológicos de consumo de medios por parte de los equipos (agua, electricidad)		1			1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
38		Presencia de eventos de emergencia y sus causas			2		2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
39		Análisis de tiempos de reparación			2		2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
40		Estudio de retrasos en ejecución de tareas		1			1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
41		Análisis de consumo de lubricantes				3	3	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
42		Estudio de sustancias peligrosas empleadas en servicio	0				0	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
43		Sistema de mejora formal y eficiencia		1			1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
44		Modernización de maquinaria y equipos y análisis de eficiencia		1			1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	

45	Acciones encaminadas a prolongar el ciclo de vida de los lubricantes y limitar el consumo de sustancias peligrosas		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	P2 - Ejecución y medición								
46	Nivel de ejecución de plan y programa de mantenimiento			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
47	Método y alcance de registro y documentación de trabajo de mantenimiento		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
48	Sistema de inspección continua			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
49	Análisis de residuos generados por las actividades de mantenimiento		1				1	0,34	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
50	Procedimiento de segregación de residuos	0					0		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
51	Incidentes ambientales ocurridos durante actividades de mantenimiento		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
52	Lesiones y accidentes del personal de mantenimiento durante la prestación de servicio			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____

53	Cumplimiento de procedimientos de SST aplicables			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
P3 - Planificación y programación de mantenimiento								
54	Disponibilidad de datos e información sobre eventos operativos		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
55	Cumplimiento de mantenimientos planificados y eficacia de actividades		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
56	Disponibilidad de información de pruebas diagnósticas			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
57	Métodos y criterios formalizados para identificación de equipos críticos			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
58	Criterios para la selección de estrategias de mantenimiento para máquinas y dispositivos individuales		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
59	Procedimientos e instrucciones que tengan en cuenta los riesgos para SST y medioambiente	0					0	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
P4 - Gestión de servicios externos								
60	Métodos y criterios para selección de subcontratistas		1				1	TA (X) TD ()

										SUGERENCIAS: _____
61	Definición de alcance de servicios, normas y procedimientos de cooperación			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
62	Documentación de actividades realizadas			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
63	Seguimiento en ejecución de actividades externas		1					1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	P5 - Gestión de repuestos y consumibles									
64	Métodos y criterios para selección y evaluación de proveedores de repuestos y consumibles			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
65	Planificación de la demanda		1					1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
66	Seguimiento de stock		1					1	0,25	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
67	Uso de consumibles ecológicos	0						0		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
68	Métodos de almacenamiento adecuados en seguridad e impacto ambiental		1					1		TA (X) TD ()

										SUGERENCIAS: _____
69		Uso de piezas regeneradas/refabricadas		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	Perspectiva de Innovación y Desarrollo	D1 - Competencias de trabajadores de mantenimiento							0,32	
70		Planificación de la formación de empleados		1				1	0,50	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
71		Programas de introducción a nuevo personal				3		3	0,50	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
72		Métodos para verificar los conocimientos y habilidades de empleados			2			2	0,50	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
73		Temas de formación acorde a los requerimientos técnicos, de seguridad y medioambiental aplicables			2			2	0,50	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
		D2 - Infraestructura de mantenimiento								
75		Adecuación de calidad y cantidad de equipos en relación al alcance de los trabajos de mantenimiento realizados		1				1	0,35	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
76	Existencia de pruebas de diagnóstico, planificación y ejecución de inversiones en mantenimiento			2			2	0,35	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	

77	Análisis de retrasos en trabajos de servicio debido a falta de disponibilidad o calidad de equipos		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
78	Alcance de herramientas informáticas para trabajos de planificación y supervisión		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
79	Seguimiento y análisis de las instalaciones técnicas y procesos de mantenimiento			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
D3 - Satisfacción de trabajadores de mantenimiento									
80	Horario de trabajo establecido acorde a normativa aplicable			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
81	Ambiente de trabajo adecuado			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
82	Rotación en personal de mantenimiento		1				1	0,38	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
83	Sistema de motivación de personal		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
								0,38	
								0,34	

1. PROMEDIO OBTENIDO:	N° TA ____ 83 ____ N° TD ____ 0 ____
2. COMENTARIOS GENERALES: Ninguno	
3. OBSERVACIONES: Ninguna	

Chiclayo 04 de marzo del 2026



.....
Nolberto Fredy Cubas Medina
ING. MECANICO ELECTRICISTA
REG. CIP. 203891

Nolberto Fredy Cubas Medina
Validador Especialista
Colegiatura: 203891
DNI: 46118362

Anexo 3. Validación por juicio de expertos

NOMBRE		Franklin Olano Castro
	PROFESIÓN	Ingeniero Mecánico Electricista
	GRADO ACADEMICO	Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista
	EXPERIENCIA PROFESIONAL (EN AÑOS)	7 años
	CARGO	Gerente General
Sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. con índice CMSI, Chiclayo, 2025		
DATOS DE TESIS		
NOMBRES	Bach. Víctor Manuel Torres Javier Bach. Lin Yuntang Mendoza Montenegro	
ESPECIALIDAD	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	
INSTRUMENTO EVALUADO	Ficha de observación para el análisis del CMSI	
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	GENERAL Determinar el nivel de sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. mediante la aplicación del índice CMSI, 2025.	
	ESPECÍFICOS 1) Diagnosticar el estado actual del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., aplicando el índice CMSI; 2) evaluar los aspectos críticos que limitan la sostenibilidad del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.; y 3) proponer un plan de mejora, basado en los resultados del índice CMSI y estructurado según el ciclo de Deming, para fortalecer la sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.	
EVALÚE CADA ITEM DEL INSTRUMENTO MARCANDO CON UN ASPA EN “TD” SI ESTÁ TOTALMENTE EN DESACUERDO; “TA” SI ESTA EN TOTALMENTE DE ACUERDO; POR FAVOR ESPECIFIQUE SUS SUGERENCIAS.		
DETALLE DE LOS ÍTEMS DEL INSTRUMENTO	El instrumento de recolección de datos estuvo conformado por una guía de observación adaptada del índice CMSI, integrada por 4 perspectivas, 14 criterios y 83 ítems; su diseño se sustentó en la revisión de la literatura especializada y en la estructura original del modelo CMSI; para asegurar la validez de contenido, el instrumento será sometido a juicio de tres expertos, quienes evaluarán la claridad, pertinencia y coherencia de los ítems con respecto a la variable de estudio, los objetivos de la investigación y el contexto de aplicación; una vez validado, el instrumento será aplicado a las unidades de análisis mediante observación directa, revisión documental y contraste de evidencias, bajo criterios uniformes de valoración.	

Ficha de observación para el análisis del CMSI

Ítem	Perspectiva	Descripción del criterio	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Total	Promedio	Evaluación	
			Se desconoce	Se administran correctamente	Se encuentran definidos	Se administran cuantitativamente (previstos)	En proceso de optimización			TA: Totalmente de acuerdo	TD: Totalmente en desacuerdo
		F1 - Costos de involucrados en el mantenimiento									
1	Perspectiva Financiera	Costos de lucro cesante (por detención de los equipos)	0					0	0,28	TA (X)	TD ()
										SUGERENCIAS: _____	
2		Costos por deficiencias en la calidad		1				1		TA (X)	TD ()
										SUGERENCIAS: _____	
3		Costos no planificados de compra de repuestos y servicios de subcontratistas		1				1		TA (X)	TD ()
								SUGERENCIAS: _____			
4		Costos de incumplimiento de requisitos legales (multas, penalizaciones, etc.)			2			2	TA (X)	TD ()	
									SUGERENCIAS: _____		
5		Costos ambientales debido a fallas	0					0	TA (X)	TD ()	
									SUGERENCIAS: _____		

6	Costos de disposición de residuos generados durante los trabajos de servicio	0					0	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
7	Costos de horas extra			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
8	Costos de incumplimiento de requisitos de seguridad en el trabajo			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
9	Costos relacionados a lesiones y accidentes de trabajadores de mantenimiento, operadores y terceros ocurridos durante los trabajos de mantenimiento.			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
	F2 - Costos directos de mantenimiento								
10	Costos de mano de obra			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
11	Costos de capacitación	0					0	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
12	Costos de compra y mantenimiento de inventario	0					0	0,25 TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
13	Costos de subcontratistas		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	

14		Costos de los medios consumidos por el departamento de mantenimiento (electricidad, aire comprimido, agua, etc.)			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	Perspectiva de las Partes Interesadas en Mantenimiento	S1 - Producción y calidad							0,27	
15			Disponibilidad y confiabilidad de las máquinas			2		2	0,50	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
16			Rendimiento de los equipos			2		2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
17			Calidad de producción	1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
18			Overall Equipment Efficiency (OEE)			2		2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
19			Capacidad de respuesta a solicitudes de servicio				3	3		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
20			Calidad de capacitaciones realizadas por el departamento de mantenimiento al área de producción			2		2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
21			Disponibilidad y calidad de los procedimientos e instrucciones para operadores				3	3		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____

22	Incumplimiento en entregas por operación inestable y fallos de unidades		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
S2 - Seguridad y salud									
23	Lesiones y accidentes durante la realización de trabajos de mantenimiento por parte de operadores y/o subcontratistas		1				1	0,35	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
24	Abandono o no realización de trabajos como consecuencia de riesgos			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
25	Identificación e incumplimiento de los principios de SST		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
26	Acciones de mejora realizadas por el personal de mantenimiento para eliminar los riesgos para la salud y seguridad			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
27	Preocupación por limitar la criticidad de los accidentes/fallos		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
S3 - Medioambiente									
28	Incidentes ambientales durante los trabajos realizados por operadores, subcontratistas y resultantes del abandono o no realización de las actividades	0					0	0,25	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
29	Sistema de monitoreo de residuos relacionados con los mismos	0					0		TA (X) TD ()

										SUGERENCIAS: _____	
30		Desperdicio de productos causados por maquinaria inestable y fallas			2				2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
31		Acciones de mejora tomadas por el personal de mantenimiento para eliminar los riesgos ambientales relacionados a fallas de maquinaria		1					1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
32		Acciones relacionadas a limitar la criticidad de accidentes/fallos			2				2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
		S4 - Comunicación y cooperación con colaboradores									
33		Existencia de canales de comunicación constante			2				2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
34		Sistema formal de reuniones			2				2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
35		Presencia de incompatibilidades causadas por falta de comunicación o transferencia oportuna de información		1					1	0,44 TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
36		Trabajo de equipos multidisciplinarios para resolver problemas y mejorar			2				2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	

	Perspectiva de los Procesos de Mantenimiento	P1 - Análisis y mejora							0,40	
37		Análisis de límites tecnológicos de consumo de medios por parte de los equipos (agua, electricidad)		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
38		Presencia de eventos de emergencia y sus causas			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
39		Análisis de tiempos de reparación			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
40		Estudio de retrasos en ejecución de tareas		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
41		Análisis de consumo de lubricantes				3		3	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
42		Estudio de sustancias peligrosas empleadas en servicio	0					0	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
43		Sistema de mejora formal y eficiencia		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
44		Modernización de maquinaria y equipos y análisis de eficiencia		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	

45	Acciones encaminadas a prolongar el ciclo de vida de los lubricantes y limitar el consumo de sustancias peligrosas		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	P2 - Ejecución y medición								
46	Nivel de ejecución de plan y programa de mantenimiento			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
47	Método y alcance de registro y documentación de trabajo de mantenimiento		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
48	Sistema de inspección continua			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
49	Análisis de residuos generados por las actividades de mantenimiento		1				1	0,34	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
50	Procedimiento de segregación de residuos	0					0		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
51	Incidentes ambientales ocurridos durante actividades de mantenimiento		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
52	Lesiones y accidentes del personal de mantenimiento durante la prestación de servicio			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____

53	Cumplimiento de procedimientos de SST aplicables			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
P3 - Planificación y programación de mantenimiento								
54	Disponibilidad de datos e información sobre eventos operativos		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
55	Cumplimiento de mantenimientos planificados y eficacia de actividades		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
56	Disponibilidad de información de pruebas diagnósticas			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
57	Métodos y criterios formalizados para identificación de equipos críticos			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
58	Criterios para la selección de estrategias de mantenimiento para máquinas y dispositivos individuales		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
59	Procedimientos e instrucciones que tengan en cuenta los riesgos para SST y medioambiente	0					0	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
P4 - Gestión de servicios externos								
60	Métodos y criterios para selección de subcontratistas		1				1	TA (X) TD ()

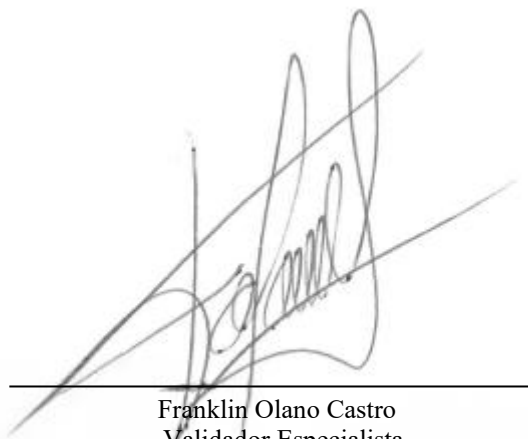
										SUGERENCIAS: _____
61	Definición de alcance de servicios, normas y procedimientos de cooperación			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
62	Documentación de actividades realizadas			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
63	Seguimiento en ejecución de actividades externas		1					1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
P5 - Gestión de repuestos y consumibles										
64	Métodos y criterios para selección y evaluación de proveedores de repuestos y consumibles			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
65	Planificación de la demanda		1					1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
66	Seguimiento de stock		1					1	0,25	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
67	Uso de consumibles ecológicos	0						0		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
68	Métodos de almacenamiento adecuados en seguridad e impacto ambiental		1					1		TA (X) TD ()

										SUGERENCIAS: _____	
69		Uso de piezas regeneradas/refabricadas		1					1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
	Perspectiva de Innovación y Desarrollo	D1 - Competencias de trabajadores de mantenimiento								0,32	
70		Planificación de la formación de empleados		1					1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
71		Programas de introducción a nuevo personal					3		3	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
72		Métodos para verificar los conocimientos y habilidades de empleados				2			2	0,50 TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
73		Temas de formación acorde a los requerimientos técnicos, de seguridad y medioambiental aplicables				2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
		D2 - Infraestructura de mantenimiento									
75		Adecuación de calidad y cantidad de equipos en relación al alcance de los trabajos de mantenimiento realizados		1					1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
76	Existencia de pruebas de diagnóstico, planificación y ejecución de inversiones en mantenimiento				2			2	0,35 TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____		

77	Análisis de retrasos en trabajos de servicio debido a falta de disponibilidad o calidad de equipos		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
78	Alcance de herramientas informáticas para trabajos de planificación y supervisión		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
79	Seguimiento y análisis de las instalaciones técnicas y procesos de mantenimiento			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
D3 - Satisfacción de trabajadores de mantenimiento								
80	Horario de trabajo establecido acorde a normativa aplicable			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
81	Ambiente de trabajo adecuado			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
82	Rotación en personal de mantenimiento		1				1	0,38 TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
83	Sistema de motivación de personal		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
								0,38
								0,34

4. PROMEDIO OBTENIDO:	N° TA ____ 83 ____ N° TD ____ 0 ____
5. COMENTARIOS GENERALES: Ninguno	
6. OBSERVACIONES: Ninguna	

Chiclayo 04 de marzo del 2026



Franklin Olano Castro
Validador Especialista
Colegiatura: 190629
DNI: 45215881

Anexo 3. Validación por juicio de expertos

NOMBRE		Cleyson Javier Tocto Olivera
	PROFESIÓN	Ingeniero Mecánico
	GRADO ACADEMICO	Título Profesional de Ingeniero Mecánico
	EXPERIENCIA PROFESIONAL (EN AÑOS)	3 años
	CARGO	Supervisor de mantenimiento
Sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. con índice CMSI, Chiclayo, 2025		
DATOS DE TESIS		
NOMBRES	Bach. Víctor Manuel Torres Javier Bach. Lin Yuntang Mendoza Montenegro	
ESPECIALIDAD	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	
INSTRUMENTO EVALUADO	Ficha de observación para el análisis del CMSI	
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	GENERAL Determinar el nivel de sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L. mediante la aplicación del índice CMSI, 2025.	
	ESPECÍFICOS 1) Diagnosticar el estado actual del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., aplicando el índice CMSI; 2) evaluar los aspectos críticos que limitan la sostenibilidad del SGM en Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.; y 3) proponer un plan de mejora, basado en los resultados del índice CMSI y estructurado según el ciclo de Deming, para fortalecer la sostenibilidad del SGM de Mecánica Diesel JOC E.I.R.L.	
EVALÚE CADA ITEM DEL INSTRUMENTO MARCANDO CON UN ASPA EN “TD” SI ESTÁ TOTALMENTE EN DESACUERDO; “TA” SI ESTA EN TOTALMENTE DE ACUERDO; POR FAVOR ESPECIFIQUE SUS SUGERENCIAS.		
DETALLE DE LOS ÍTEMS DEL INSTRUMENTO	El instrumento de recolección de datos estuvo conformado por una guía de observación adaptada del índice CMSI, integrada por 4 perspectivas, 14 criterios y 83 ítems; su diseño se sustentó en la revisión de la literatura especializada y en la estructura original del modelo CMSI; para asegurar la validez de contenido, el instrumento será sometido a juicio de tres expertos, quienes evaluarán la claridad, pertinencia y coherencia de los ítems con respecto a la variable de estudio, los objetivos de la investigación y el contexto de aplicación; una vez validado, el instrumento será aplicado a las unidades de análisis mediante observación directa, revisión documental y contraste de evidencias, bajo criterios uniformes de valoración.	

Ficha de observación para el análisis del CMSI

Ítem	Perspectiva	Descripción del criterio	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Total	Promedio	Evaluación	
			Se desconoce	Se administran correctivamente	Se encuentran definidos	Se administran cuantitativamente (previstos)	En proceso de optimización			TA: Totalmente de acuerdo	TD: Totalmente en desacuerdo
		F1 - Costos de involucrados en el mantenimiento									
1	Perspectiva Financiera	Costos de lucro cesante (por detención de los equipos)	0					0	0,28	TA (X)	TD ()
		SUGERENCIAS:	_____								
2		Costos por deficiencias en la calidad		1				1		TA (X)	TD ()
		SUGERENCIAS:	_____								
3		Costos no planificados de compra de repuestos y servicios de subcontratistas		1				1		TA (X)	TD ()
	SUGERENCIAS:	_____									
4	Costos de incumplimiento de requisitos legales (multas, penalizaciones, etc.)			2			2	TA (X)	TD ()		
	SUGERENCIAS:	_____									
5	Costos ambientales debido a fallas		0				0	TA (X)	TD ()		
	SUGERENCIAS:	_____									

6	Costos de disposición de residuos generados durante los trabajos de servicio	0					0	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
7	Costos de horas extra			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
8	Costos de incumplimiento de requisitos de seguridad en el trabajo			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
9	Costos relacionados a lesiones y accidentes de trabajadores de mantenimiento, operadores y terceros ocurridos durante los trabajos de mantenimiento.			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
F2 - Costos directos de mantenimiento								
10	Costos de mano de obra			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
11	Costos de capacitación	0					0	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
12	Costos de compra y mantenimiento de inventario	0					0	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
13	Costos de subcontratistas		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____

14		Costos de los medios consumidos por el departamento de mantenimiento (electricidad, aire comprimido, agua, etc.)			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
	Perspectiva de las Partes Interesadas en Mantenimiento	S1 - Producción y calidad							0,27		
15			Disponibilidad y confiabilidad de las máquinas			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
16			Rendimiento de los equipos			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
17			Calidad de producción	1					1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
18			Overall Equipment Efficiency (OEE)			2			2	0,50 TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
19			Capacidad de respuesta a solicitudes de servicio				3		3	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
20			Calidad de capacitaciones realizadas por el departamento de mantenimiento al área de producción			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
21			Disponibilidad y calidad de los procedimientos e instrucciones para operadores				3		3	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	

22	Incumplimiento en entregas por operación inestable y fallos de unidades		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	S2 - Seguridad y salud								
23	Lesiones y accidentes durante la realización de trabajos de mantenimiento por parte de operadores y/o subcontratistas		1				1	0,35	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
24	Abandono o no realización de trabajos como consecuencia de riesgos			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
25	Identificación e incumplimiento de los principios de SST		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
26	Acciones de mejora realizadas por el personal de mantenimiento para eliminar los riesgos para la salud y seguridad			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
27	Preocupación por limitar la criticidad de los accidentes/fallos		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	S3 - Medioambiente								
28	Incidentes ambientales durante los trabajos realizados por operadores, subcontratistas y resultantes del abandono o no realización de las actividades	0					0	0,25	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
29	Sistema de monitoreo de residuos relacionados con los mismos	0					0		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____

										SUGERENCIAS: _____
30	Desperdicio de productos causados por maquinaria inestable y fallas			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
31	Acciones de mejora tomadas por el personal de mantenimiento para eliminar los riesgos ambientales relacionados a fallas de maquinaria		1					1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
32	Acciones relacionadas a limitar la criticidad de accidentes/fallos			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
S4 - Comunicación y cooperación con colaboradores										
33	Existencia de canales de comunicación constante			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
34	Sistema formal de reuniones			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
35	Presencia de incompatibilidades causadas por falta de comunicación o transferencia oportuna de información		1					1	0,44	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
36	Trabajo de equipos multidisciplinarios para resolver problemas y mejorar			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____

		P1 - Análisis y mejora						0,40	
37	Perspectiva de los Procesos de Mantenimiento	Análisis de límites tecnológicos de consumo de medios por parte de los equipos (agua, electricidad)		1			1	0,33	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
38		Presencia de eventos de emergencia y sus causas			2		2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
39		Análisis de tiempos de reparación			2		2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
40		Estudio de retrasos en ejecución de tareas		1			1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
41		Análisis de consumo de lubricantes				3	3		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
42		Estudio de sustancias peligrosas empleadas en servicio	0				0		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
43		Sistema de mejora formal y eficiencia		1			1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
44		Modernización de maquinaria y equipos y análisis de eficiencia		1			1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____

45	Acciones encaminadas a prolongar el ciclo de vida de los lubricantes y limitar el consumo de sustancias peligrosas		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	P2 - Ejecución y medición								
46	Nivel de ejecución de plan y programa de mantenimiento			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
47	Método y alcance de registro y documentación de trabajo de mantenimiento		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
48	Sistema de inspección continua			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
49	Análisis de residuos generados por las actividades de mantenimiento		1				1	0,34	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
50	Procedimiento de segregación de residuos	0					0		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
51	Incidentes ambientales ocurridos durante actividades de mantenimiento		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
52	Lesiones y accidentes del personal de mantenimiento durante la prestación de servicio			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____

53	Cumplimiento de procedimientos de SST aplicables			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	P3 - Planificación y programación de mantenimiento								
54	Disponibilidad de datos e información sobre eventos operativos		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
55	Cumplimiento de mantenimientos planificados y eficacia de actividades		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
56	Disponibilidad de información de pruebas diagnósticas			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
57	Métodos y criterios formalizados para identificación de equipos críticos			2			2	0,29	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
58	Criterios para la selección de estrategias de mantenimiento para máquinas y dispositivos individuales		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
59	Procedimientos e instrucciones que tengan en cuenta los riesgos para SST y medioambiente	0					0		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	P4 - Gestión de servicios externos								
60	Métodos y criterios para selección de subcontratistas		1				1		TA (X) TD ()

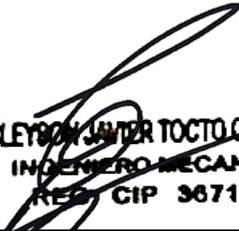
										SUGERENCIAS: _____
61	Definición de alcance de servicios, normas y procedimientos de cooperación			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
62	Documentación de actividades realizadas			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
63	Seguimiento en ejecución de actividades externas		1					1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
	P5 - Gestión de repuestos y consumibles									
64	Métodos y criterios para selección y evaluación de proveedores de repuestos y consumibles			2				2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
65	Planificación de la demanda		1					1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
66	Seguimiento de stock		1					1	0,25	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
67	Uso de consumibles ecológicos	0						0		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
68	Métodos de almacenamiento adecuados en seguridad e impacto ambiental		1					1		TA (X) TD ()

										SUGERENCIAS: _____	
69		Uso de piezas regeneradas/refabricadas		1				1		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
	Perspectiva de Innovación y Desarrollo	D1 - Competencias de trabajadores de mantenimiento							0,32		
70		Planificación de la formación de empleados		1				1	0,50	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
71		Programas de introducción a nuevo personal				3		3		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
72		Métodos para verificar los conocimientos y habilidades de empleados			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
73		Temas de formación acorde a los requerimientos técnicos, de seguridad y medioambiental aplicables			2			2		TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
		D2 - Infraestructura de mantenimiento									
75		Adecuación de calidad y cantidad de equipos en relación al alcance de los trabajos de mantenimiento realizados		1				1	0,35	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____	
76	Existencia de pruebas de diagnóstico, planificación y ejecución de inversiones en mantenimiento			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____			

77	Análisis de retrasos en trabajos de servicio debido a falta de disponibilidad o calidad de equipos		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
78	Alcance de herramientas informáticas para trabajos de planificación y supervisión		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
79	Seguimiento y análisis de las instalaciones técnicas y procesos de mantenimiento			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
D3 - Satisfacción de trabajadores de mantenimiento								
80	Horario de trabajo establecido acorde a normativa aplicable			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
81	Ambiente de trabajo adecuado			2			2	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
82	Rotación en personal de mantenimiento		1				1	0,38 TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
83	Sistema de motivación de personal		1				1	TA (X) TD () SUGERENCIAS: _____
							0,38	
							0,34	

7. PROMEDIO OBTENIDO:	N° TA <u> 83 </u> N° TD <u> 0 </u>
8. COMENTARIOS GENERALES: Ninguno	
9. OBSERVACIONES: Ninguno	

Chiclayo 04 de marzo del 2026



CLEYSON JAVIER TOCTO OLIVERA
INGENIERO MECANICO
RES. CIP 367196

Cleyson Javier Tocto Olivera
Validador Especialista
Colegiatura: 367196
DNI: 76317521

Anexo 4. Autorización de uso de información de una institución




Autorización de uso de información de una institución

Yo, José Luis Ofano Castro, identificado con DNI N° 40840558 en mi calidad de Representante, de la entidad Mecánica Diesel JOC E.I.R.L., con R.U.C N° 20607700452, ubicada en Chiclayo.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor Víctor Manuel Torres Javier, identificados con DNI N° 76690409 y al señor Lin Yuntang Mendoza Montenegro con DNI N° 74288486 de la Universidad Nacional de Jaén, para que tengan acceso y empleen los datos necesarios de la institución, con la finalidad de que puedan desarrollar su investigación titulada "SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN MECÁNICA DIESEL JOC E.I.R.L. CON ÍNDICE CMSI"


.....
José Luis Ofano Castro
DNI N.º 40840558